



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

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD, DEBIDO AL MAL
ACONDICIONAMIENTO DE LA MÁQUINA LLENADORA DE GARRAFONES,
EN UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE AGUA PURA.**

José Rafael Campos De León
Asesorado por el Ing. Rodolfo Guillermo Sánchez Mendoza

Guatemala, julio de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD, DEBIDO AL MAL
ACONDICIONAMIENTO DE LA MÁQUINA LLENADORA DE GARRAFONES,
EN UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE AGUA PURA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JOSÉ RAFAEL CAMPOS DE LEÓN

ASESORADO POR EL ING. RODOLFO GUILLERMO SÁNCHEZ MENDOZA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V:	Agr. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA:	Inga. Mayra Grisela Corado

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Pablo Fernando Hernández.
EXAMINADOR:	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco.
EXAMINADOR:	Ing. Edwin Giovanni Tobar Guzmán.
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD, DEBIDO AL MAL ACONDICIONAMIENTO DE LA MÁQUINA LLENADORA DE GARRAFONES, EN UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE AGUA PURA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, con fecha de 27 de abril de 2009.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn circle. The signature is stylized and appears to read 'José Rafael Campos De León'.

José Rafael Campos De León

Guatemala abril 2010

Ingeniero
César Ernesto Urquizu Rodas
Director
Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Director

Por este medio me dirijo a usted con el propósito de informarle que he revisado el Trabajo de Graduación titulado **“EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD, DEBIDO AL MAL ACONDICIONAMIENTO DE LA MÁQUINA LLENADORA DE GARRAFONES, EN UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE AGUA PURA.”**, presentado por el estudiante José Rafael Campos De León con carné: 200515858.

Después de haber hecho las correcciones del caso, considero que el desarrollo del mismo ha sido de forma satisfactoria y reúne los requisitos para continuar con el siguiente paso en el proceso respectivo de la Facultad, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,



Ing. Rodolfo Guillermo Sánchez Mendoza
Colegiado 1953

Rodolfo Guillermo Sánchez Mendoza
Ing. Mecánico-Industrial
Colegiado 1953

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

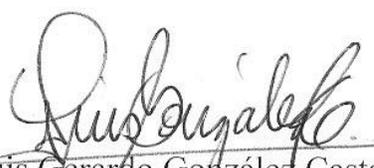


FACULTAD DE INGENIERÍA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD, DEBIDO AL MAL ACONDICIONAMIENTO DE LA MÁQUINA LLENADORA DE GARRAFONES, EN UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE AGUA PURA**, presentado por el estudiante universitario **José Rafael Campos De León**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ingeniero Industrial
Luis Gerardo González Castañeda
Colegiado No. 7814


Ing. Luis Gerardo González Castañeda
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

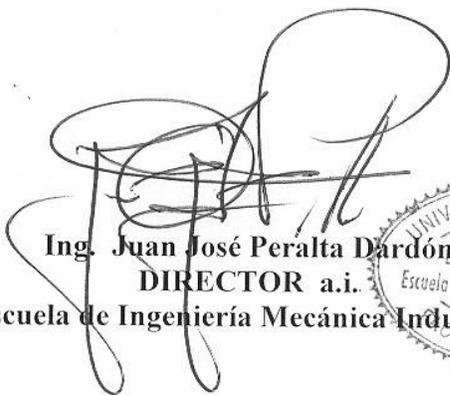
Guatemala, junio de 2010.

/mgp



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 **EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD, DEBIDO AL MAL ACONDICIONAMIENTO DE LA MÁQUINA LLENADORA DE GARRAFONES, EN UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE AGUA PURA**, presentado por el estudiante universitario **José Rafael Campos De León**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, julio de 2010.

/mgp



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: **EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEBIDO AL MAL ACONDICIONAMIENTO DE LA MÁQUINA LLENADORA DE GARRAFONES, EN UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA DE AGUA PURA**, presentado por el estudiante universitario **José Rafael Campos De León** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, julio de 2010

QUIERO DEDICAR ESTE ACTO DE GRADUACIÓN A:

Dios: Por el camino que me ha enseñado y las bendiciones recibidas en mi vida.

Mi papá: Por el esfuerzo, la sabiduría, el conocimiento y por enseñarme a que la ética, la familia, el valor académico, y la formación personal es en realidad el mayor éxito que alguien puede alcanzar.

Mi mamá: Por su amor y apoyo incondicional, y por demostrarme que una madre siempre se preocupará más que un hijo, aunque ella no sea la que se esté examinando.

Mis hermanos: Por el apoyo y alegría que siempre me brindaron.

Mamá Eva: A esa increíble mujer que logro tanto en su vida para sus hijos, sus nietos y bisnietos. Que no somos más que la representación del éxito y amor de aquella humilde, hermosa e increíble mujer que fue, gracias por todo tu apoyo.

Mi novia Por su paciencia, amor y compañía incondicional, por las experiencias y esfuerzos compartidos y por enseñarme que la lucha constante y la alegría de cada día es lo que hace que las cosas lleguen a parecer tan simples.

AGRADEZCO A:

Universidad San Carlos de Guatemala: Por sus contribuciones académicas y la formación profesional.

Mi familia en general Por todo su apoyo incondicional en los momentos más difíciles y en los momentos más felices.

Ing. Rodolfo Guillermo Sánchez: Por su apoyo y asesoría en este trabajo de graduación.

Mis amigos: Por su amistad, apoyo y por todos los momentos que pasamos que hacen inolvidables la vida en la universidad.

Y a todas las personas que de alguna manera me ayudaron a la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Industria de embotellado de agua pura.....	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Historia	1
1.1.3. Organización	3
1.1.4. Productos	4
1.1.5. Breve descripción de proceso de producción.....	5
1.1.5.1. Línea de botella plástica no retornable	6
1.1.5.2. Línea de garrafón	6
1.1.5.3. Línea de refresco.....	7
1.1.5.4. Línea de bolsa desechable	8
1.1.6. Área de bodega de producto terminado	8
1.2. Productividad	9

1.2.1.	Importancia de la productividad	10
1.2.2.	Factores que afectan a la productividad	11
1.2.2.1.	Internos	12
1.2.2.2.	Externos	12
1.3.	Historial de la maquinaria	12
1.3.1.	Mantenimiento	14
1.3.2.	Control	19
1.3.3.	Importancia de las condiciones de la maquinaria	27
2.	ANÁLISIS DE LA MAQUINARIA	29
2.1.	Uso de la maquinaria actual	29
2.2.	Condiciones de la máquina lavadora de garrafones	30
2.2.1.	Sistema PLC	30
2.2.2.	Sistema eléctrico.....	32
2.2.3.	Sistema de lavado	33
2.2.4.	Condición general.....	33
2.3.	Condiciones de la máquina llenadora de garrafones.....	34
2.3.1.	Sistema neumático	34
2.3.2.	Sistema hidráulico.....	36
2.3.3.	Sistema eléctrico.....	37
2.3.4.	Sistema PLC	38
2.3.5.	Sistema de bandas transportadoras	39
2.3.6.	Sistema de llenado	40
2.3.7.	Sistema de taponado	41

2.4.	Calidad del funcionamiento.....	42
2.4.1.	Datos estadísticos de funcionamiento.....	42
2.4.2.	Control del funcionamiento.....	44
2.5.	Productividad de la máquina.....	49
2.5.1.	Máquina actual.....	49
2.5.2.	Máquina teórica.....	52
2.6.	Productividad del personal.....	54
2.6.1.	Personal actual.....	55
2.6.2.	Personal teórica	70
2.7.	Productividad de materiales.....	72
2.7.1.	Materiales actuales	73
2.7.2.	Materiales teóricos	77
2.8.	Productividad de energía	77
2.8.1.	Energía actual	78
2.8.2.	Energía teórica	81
2.9.	Tiempo perdido en operación	84
2.9.1.	Tiempo perdido por falla.....	84
2.9.2.	Tiempo perdido por reproceso	84
3.	PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MAQUINARIA	87
3.1.	Máquina llenadora de garrafones	87
3.1.1.	Acondicionamiento.....	87
3.2.	Sistemas a mejorar	88
3.2.1.	Sistema de llenado.....	88

3.2.2.	Sistema neumático	89
3.2.3.	Sistema de taponado	90
3.2.4.	Sistema PLC (Reprogramación)	91
3.2.5.	Sistema hidráulico.....	92
3.2.6.	Sistema eléctrico.....	93
3.2.7.	Sistema de bandas transportadoras	93
3.3.	Impacto en la productividad.....	94
3.4.	Productividad por mejoramiento	94
3.4.1.	Antes del acondicionamiento	95
3.4.2.	Después del acondicionamiento	95
3.4.3.	Teórica.....	102
3.5.	Mejora de la calidad del proceso	103
3.5.1.	Datos estadísticos del funcionamiento.....	103
3.5.2.	Control del funcionamiento	105
3.6.	Comparación en el funcionamiento y la productividad	107
3.6.1.	Análisis del gráfico de funcionamiento de máquina	107
3.6.2.	Análisis del gráfico de productividad.....	109

4. IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA. 113

4.1.	Identificación de las partes indispensables de la máquina	113
4.2.	Elaboración de formularios para la toma de datos	114
4.2.1.	Formato y características.....	114
4.2.2.	Toma de datos	117

4.3.	Rutina	117
4.3.1.	Rutina de visita.....	118
4.3.2.	Rutina de inspección.....	119
4.3.3.	Rutina de mantenimiento	120
4.4.	Control y supervisión	121
4.4.1.	Ficha de la máquina.....	122
4.4.2.	Reporte de fallas	125
4.4.3.	Posibles causas	127
4.4.4.	Requisitos de material y repuestos para mantenimiento.....	129
4.5.	Revisión de funcionamiento.....	131
4.6.	Soluciones básicas a los problemas más comunes.....	132
4.6.1.	Tabla de causa-efecto y solución.....	132
4.7.	Mantenimiento de la máquina.....	135
4.8.	Control del mantenimiento	135
4.8.1.	Sistema para control de mantenimiento	136
4.8.2.	Sistema para control de funcionamiento	137
4.9.	Integración de capacitación a empleados.....	137
4.9.1.	Programa de capacitación de mantenimiento	138
4.9.2.	Importancia de un buen acondicionamiento de la máquina	143
4.9.3.	Importancia del buen funcionamiento de la máquina	144
5.	SEGUIMIENTO	145
5.1.	Regulación de las rutinas de mantenimiento	145
5.1.1.	Objetivo	145

5.1.2. Estadísticas.....	146
5.1.2.1. Antes	146
5.1.2.2. Después	147
5.1.2.3. Índice diferencial	147
5.2. Auditorías	148
5.2.1 Internas	149
5.2.2 Externas.....	150
5.3 Rutinas de mantenimiento.....	151
5.3.1 Rutinas de visita.....	151
5.3.2 Rutinas de inspección.....	152
5.3.3 Rutinas de mantenimiento	153
5.4 Formularios varios	154
5.5 Mantenimiento de la máquina	157
5.5.1 Sistema de llenado	157
5.5.2. Sistema neumático	158
5.5.3. Sistema de taponado.....	161
5.5.4. Sistema PLC.....	162
5.5.5. Sistema hidráulico.....	162
5.5.6. Sistema eléctrico.....	165
5.5.7. Sistema de bandas transportadoras	168
CONCLUSIONES.....	171
RECOMENDACIONES	173
BIBLIOGRAFÍA.....	175
ANEXOS	177

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Organigrama de los niveles funcionales de la parte de distribución de la planta La Corona S.A.	4
2. Vista exterior del PLC de la máquina lavadora.	31
3. Vista interior de las conexiones eléctricas del panel de control.	32
4. Bombas y boquillas del sistema de lavado.	33
5. Vista del sistema neumático.	35
6. Sistema hidráulico de la máquina llenadora.	37
7. Conexiones internas del sistema eléctrico.	38
8. Vista interna del PLC.	39
9. Sistema de bandas transportadoras.	40
10. Parte del sistema de taponado que no está en funcionamiento.	41
11. Porcentaje de garrafones de agua pura reprocesados por muestra.	48
12. Porcentaje de garrafones de agua pura reprocesados por muestra.	108
13. Porcentaje de garrafones de agua pura reprocesados por muestra.	109
14. Productividad antes del acondicionamiento, después del acondicionamiento y productividad teórica de la línea de llenado de garrafones año 2009.	110
15. Formato de la ficha de maquinaria.	124

16.Formato de un reporte de paros de máquina originados por fallas en sus componentes.	127
17.Formato de requisición de materiales.....	131
18.Diferentes tipos de mantenimiento y sus respectivos conceptos.....	141
19.Formato del documento a aplicar en una rutina de visita.	155
20.Formato del documento a aplicar en una rutina de inspección.....	156

TABLAS

I. Garrafones de agua pura producidos y reprocesados en el llenado durante el mes de mayo al mes de agosto del año 2009.	43
II. Tiempo real de llenado de máquina por lote de garrafones desarrollado entre mayo y agosto del año 2009.....	50
III. Tiempo teórico óptimo de llenado de máquina por lote de garrafón, obtenido entre mayo y agosto del año 2009.	53
IV. Tiempo real cronometrado por lote empleado por el operario durante el llenado de lotes de garrafones, obtenido entre mayo y agosto del año 2009.	56
V. Calificación del operario durante el llenado lotes de garrafones, entre mayo y agosto del año 2009.	61

VI. Tiempo normal empleado por el operario durante el llenado de lotes de garrafones, entre mayo y agosto del 2009.....	63
VII. Tabla de suplementos constantes y variables	66
VIII. Tiempo estándar empleado por el operario durante el llenado de lotes de garrafones, entre mayo y agosto del año 2009	68
IX. Tiempo estándar óptimo empleado por el operario durante el llenado de lotes de garrafones, entre mayo y agosto del año 2009.....	71
X. Cálculo del agua purificada desperdiciada por lote de garrafones producidos, realizado durante los meses de mayo a agosto del año 2009	74
XI. Cálculo del consumo de energía eléctrica actual por lote, realizado durante los meses de mayo a agosto del año 2009.	79
XII. Cálculo del consumo de energía eléctrica teórico por lote, correspondiente a los meses de mayo y agosto del año 2009.	82
XIII. Tiempo de reproceso por lote, obtenidos por mediciones efectuadas de mayo a agosto del año 2009.	85
XIV. Garrafones producidos y reprocesados, con tiempos de reproceso, taponado y llenado por lote durante los meses de septiembre a noviembre del año 2009.	97

XV. Tiempo normal empleado por el operario durante el llenado de lotes de garrafones, de septiembre a noviembre del año 2009.....	99
XVI. Tiempo cronometrado, tiempo normal y tiempo estándar empleado por el operario por cada lote de garrafones producidos durante los meses de septiembre a noviembre del 2009.	100
XVII. Proporción de garrafones reprocesados en relación a los garrafones producidos de los meses de septiembre a noviembre del año 2009.	104
XVIII. Formato para la toma de datos de los tiempos necesarios para la producción de garrafones.....	115
XIX. Formato para la toma de datos de la calificación que obtiene el operario y el cálculo de tiempo normal y tiempo estándar.	116
XX. Soluciones a los problemas más comunes que se presentan dentro de la Embotelladora y Refrescos La Corona S.A.	133

GLOSARIO

- Sedimentos:** Sedimentos o materia suspendida. Partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación.
- Purgar:** Término utilizado para describir la expulsión del agua condensada existente en el sistema de aire comprimido.
- Holgura:** La holgura para una actividad es la diferencia entre su tiempo de terminación más lejana y su tiempo de terminación más cercana.
- Mecanismos:** Conjunto de sólidos resistentes, móviles unos respecto de otros, unidos entre sí mediante diferentes tipos de uniones, llamadas pares cinemáticas (pernos, uniones de contacto, pasadores, etc.), cuyo propósito es la transmisión de movimientos y fuerzas.
- Reproceso:** Procesar por segunda vez. Usar el material excedente, rebabas, piezas defectuosas y coladas, para moldear otros productos aprovechando la cualidad termoplástica de muchos polímeros.

- Producción:** Conjunto de operaciones que sirven para mejorar e incrementar la utilidad o el valor de los bienes.
- Falla:** Condición no deseada que hace que un elemento no desempeñe una función para la cual existe.
- Error:** Es la diferencia entre lo que es (o también llamado lo real) y lo que debería ser (o lo teórico).
- Zeolitas:** Conjunto de minerales que comprenden silicatos alumínicos hidratados, de metales alcalinos y alcalinotérreos. Son utilizadas en procesos para ablandar el agua, mediante un método de intercambio de iones llamado proceso zeolítico.
- Rendimiento:** Cociente entre el trabajo útil que realiza una máquina en un intervalo de tiempo determinado y el trabajo total entregado a la máquina en ese intervalo.
- Manufactura:** Transformación de materias primas en productos terminados para su venta.

Materia prima:	Materiales extraídos de la naturaleza o que se obtienen de ella y que se transforman para elaborar bienes de consumo.
PLC:	Programmable logic controller (control lógico programable).
Accidente:	Cualquier suceso que es provocado por una acción violenta y repentina, ocasionada por un agente externo involuntario.
Muestra:	Subconjunto de casos o individuos de una población estadística.
BPM:	Buenas prácticas de manufactura.
Briz:	Jabón industrial para usos generales.
Organoléptico:	Valoración cualitativa que se realiza sobre una muestra basada exclusivamente en la valoración de los sentidos (vista, gusto, olfato, etc.).

Control de calidad: Proceso seguido por una empresa de negocios, para asegurarse de que sus productos o servicios cumplen con los requisitos mínimos de calidad establecidos por la propia empresa. Con la política de Gestión (o administración) de Calidad Óptima (GCO), toda la organización y actividad de la empresa está sometida a un estricto control de calidad, ya sea de los procesos productivos como de los productos finales.

Mantenimiento: Conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de prevenir o corregir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.

Mantenimiento correctivo: Está encaminado a corregir una falla que se presenta en determinado momento. El equipo es el que determina las paradas. La función primordial de este tipo de mantenimiento es, poner en marcha el equipo lo más rápido y en el menor tiempo posible.

Electro-válvula: Válvula de paso accionada por una bobina.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se realizaron diferentes estudios para obtener la productividad de la planta, el objetivo de obtener dicha productividad era para hacer constar la necesidad de la empresa de mejorar las condiciones de la maquinaria y evidenciar el impacto que un mal acondicionamiento y mantenimiento de la maquinaria tiene sobre la productividad de la empresa.

Dentro de los diferentes estudios se realizó principalmente un estudio de tiempos, el cual incluía todas las operaciones que se daban en la producción de cierta cantidad de garrafones, o en este caso llamados lotes. Otros de los estudios realizados antes de la toma de tiempos, fue la evaluación de cada uno de los sistemas que conforman la máquina llenadora de garrafones, esto ayudo para realizar un plan de mejora en cada uno de los sistemas y así poder demostrar por medio de las mejoras el aumento de en la productividad de la línea de producción de garrafones.

Principalmente para el mejoramiento de las condiciones de la máquina llenadora de garrafones, la cual es motivo de la realización del presente trabajo de graduación, se realizaron propuestas a mejorar, además dentro de las propuestas se tuvo la oportunidad de realizar ciertos trabajos de impacto significativo en el funcionamiento de la máquina llenadora de garrafones. También se diseñó un programa de mantenimiento con base en las necesidades de la maquinaria y un sistema de control para medir dicho

funcionamiento con base en la proporción de garrafones inconformes o para reproceso que se presentaban por cada lote de garrafones producidos.

Los resultados de las mejoras y los estudios realizados fueron satisfactorios, ya que se logró un aumento de la productividad de un 34.77% y una reducción de garrafones reprocesados de 44.44% a un 11.28% por cada lote de producción.

OBJETIVOS

GENERAL:

Evaluar el Impacto en la Productividad, debido al mal acondicionamiento de la máquina llenadora de garrafones, en una Industria embotelladora de agua pura.

ESPECÍFICOS:

1. Determinar formularios y medios de control para el funcionamiento de la maquinaria.
2. Establecer el tiempo laboral promedio perdido y paros de maquinaria a causa de fallas o reproceso.
3. Calcular la productividad de los principales indicadores que afecta directamente la maquinaria.
4. Implementar métodos para buen funcionamiento y mantenimiento que rigen los estándares necesarios de calidad.
5. Integrar un programa de capacitación en el uso y mantenimiento correcto de la maquinaria.
6. Implementar métodos de mantenimiento e inspección de la maquinaria para la regulación de la productividad.

7. Determinar el aumento de la productividad con el buen acondicionamiento de la maquinaria.

INTRODUCCIÓN

Al considerar que el fin de cualquier empresa por medio del cual se rige toda su operación y funcionamiento, es el de lograr beneficio y utilidades en la venta de los productos o servicios para la cual fue creada y que la empresa solo logrará estos objetivos al ser productiva y rentable, es importante tratar el tema de la productividad en una empresa, ya que de esto depende que la empresa llegue a ser rentable, evitando así el posible fracaso de la misma.

Muchas veces los factores que afectan la productividad en el proceso de producción están directamente relacionados con la maquinaria o con la mano de obra directa. La maquinaria hace un énfasis muy importante en el proceso de producción, ya que el mal acondicionamiento o mantenimiento de la maquinaria repercute en gran variedad de problemas. Entre éstos pueden mencionarse: el incremento de gastos de energía, disminución en la productividad, accidentes en la operación y productos de mala calidad o aquellos productos que requieren ser reprocesados. Los reajustes que deben hacerse en los productos reprocesándolos, es la razón por la que esta labor influye en la eficiencia de la línea de producción elevando los costos. Que por consiguiente afecta la eficiencia de la línea y costos mayores en razón del reprocesamiento.

Esto se ejemplifica al observar la máquina actual de la empresa, la cual tiene un costo de energía eléctrica “X” produciendo “Y” cantidad de garrafones, al mejorar la condición de la maquinaria se tienen menos reprocesos, con lo cual se tiene que con el mismo costo de energía eléctrica “X” se produce una

cantidad $Z > Y$, lo cual puede ser aplicado a cualquier indicador que se presente y afecte la productividad de la empresa.

La empresa no cuenta con maquinaria acondicionada correctamente, ni con un programa de mantenimiento adecuado, lo cual afecta toda su producción y la competitividad que esta tiene en el mercado.

De esta forma se considera que la evaluación de la productividad en la empresa, principalmente en el acondicionamiento de la máquina llenadora de garrafrones, resulta importante debido a que siempre se debe de tener equipo en condiciones óptimas para que los costos no sean demasiado altos y la productividad sea óptima.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Industria de embotellado de agua pura

La industria motivo del presenta trabajo de graduación, es una industria que se dedica al tratamiento del agua para el consumo humano, la cual la envasa y la comercializa con fines de lucro y crecimiento de la misma. También es una empresa que elabora otro tipo de productos como jugos y gaseosas

1.1.1. Ubicación

La ubicación de la planta Purificadora de Agua y Refrescos La Corona está en el km 167.5 Ruta Nacional 19 Jalapa-Jutiapa. Su localización geográfica es de 89° 58' 23" longitud Oeste, y 14° 36' 59" latitud Norte. Su elevación está a 1,362 metros sobre el nivel del mar.

1.1.2. Historia

El principio de la planta purificadora de agua y refrescos La Corona se inicia con la inquietud de su propietario don Mario Roberto Morales Ortiz, a raíz que en los año de 1962 a 1968, estuvo funcionando una fábrica de helados propiedad del padre de don Mario Roberto, don Rufino Morales. Y viendo que

para ese entonces se veía un futuro muy prometedor para los productos envasados, se tomó la decisión de hacer funcionar dicha fábrica, convertida ahora en purificadora. A raíz de todo esto se perforó un pozo de agua en el año 1998. El nombre de la purificadora se definió por medio de una votación dentro de los miembros de la familia, tomándose la decisión de nombrarla “La Corona”, por tener este nombre un terreno propiedad de don Rufino, quien había fallecido un año antes y en honor a él y por el terreno mencionado, que tanto le gustaba y quería, se nombró así. De allí en adelante vino el proceso de investigación para el funcionamiento y requerimientos para dicha planta, las gestiones se iniciaron en el MARN, LUCAN y el Ministerio de Salud Pública.

Luego de abocarse a varias empresas y personas dedicadas a este trabajo, se consigue que una empresa hiciera las primeras máquinas para el funcionamiento de la planta.

Ya con la licencia y registros autorizados, se buscó a las empresas que pudieran proporcionar la materia prima para los diferentes procesos. La planta empieza a funcionar con normalidad a partir del 11 de abril del año 2005 quedando como encargada de dicha planta la hija de don Mario Roberto Morales la señora Ana Rebeca Morales, desde esa fecha hasta la actualidad, la planta ha funcionado con altibajos, debido a la falta de mantenimiento de las empresas que proporcionaron las máquinas, viéndose en la necesidad los encargados de la planta, involucrarse ellos mismos en dichos trabajos.

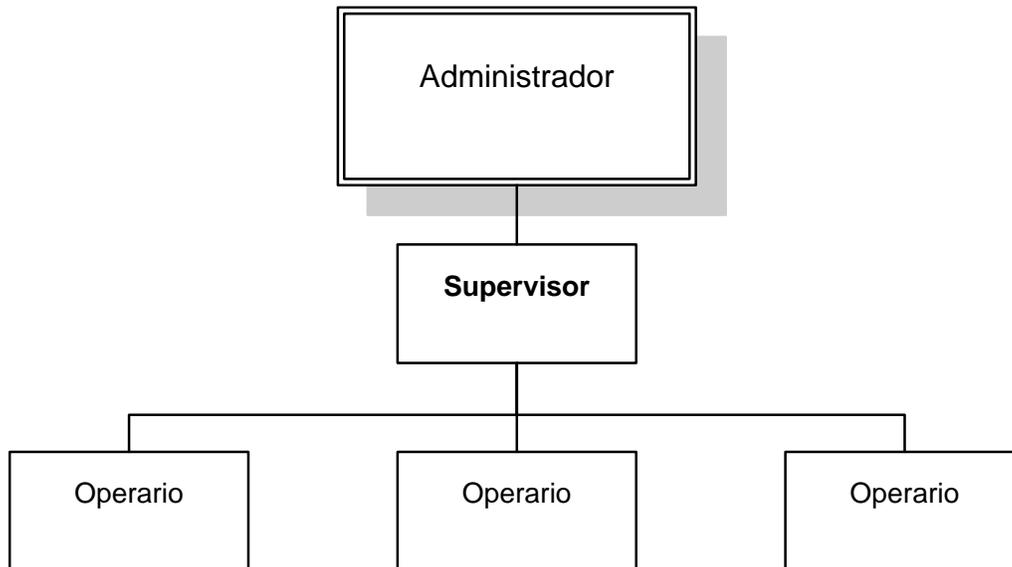
1.1.3. Organización

La Dirección organizacional de la planta de producción y la distribuidora se encuentra unificada, ya que el jefe de producción también tiene a su cargo el área de distribución, siendo éste el coordinador administrativo de ella.

El tipo de organigrama que se presenta es del tipo funcional, ya que detalla los puestos de acuerdo a las funciones que desempeñan dentro de la empresa. La decisión de haber utilizado el tipo de organigrama funcional y no el tipo de organigrama departamental, se debe a que, la empresa no se encuentra dividida en departamentos, sino que cuenta con una pequeña estructura jerárquica, definida por las funciones que desempeña cada empleado de acuerdo al producto que distribuye. La empresa utiliza el personal de operación para la distribución y venta del producto, ya que emplea cierto tiempo de la mano de obra para el comercio del producto.

La distribuidora está compuesta por tres niveles funcionales: jefaturas, supervisiones y nivel operacional. Esto se da por la simplicidad de la empresa con respecto al personal y la inexistencia de departamentos, debido al tamaño de la empresa, ya que es una empresa pequeña con un número bastante limitado de personal operativo y administrativo.

Figura 1. Organigrama de los niveles funcionales de la parte de distribución de la planta La Corona S.A.



Fuente: Elaboración propia, con base a la información obtenida de Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A. año 2009

1.1.4. Productos

Entre los productos que la empresa produce se encuentra el agua purificada y refrescos de diferentes sabores.

El agua purificada tiene presentaciones en botella plástica no retornable de 600 ml., garrafón de 5 galones y bolsa desechable de aproximadamente 350 ml. Los refrescos poseen una única presentación, la cual es una bolsa desechable con un volumen cercano a los 350 ml.

1.1.5. Breve descripción de proceso de producción

El área de producción se acerca a los 28.47m². en la cual se distribuyen cada una de la líneas de producción, que cuentan con áreas de producción propias para cada uno de los diferentes productos.

Antes de pasar a cualquier línea de llenado, el agua pasa por una serie de filtros, los cuales son utilizados para su purificación. El proceso comienza desde el momento en que el agua es extraída de los pozos, la cual es almacenada en un tanque para darle un tratamiento previo, el cual se basa en una cloración del agua y el reposo, para la separación de sedimentos. Después de pasar por el tanque, el agua es transportada por medio de una bomba hacia el filtro de hierro, iniciando así el proceso de filtrado, bombeando agua a través de cada uno de los filtros.

El primer filtro es de grava y arena, por medio del cual se eliminan aquellos sólidos que aún quedan suspendidos en el agua. El segundo filtro es de carbón activado, cuya función principal es la de eliminar el sabor a cloro que le queda al agua, así como de cualquier otro olor. En este filtro se retienen las partículas que dan color al agua, si las hay presentes. Del filtro anterior se pasa al suavizador; el suavizador está cargado con zeolitas. Las zeolitas son utilizadas en procesos para ablandar el agua, utilizando un método de intercambio de iones llamado proceso zeolítico, por medio del cual se efectúa un intercambio catiónico para convertir las sales en calcio y el magnesio en sodio.

Luego de pasar por cada uno de los procesos antes detallados, una segunda bomba cuya función es la de llevar el agua del suavizador a cada una de las líneas de llenado, bombea el agua para la producción de las diferentes presentaciones.

Cada línea cuenta con diferentes componentes para la elaboración de cada uno de los productos, los cuales se detallan en el siguiente numeral.

1.1.5.1. Línea de botella plástica no retornable

La botella plástica se compra ya elaborada; en la planta se lava detenidamente, enjuagándola por medio de unos cepillos y luego lavándola con agua purificada para mantener la calidad, luego pasa a la línea de llenado en la cual pasa por los inyectores de agua pura, los que son accionados por medio de un pedal de accionamiento neumático, que activa los inyectores para el llenado de la botella. Al salir de los inyectores, las botellas son selladas con tapones roscados, etiquetadas y luego embaladas para su almacenamiento y comercialización.

1.1.5.2. Línea de garrafón

El garrafón es trasladado por un operario hacia la lavadora donde se lava y desinfecta para su llenado. Para el lavado se utiliza una solución de sosa cáustica, la que se inyecta a presión por la boca del garrafón invertido. Para el enjuague se usa la segunda sección de la lavadora, en donde las válvulas

inyectan agua tratada para retirar completamente la sosa. Los garrafones limpios son trasladados por un operario a la sección de llenado, donde los inyectores de agua pura actúan por medio de un sistema PLC, que hace que los inyectores funcionen de forma automática, llenando cada uno de los garrafones. El sellado o taponado se hace de forma manual, el cual es realizado por medio de un operario.

1.1.5.3. Línea de refresco

El refresco se elabora en un pequeño tanque de almacenamiento, donde se realiza la mezcla de la fórmula para cada uno de los sabores de refresco que serán elaborados. El tanque de almacenamiento se conecta a la máquina por medio de la tubería que alimenta la bomba de succión.

El proceso de llenado es iniciado por la bomba que alimenta a la máquina de elaboración de refresco, la máquina previamente al llenado, dobla el nailon que se carga en forma de bobinas para darle una forma cilíndrica, en este punto la máquina genera ciclos de llenado, llenando cierta cantidad y luego cortando el nailon por medio de una resistencia que calienta la bolsa y la sella. Luego cada una de las bolsas cae a un balde, del cual el operario toma cada unidad y las embala en fardos de veinticinco unidades, cada uno para su comercialización.

1.1.5.4. Línea de bolsa desechable

La línea de bolsa desechable posee un equipo semejante a la línea de refrescos. La diferencia radica en que el agua no proviene de un pequeño tanque de almacenamiento, sino que proviene de la red de distribución de agua, que alimenta también a las otras dos líneas de producción de la empresa La Corona.

El proceso de llenado es idéntico al de la elaboración de refrescos, ya que la línea de bolsas desechables de agua purificada, cuenta con una máquina idéntica a la de la línea de refrescos, y ambos funcionan de forma automática.

1.1.6. Área de bodega de producto terminado

La bodega de producto terminado tiene un área aproximada de 170.48 m², en la cual se distribuye cada uno de los productos que la planta elabora para su comercialización.

Dentro del área utilizada para bodega, se ubica también la oficina del administrador general, desde donde se supervisa toda la actividad que se genera en la bodega como en la planta.

1.2.Productividad

Productividad como definición, relaciona la cantidad de recursos y bienes producidos con la cantidad de recursos utilizados.

En una fábrica, la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo, y los empleados.

Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático, decimos que algo o alguien son productivos cuando con una cantidad de recursos (insumos), en un período de tiempo dado, obtiene el máximo de productos.

La productividad en las máquinas y equipos, está dada como parte de sus características técnicas, no así con el recurso humano o los trabajadores. Deben de tomarse en cuenta diversos factores que influyen.

Además de la relación de cantidad producida por recursos utilizados, en la productividad son incluidos aspectos de importancia como los que a continuación se indican:

Calidad: Es un conjunto de propiedades inherentes a un objeto, que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas. La calidad

también está relacionada con el cumplimiento de normas o requisitos por parte de los bienes y servicios realizados o producidos.

Al establecer la productividad como una relación de salida con entradas, estos dos aspectos de la relación pueden describirse de la manera siguiente.

Entradas: Mano de obra, materia prima, maquinaria, energía, capital.

Salidas: Productos.

Otras formas de expresar la productividad se manifiestan de la siguiente forma:

- Misma entrada, salidas más grande
- Entrada más pequeña, misma salidas
- Incrementar salida, disminuir entrada
- Incrementar salida más rápido que la entrada
- Disminuir la salida en forma menor que la entrada

1.2.1. Importancia de la productividad

Se debe comprender claramente que todos los aspectos de un negocio o industria como lo son las ventas, finanzas, producción, ingeniería, costos, mantenimiento y administración, son áreas favorables para la aplicación de métodos, estudio de tiempos y sistemas adecuados de pago de salarios. En general, dichos procedimientos son aplicables a cualquier tipo de negocio, ya sea en el público como en el privado, para el mejoramiento de la productividad,

ya que cada una de dichas áreas mencionadas están conformadas por eficiencias y productividad que afecta en su totalidad al negocio.

Siempre que hombres, materiales e instalaciones se unen para el logro un determinado objetivo, la productividad se puede mejorar mediante la aplicación inteligente de los principios de métodos, estudios de tiempos y sistema de pago de salarios.

1.2.2. Factores que afectan a la productividad

Un factor de producción es aquel elemento que interviene en el proceso productivo, de un modo variable o susceptible de variación.

En una empresa típica, la producción se define normalmente en términos de productos fabricados o servicios prestados. En la manufactura, los productos se expresan en números, por valor, y por su grado de cumplimiento con una norma de calidad.

Tanto las empresas manufactureras como las de servicio, deben estar igualmente interesadas en lograr la satisfacción del cliente o usuario; una forma de medir o establecer el grado de satisfacción es, a través del número de quejas o rechazos del producto o servicio producido.

La utilización que se hace de estos recursos agrupados, determina la productividad de la empresa.

1.2.2.1. Internos

Algunos factores internos son susceptibles de modificarse más fácilmente que otros, por lo que se les clasifica en dos grupos: duros y blandos. Los factores duros incluyen a los productos, la tecnología, el equipo y las materias primas; mientras que dentro de los factores blandos se incluye a la fuerza de trabajo, los sistemas y procedimientos de organización, los estilos de dirección y los métodos de trabajo.

1.2.2.2. Externos

Como factores externos se incluyen la regulación del gobierno, competencia generada por la competencia, disponibilidad de los materiales o materias primas, mano de obra calificada, infraestructura existente en el país, disponibilidad de capital e intereses, medidas de ajuste aplicadas y demanda, están fuera del control de la empresa. Estos factores pueden afectar tanto al volumen de la salida, como a la distribución de la entrada.

1.3. Historial de la maquinaria

La maquinaria de la empresa La Corona fue adquirida hace cinco años, cuando la empresa fue inaugurada; su instalación y la capacitación del personal respecto a su operación, fueron realizadas por una empresa contratada.

Como se expresa en el párrafo anterior, sobre la capacitación dada respecto al funcionamiento de la maquinaria, no sucedió de igual manera respecto a la capacitación en el mantenimiento en la misma, provocando que dentro de la empresa se desconociera la importancia de las buenas condiciones de funcionamiento de la maquinaria para la producción.

Con base a lo antes indicado, en la actualidad la maquinaria tiene problemas en cada uno de sus sistemas con los que trabaja, son un ejemplo de esto el sistema neumático, el sistema de PLC, así como cada uno de los demás sistemas que la componen, ya que cada uno de ellos esta interconectado, y el problema que tenga uno afecta al otro de diferentes formas.

La maquinaria no ha contado con ningún tipo de mantenimiento, eso se puede evaluar con una rutina de inspección, la cual estaría revelando los problemas con los que la maquinaria cuenta en cada una de sus partes. A manera de ejemplos, se observa en el sistema neumático, que las electroválvulas no tienen los filtros que les son indispensables para su mantenimiento; las unidades de mantenimiento no poseen el aceite necesario para la lubricación del sistema neumático, y el sistema de aire comprimido no cuenta con las purgas necesarias del agua condensada, entre otros problemas existentes. Todo esto repercute de gran manera en la productividad de la maquinaria, y por ende en la productividad de la empresa, ya que se tiene tiempo perdido en horas-hombre y horas-máquina, que es de suma importancia para la rentabilidad de la empresa.

1.3.1. Mantenimiento

Como definición podría decirse que, mantenimiento agrupa todas las acciones que tienen como objetivo, mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo la función requerida. Estas acciones consideran la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

En ingeniería el mantenimiento se relaciona con actividades tales como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones, necesarios para tener una unidad en condiciones que le permitan cumplir con su actividad operacional.

El mantenimiento juega un papel muy importante en una empresa siendo este más relevante en empresas productoras de bienes, en las cuales la maquinaria es indispensable para la producción y generación de utilidades, adicional a esto también genera para el cliente final un valor agregado, a través de un producto terminado que cuenta con las especificaciones requeridas, ya que una maquinaria que no posee un correcto mantenimiento, no está en capacidad de producir un producto que responda a normas establecidas, afectando de esta manera el fin más importante de la empresa, como lo es satisfacer la exigencia de los clientes que demandan adquirir un producto de calidad.

La aplicación de procedimientos apropiados de mantenimiento, previene la presencia de fallas en equipo y maquinaria.

Una falla se define como la incapacidad que esta origina en un equipo, para que pueda desarrollar su trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarla.

Un equipo puede manifestar desperfectos durante su operación, más no por esto se establece que está completamente dañado, mientras continúe realizando sus tareas productivas; el hecho es de que ya no las realiza con la misma calidad de rendimiento que un equipo en óptimas condiciones.

Además, el aspecto relacionado con el costo que implica la gestión y el desarrollo del mantenimiento, debe estar de acuerdo con los objetivos propios del mantenimiento, pero sin denotar por ejemplo, un costo superior como el que implicaría el reemplazo por maquinaria nueva. Entre los factores generadores de costo de mantenimiento se tienen la mano de obra, el costo de materiales, repuestos, piezas nuevas, energía, combustibles y lubricantes, así como las pérdidas originadas por la no producción.

Dentro del concepto de mantenimiento existen ciertas variantes, que tienen aplicación dentro del funcionamiento y mantenimiento del equipo y maquinaria. Las variantes mencionadas están identificadas dentro de los diferentes tipos de mantenimiento existentes, o sea, el mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo, el mantenimiento proactivo y el mantenimiento predictivo.

El mantenimiento preventivo también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas o planeadas, sin que haya ocurrido alguna avería o error en la maquinaria. Se realiza teniendo en cuenta la experiencia del personal a cargo, los que se encargan de efectuar dicho mantenimiento; el personal mencionado o el fabricante puede establecer el momento adecuado para realizar el servicio, auxiliándose para el efecto en los manuales técnicos de mantenimiento del equipo. El mantenimiento preventivo presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado, donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.
- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva de la empresa.

El mantenimiento correctivo identificado además como “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego de ocurrir una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En el caso de que no se produzca falla alguna, el mantenimiento correctivo será inexistente. Tendría que presentarse el desperfecto para tomar las medidas correctivas pertinentes. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas o esperadas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.
- Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados, a la espera de la corrección o reparación a hacer en la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no considerados en el presupuesto, por lo que no es de extrañar que, por falta de recursos económicos no se compren los repuestos en el momento requerido.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

El mantenimiento proactivo tiene como fundamento los principios de solidaridad, colaboración, iniciativa propia, sensibilización, trabajo en equipo, de tal forma que todos los involucrados directa o indirectamente en la gestión del mantenimiento, deben de conocer la problemática de este, es decir, que tanto técnicos, profesionales, ejecutivos y directivos deben estar conscientes de las actividades que se llevan a cabo, para desarrollar las labores de mantenimiento. Cada individuo desde su cargo o función, dentro de la organización actuará de

acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de que se deben atender sus prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente. El mantenimiento proactivo implica contar con una planificación de operaciones, la cual debe estar incluida en el Plan Estratégico de la organización. Este mantenimiento a su vez, debe brindar indicadores (informes) a la gerencia, respecto del progreso de las actividades, los logros, aciertos, y también errores.

El mantenimiento predictivo consiste en determinar en todo momento, la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento, consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, minimizando de esta manera los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Dentro de las técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo se mencionan:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones).
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos).
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros).

- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado).
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.).

1.3.2. Control

El término control, es utilizado para referirse a una de las cuatro funciones de todo administrador profesional, siendo estas, planeamiento, organización, dirección y control. Control es el proceso por el cual una persona, un grupo u organización, vigila en forma consciente un comportamiento determinado, y asume una acción correctiva cuando esta procede.

Las funciones antes mencionadas, se relacionan con el trabajo de cualquier miembro de una empresa, sea este el gerente, el supervisor o el presidente de la compañía. Ya sea que su trabajo esté dirigido hacia la prevención de accidentes, calidad, producción o costos, deberá planear, organizar, dirigir y controlar, a fin de asegurarse que el trabajo es hecho correctamente.

El control de las condiciones de la maquinaria es de suma importancia para su buen funcionamiento, y la obtención de productos de calidad. Cada uno de los procesos, incluyendo procesos de producción y administrativos, deben ser evaluados en su desempeño, para lograr medidas preventivas o correctivas según sea el caso.

Cada uno de los controles a ser requeridos en la planta, estarán bajo la responsabilidad del supervisor, que los estará llevando con el fin de mantener el estándar de calidad de cada uno de los productos. Para lograr un control adecuado, el supervisor debe basarse en métodos de medición que sean confiables, fáciles de representar y analizar. Uno de los métodos más utilizados que existen, son los diferentes gráficos de control de procesos.

Los gráficos de control son modelos gráficos que permiten evaluar si un proceso está o no en un estado de control estadístico, es decir, ver su comportamiento dentro de límites especificados, que tienen por nombre “límites de control”, los cuales determinan el rango de variabilidad estadística aceptable, para el proceso en estudio.

Si al analizar el resultado del proceso, expresado gráficamente en puntos, estos se mantienen dentro de los límites de control y presentan un patrón aleatorio, se concluye en que el proceso está bajo control, por el contrario, si hay puntos fuera de los límites de control, el conjunto estaría mostrando ciertas tendencias anormales, esto daría lugar a considerar de que el proceso está fuera de control.

Las ventajas de los gráficos de control son:

- Se utilizan para determinar el estado de control de un proceso.
- Muestran el comportamiento del proceso en el tiempo.
- Establecen si un proceso ha mejorado o empeorado.
- Sirven como un indicador de problemas.

Los gráficos según su aplicación, se dividen de la siguiente manera: gráficos por atributos, gráficos por variables y gráficos por número de no conformidades. Cada uno de los gráficos tiene subdivisiones, las cuales son descritas a continuación.

Los gráficos por atributos, son utilizados cuando la característica de la calidad puede medirse y expresarse por medio de un número, en una escala de medición continua. El gráfico por atributos se subdivide en gráficos:

- $\bar{X} - R$
- $\bar{X} - s$.

El gráfico $\bar{X}-R$ es utilizado para controlar y analizar un proceso, en el cual la característica de calidad del producto que se está analizando, obtiene valores continuos, tales como peso, longitud (ancho, largo, espesor), volúmenes, lo cual hace que proporcione la mayor cantidad posible de información sobre el proceso. Es un gráfico muy sensible, ya que a través de éste se pueden descubrir o identificar causas de variación en los procesos de tipo continuo. Algunos elementos que hay que tomar en cuenta a la hora de aplicar este tipo de gráfico son los siguientes:

- Seleccionar la característica de calidad a graficar.
- Pensar y elegir el sub-grupo, o sea la muestra.
- Recabar los datos.
- Determinar límites de control y su revisión futura.

Con el gráfico \bar{X} , se puede observar la variación de la media existente en las muestras tomadas, en un proceso que se esté analizando. Estas variaciones se pueden apreciar cuando alguna muestra salga de los límites de control, o por

el comportamiento de la tendencia dentro de los mismos límites de control. El gráfico \bar{X} se obtiene al aplicar las siguientes herramientas matemáticas:

$$LCS = \bar{X} + A_2 * \bar{R}$$

$$LCC = \bar{X}$$

$$LCI = \bar{X} - A_2 * \bar{R}$$

Donde además debemos conocer el tamaño de muestras a analizar “n”, y el número de veces que vamos a realizar el estudio “k”, en donde k debe ser mayor a 30 muestras, con el objetivo de poder apreciar de mejor manera la variación, y de esto obtenemos: \bar{X} (media), es la media del número de análisis o muestras efectuadas “k” ; \bar{R} (rango) , es el promedio de los rangos del número de análisis “k” efectuados y A_2 es una constante que se obtiene de la tabla que se encuentra en el Anexo 1 con los datos de “n” y “k”.

El gráfico de R, mide el rango de comportamiento de la muestra, y revela cualquier tendencia de que el proceso se comporte de una manera aleatoria, o de una manera menos aleatoria a través del tiempo.

El rango se obtiene de restar del dato mayor de las muestras obtenidas el dato menor, de esta forma: Rango (R) = Dato Mayor – Dato Menor, del número de muestras utilizadas.

El gráfico R se obtiene aplicando las siguientes herramientas matemáticas:

$$LCS = \bar{R} * D_4$$

$$LCC = \bar{R}$$

$$LCI = \bar{R} * D_3$$

Donde la mayoría de los datos son obtenidos del gráfico de medias (\bar{X}), “n”, “k” y los valores D_3 y D_4 que son constantes obtenidas de la tabla del Anexo 1 de acuerdo al tamaño de la muestra “n”.

$\bar{X} - s$ es otro gráfico que se puede utilizar al igual que el gráfico $\bar{X} - R$, ya que presenta las mismas características que se mencionaron anteriormente, cuando se describió el tipo de gráfico $\bar{X} - R$, solo que este tipo de gráfico $\bar{X} - s$ es utilizado cuando la situación del proceso muestra la forma de una distribución normal de frecuencias, quedando descrita la distribución al ser conocidas la media y la desviación estándar del proceso. El gráfico mencionado también tendrá aplicación cuando la distribución del análisis del mismo, no muestre una distribución normal, en este caso la media y la desviación estándar siguen siendo importantes.

Los cambios significativos que se encuentren a la hora de analizar este tipo de gráfico, son las posibles variaciones en la media y en la desviación estándar; estarían siendo productos que no cuentan con las características establecidas, o cualquier aspecto que esté ocurriendo en su proceso de fabricación.

El gráfico $\bar{X} - s$ se obtiene con la ayuda de las siguientes herramientas matemáticas:

$$\begin{aligned} \bar{X} \\ LCS &= \bar{X} + A_2 * \bar{s} \\ LCC &= \bar{X} \\ LCI &= \bar{X} - A_2 * \bar{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s \\ LCS &= \bar{s} * D_4 \\ LCC &= \bar{s} \\ LCI &= \bar{s} * D_3 \end{aligned}$$

En donde \bar{X} & s , es la media de medias del número de muestras “k”, y las constantes A_1 , B_4 y B_3 que se obtienen con los mismo valores de “n” y “k” de la tabla del Anexo 1.

Otra variante de los gráficos de control son los gráficos por variables, los cuales se utilizan cuando las características de la calidad no se miden en una escala continua, como por ejemplo en la realización de una inspección visual. Dentro de los gráficos por variables se pueden encontrar el gráfico “p” y el gráfico “np”.

La gráfica muestra la variación en porcentaje, fracción de productos o artículos defectuosos en una muestra. Es muy utilizada para controlar el porcentaje de artículos o unidades defectuosas de un proceso.

La fracción defectuosa “p”, se define como la relación entre el número de artículos defectuosos encontrados en una o varias inspecciones y la cantidad total de artículos o productos analizados.

El gráfico “p” se obtiene aplicando las siguientes herramientas matemáticas:

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$LCC = \bar{p}$$

$$LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

Donde \bar{p} es la proporción media de artículos defectuosos, la cual se obtiene al dividir la cantidad de artículos defectuosos de todas las muestras, entre la totalidad de artículos que se inspeccionaron; “n” es el tamaño de muestra (aproximadamente tiene que ser de 20 artículos por muestra).

El gráfico np (número de artículos defectuosos) tiene la misma utilidad que el gráfico p, solo que este se utiliza cuando el tamaño de muestra es constante, graficándose el número de artículos defectuosos por muestra, en lugar de la proporción.

Este gráfico indica el número real de elementos defectuosos en vez del porcentaje defectuoso.

El gráfico “np” se obtiene de la siguiente forma:

$$LCS = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}$$

$$LCC = \bar{np}$$

$$LCI = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1 - \bar{p})}$$

Donde al igual que en el gráfico p, \bar{p} es la proporción media de artículos defectuosos, y “n” es el tamaño de muestra. Por lo que \bar{np} es el promedio estimado de artículos defectuosos por muestra.

El último caso de gráficos de control, son los gráficos por número de no conformidades, los cuales son utilizados cuando se analiza la cantidad de defectos que contiene un producto al finalizar su producción, o la cantidad defectos que contiene cierta muestra de productos escogidos al azar, de una

determinada producción. Dicho gráfico se divide en los gráficos “c” y gráficos “u”.

El gráfico “c”, estudia el comportamiento de un proceso, considerando el número de defectos encontrados al inspeccionar la muestra de un artículo o producto.

El gráfico “c” se obtiene de la siguiente manera:

$$LCS = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCC = \bar{c}$$

$$LCI = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

Donde \bar{c} , es el número promedio de defectos por subgrupo, muestra o lotes de producción, y se obtiene al dividir el total de defectos encontrados entre el total de subgrupos.

En la otra variación de los gráficos por número de no conformidades, el gráfico “u”, es utilizado para cuantificar el número promedio de defectos por unidad, en vez del total de defectos en la muestra, como se hace en el gráfico “c”.

En este gráfico, u se obtiene al dividir el número de defectos encontrados en un subgrupo “c” entre el total de unidades del subgrupo “n”.

$$u = \frac{c}{n}$$

El gráfico \bar{u} se obtiene como sigue:

$$LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

$$LCC = \bar{u}$$

$$LCI = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$$

Donde \bar{u} , es el número promedio de defectos por unidad en todo el grupo, y cuando el tamaño del grupo “n” no es constante, entonces se sustituye este por el promedio \bar{n} .

1.3.3. Importancia de las condiciones de la maquinaria

Las condiciones de la maquinaria abarcan gran cantidad de sistemas y partes del equipo que se están utilizando. La aplicación de un buen acondicionamiento va desde los estudios organolépticos de la máquina, hasta su calibración y cualquier tipo de mantenimiento que se le pueda realizar, para que la calidad del proceso sea adecuada, a fin de mantener la productividad de la empresa.

El mejoramiento del equipo que esté en malas condiciones, hace que la producción supere en calidad, que los costos por mantenimiento y energía disminuyan, y que la productividad de la empresa aumente o se mantenga estable.

2. ANÁLISIS DE LA MAQUINARIA

2.1. Uso de la maquinaria actual

La maquinaria ubicada en la planta de la embotelladora y refrescos La Corona, es utilizada en cada uno de los procesos de producción mencionados en el capítulo anterior. El uso que se le da a la maquinaria es sumamente empírico, y sin ningún tipo de control adecuado en su manejo, ya que se ha adaptado a la producción sin tener en cuenta las condiciones de cada máquina y el logro de una buena operación.

A continuación se presentan dos casos, con los que se ejemplifica lo expresado en el párrafo anterior, las máquinas de lavado y llenado de garrafón.

La máquina de lavado de garrafones consta de un sistema semiautomático de control, está constituido por un sistema de temporizadores, los cuales le dan el mando a la máquina en relación de cada uno de los tiempos del proceso. La máquina lavadora posee capacidad de lavado para tres garrafones de manera simultánea, sin embargo en la actualidad solo lava dos garrafones ya que una de las bombas del sistema de lavado no funciona, habiendo quedado deshabilitada por tiempo indeterminado. Esta situación hace que haya una reducción aproximada del 33% en la productividad de la máquina lavadora. Además de no contar con dicha bomba, la línea no se utiliza de una forma adecuada, ya que la máquina debe ser encendida y apagada en la carga y descarga de los garrafones.

La máquina llenadora de garrafones posee un sistema más completo, en relación a la máquina lavadora de garrafones, ya que está equipada con un sistema PLC, el cual llena cuatro garrafones en un tiempo determinado.

A pesar de que la máquina llenadora de garrafones consta de un sistema PLC, por medio del cual elabora todo su proceso, existe la intervención del operario, que pone en marcha y para la máquina según su conveniencia personal, esto ha dado lugar a que la misma no llene los cuatro garrafones por cada tiempo de llenado, sino que llena dos garrafones y los otros quedan pendientes de completar, lo que obliga al operario repetir el proceso para llenar lo restante, apartando los garrafones ya terminados.

2.2. Condiciones de la máquina lavadora de garrafones

A continuación se detallarán cada una de las condiciones de la máquina por medio de las partes más importantes que la componen.

2.2.1. Sistema PLC

El sistema PLC del cual consta la máquina lavadora de garrafones, se encuentra en condiciones aceptables. Este sistema cuenta con dos temporizadores, los cuales manejan los tiempos de lavado y transporte de cada uno de los garrafones dentro de la máquina. Cada temporizador es controlado por una computadora que envía a cada uno las indicaciones correspondientes. El sistema PLC controla cada una de las dos bombas instaladas en la lavadora, los temporizadores, el sistema transportador y los instrumentos indicadores.

Aunque dicho sistema no ha tenido un mantenimiento adecuado, el sistema no causa ningún tipo de problema en el funcionamiento de la máquina lavadora.

En la siguiente fotografía se muestra el sistema PLC de la máquina lavadora.

Figura 2. Vista exterior del PLC de la máquina lavadora.



2.2.2. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico de la máquina lavadora se encuentra dentro del panel del control, este sistema es el encargado de la transmisión de energía eléctrica a cada uno de los mandos del sistema PLC.

Las condiciones y el funcionamiento del sistema eléctrico son aceptables, aunque las conexiones no muestran un orden en su instalación, manifestando así una forma empírica en las conexiones realizadas.

Figura 3. Vista interior de las conexiones eléctricas del panel de control.



2.2.3. Sistema de lavado

El sistema de lavado consta de dos bombas y cuatro boquillas, que son alimentados con agua purificada para el lavado de los garrafones. El agua que se inyecta dentro de los garrafones es enviada por las bombas de la máquina lavadora, cada uno de los garrafones son enjabonados antes de ingresar a la máquina mencionada, ya que posteriormente ésta los lava.

Figura 4. Bombas y boquillas del sistema de lavado.



2.2.4. Condición general

Las condiciones dentro de las cuales se encuentra la lavadora de garrafones son únicamente funcionales, esto significa que la máquina realiza el

trabajo para el cual fue diseñada, más no de una forma eficiente. El equipo que se utiliza para la línea de garrafón no ha tenido un mantenimiento adecuado desde la instalación del mismo por lo que ciertas características o partes de la máquina han llegado a deteriorarse, de tal manera que la misma ya no cumple con ciertas funciones específicas, como por ejemplo, el uso completo de la capacidad del equipo, las condiciones de las bandas de transmisión, utilizadas para la transmisión de fuerza hacia la caja reductora que moviliza la banda transportadora, así como también el mal estado de una de las bombas hidráulicas y el sistema neumático del cual consta la máquina de lavado.

2.3. Condiciones de la máquina llenadora de garrafones

A continuación se detalla la condición de la máquina llenadora, a través de las partes que la componen.

2.3.1. Sistema neumático

La situación en la que se encuentra el sistema neumático de la máquina llenadora de garrafones es limitado, desde el punto de vista del funcionamiento, y objetivos para los cuales fue diseñado dicho sistema.

Se puede encontrar que dentro del sistema neumático, los cilindros y pistones funcionan correctamente, exceptuando el sistema que detiene el producto en el momento del llenado. Las electroválvulas y la unidad de mantenimiento carecen de las características esenciales para su

funcionamiento, como por ejemplo, los filtros adecuados, tanto de las electroválvulas como de la unidad de mantenimiento, y también los aceites necesarios para la lubricación de todo el sistema neumático.

Tomando en cuenta que a través del sistema neumático se transporta el aire comprimido, se comprueba que el sistema no posee las purgas necesarias, ni la inclinación debida de cada parte de la tubería.

En la figura 5 es expuesta parte del sistema neumático.

Figura 5. Vista del sistema neumático.



2.3.2. Sistema hidráulico

El sistema hidráulico al igual que el neumático, corresponden a partes importantes de la máquina llenadora de garrafones. El sistema hidráulico está compuesto por una bomba que provee al distribuidor de agua pura, el que a su vez alimenta a cada uno de los pistones, los cuales cuentan con válvulas por muelle utilizadas para el llenado del garrafón.

La bomba y todo el sistema por donde se transporta el producto (agua pura), tiene partes oxidadas, debido al agua que de una u otra forma cae sobre cada una de ellas. Las partes más dañadas son tornillos, abrazaderas, la bomba y el motor eléctrico de la máquina llenadora. Lo mencionado es el resultado de no considerar la acción del agua sobre cada una de esas partes, y no proporcionar además el mantenimiento preventivo necesario.

Figura 6. Sistema hidráulico de la máquina llenadora.



2.3.3. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico que alimenta la máquina llenadora, no se encuentra con la protección eléctrica ni orden de conexiones apropiado para su funcionamiento. No tener instalado un protector con la capacidad adecuada, puede dar lugar a sobrecargas que podrían dañar el sistema de control PLC o incluso, provocar el incendio del tablero, dañar a humanos y provocar pérdidas económicas.

Figura 7. Conexiones internas del sistema eléctrico.



2.3.4. Sistema PLC

El sistema PLC no funciona correctamente, ya que la programación del mismo y el mando hacia algunos de los elementos de la máquina no funcionan. Dentro de la programación se ve, cómo los operarios han acomodado el sistema para que trabaje bajo las condiciones que a ellos les interesa, pero no de una forma óptima o eficiente.

Del sistema PLC no se conocen los datos con los que trabaja y no existen sus manuales de operación dentro de la planta, dificultando su manejo así como el mantenimiento y calibración del mismo.

Figura 8. Vista interna del PLC.



2.3.5. Sistema de Bandas Transportadoras

Las bandas transportadoras de la máquina llenadora no funcionan, el sistema no está adecuadamente conectado, y el sistema de PLC no envía las señales necesarias para su funcionamiento. Además de la mencionada deficiencia, la banda transportadora presenta problemas en el funcionamiento del motor y la caja reductora, que le proporciona el movimiento, evidenciándose en ésta el óxido y la falta de lubricación, por la misma falta de mantenimiento del equipo.

Figura 9. Sistema de bandas transportadoras.



2.3.6. Sistema de Llenado

Dentro de los problemas encontrados en el sistema de llenado, se observa que la lubricación de los pistones y cilindros neumáticos no es la requerida. Las válvulas de llenado no se abren correctamente en el momento del llenado, provocando así que los garrafones no se llenen uniformemente ni en el tiempo previsto. Estos inconvenientes provocan retrasos en el tiempo de llenado y desperdicio de producto, ya que al no abrirse las válvulas, aumenta la presión del agua y provoca la filtración de agua en diferentes partes de la válvula, aumento en el consumo de energía por repetir el proceso de llenado y por último, disminución de la productividad.

2.3.7. Sistema de Taponado

El sistema de taponado automático de la máquina llenadora no está en funcionamiento, ya que presenta de determinado momento a la fecha, problemas de reparación, por lo que el taponado se hace en forma manual; se coloca primero el tapón del garrafón y luego el sello respectivo de los garrafones. El proceso de taponado se realiza al llenar un lote completo de garrafones.

En la siguiente figura se ve la parte del sistema de taponado.

Figura 10. Parte del sistema de taponado que no está en funcionamiento.



2.4. Calidad del funcionamiento

La calidad del funcionamiento del sistema de agua pura se puede medir por medio de datos estadísticos, cada uno representa la función del sistema mencionado en cada punto del proceso, se estará tomando en cuenta la producción completa.

Se toma la producción completa sin realizar muestras, porque la producción de la planta no es muy grande y no se dificulta la inspección de cada uno de los productos, en este caso se aplica una inspección al 100%. Cuando la producción es demasiado grande, es difícil aplicar una inspección al 100%, porque los costos aumentan significativamente y se crea alta duplicidad de procesos de inspección. En estos casos son utilizados muestreos de aceptación, creando muestras eficientes que logren captar cada una de las características a evaluar del proceso.

2.4.1. Datos estadísticos de funcionamiento

Dentro de los datos que se utilizan para determinar la calidad del funcionamiento para el producto de agua pura, será aplicada la proporción de garrafones defectuosos. Cada uno de estos garrafones de agua pura se reprocesan, o sea que los garrafones son vueltos a colocar en la línea de llenado, para lograr el llenado requerido de cada uno de los garrafones indicados.

Para el manejo de los datos obtenidos, se tomaron como subgrupos cada producción realizada en la planta, los cuales están representados en la

siguiente tabla, correspondientes a los lotes producidos del mes de mayo al mes de agosto del año 2009.

Tabla I. Garrafones de agua pura producidos y reprocesados en el llenado durante el mes de mayo al mes de agosto del año 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Total garrafones reprocesados	% de garrafones reprocesados	Proporción de garrafones reprocesados
1	54	22	40.74	0.4074
2	60	30	50.00	0.5000
3	50	30	60.00	0.6000
4	52	24	46.15	0.4615
5	64	30	46.88	0.4688
6	50	22	44.00	0.4400
7	45	22	48.89	0.4889
8	60	30	50.00	0.5000
9	53	20	37.74	0.3774
10	54	20	37.04	0.3704
11	57	22	38.60	0.3860
12	65	24	36.92	0.3692
13	45	15	33.33	0.3333
14	54	22	40.74	0.4074
15	63	30	47.62	0.4762
16	62	30	48.39	0.4839
17	61	25	40.98	0.4098
18	54	22	40.74	0.4074
19	54	24	44.44	0.4444
20	54	23	42.59	0.4259
21	50	27	54.00	0.5400
22	48	23	47.92	0.4792
Total	1209	537	977.71	9.7771

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por Embotelladora y Refrescos La Corona, S. A., año 2009.

Como se puede observar en la tabla de los datos obtenidos, hay una tendencia constante a producir un 50% aproximado de productos defectuosos, los cuales son reprocesados para su posterior comercialización. En el

reproceso se llenan de nuevo los garrafones que no cumplieron los requerimientos del llenado.

2.4.2. Control del funcionamiento

Para el control del funcionamiento se utilizarán gráficos de control, ya que estos exponen un proceso en una forma clara y fácil de entender, en este caso para verificar si el sistema de producción de agua pura está en condiciones adecuadas.

Para dicho control se aplica un gráfico tipo “p”, el cual muestra la proporción de los productos defectuosos en un lote de producción, tomando muestras no constantes, en el cual cada tamaño de muestras es diferente. Para que el gráfico pueda mostrar aspectos analizables, el tamaño de la muestra debe estar entre 50 y 200 unidades o aún mayor, para lograr contar con varias unidades que puedan resultar siendo no conformes por muestra, de forma que puedan evidenciarse cambios significativamente favorables (por ejemplo, aparición de muestras con cero unidades no conformes).

El período de obtención de muestras debe ser lo suficientemente largo, a fin de poder detectar las posibles causas de variación en el proceso. Se recolectan alrededor de 20 a 25 muestras, con el fin de lograr una prueba fiable para determinar la estabilidad del proceso.

Con base a lo anteriormente mencionado, se concluye que el gráfico “p” es el correcto a utilizar en este análisis. Para la obtención del gráfico de control

que en el presente numeral interesa, se aplican las siguientes fórmulas matemáticas.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{k}$$

$$P_i = \frac{\text{\# de garraiones no conformes}}{\text{Tamaño de la muestra}}$$

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$LCC = \bar{p}$$

$$LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$\bar{n} = \frac{(\sum_{i=1}^n n_i)}{k}$$

Donde:

k = Cantidad de subgrupos o muestras.

n = # de unidades de cada subgrupo o muestra.

P = Proporción de las unidades no conformes encontrada en la muestra controlada.

\bar{n} = Tamaño medio de la muestra.

\bar{p} = Proporción media de unidades no conformes.

LCI = Límite de control inferior.

LCC = Límite de control central.

LCS = Límite de control superior.

Para el cálculo de los límites de control, y la obtención del gráfico correspondiente, se utilizan a continuación las fórmulas descritas con anterioridad, empleando la información expuesta en la Tabla I:

- a) El cálculo de la fracción media de unidades no conformes por muestra o subgrupo, la cual representa también al límite de control central:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{k}$$

$$\bar{p} = \frac{(0.4074 + 0.5000 + 0.6000 + \dots + 0.4792)}{22} = 0.4444$$

- b) Límite de control superior:

- Para el cálculo del límite de control superior primero se determina el tamaño medio de la muestra:

$$\bar{n} = \frac{(\sum_{i=1}^n n_i)}{k}$$

$$\bar{n} = \frac{(54 + 60 + 50 + \dots + 48)}{22} = 54.95 \text{ unidades por muestra}$$

- Límite de control superior

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$LCS = 0.4444 + 3 \sqrt{\frac{0.4444(1 - 0.4444)}{54.95}} = 0.6455$$

$$LCS = 0.6455$$

- c) Calcular el límite de control inferior:

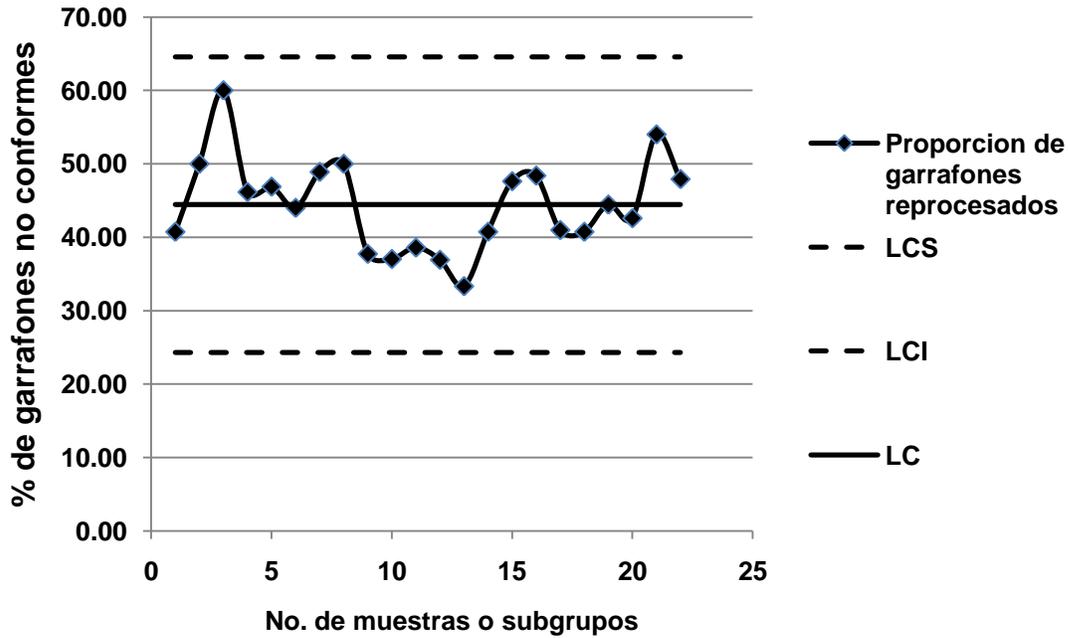
$$LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$LCI = 0.4444 - 3 \sqrt{\frac{0.4444(1 - 0.4444)}{54.95}} = 0.2433$$

$$LCI = 0.2433$$

Al obtener los límites de control, ya es posible crear la gráfica que proporciona una visualización más directa y fácil de entender sobre el proceso. La gráfica queda de la siguiente manera.

Figura 11. Porcentaje de garrafones de agua pura reprocesados por muestra.



Fuente: Tabla I, Garrafones de agua pura producidos y reprocesados en el llenado durante el mes de mayo al mes de agosto, año 2009

Como se observa en la gráfica, dentro del funcionamiento de la máquina se tiene un alto porcentaje de reproceso, lo cual hace que los límites de control resulten bastante altos, dando una perspectiva de la cantidad de reproceso por cada lote de producción que se tiene en la máquina llenadora.

2.5. Productividad de la máquina

Dentro de los aspectos a considerar relacionados con la productividad de la máquina llenadora de garrafones, se evalúa el tiempo que necesita ésta para producir cuatro unidades llenas. La razón de tomar en cuenta a las cuatro unidades es que, esa cantidad representa los garrafones producidos en un determinado tiempo.

Además del tiempo requerido para la producción de cuatro unidades, se tomarán también los garrafones promedio que son producidos por la máquina llenadora, con el fin de calcular un promedio dentro de la productividad con respecto a la máquina y su funcionamiento.

2.5.1. Máquina actual

La máquina llenadora actualmente utiliza cierto tiempo para producir los cuatro garrafones; la relación de ese tiempo con dicha producción, representa la productividad de la máquina en llenar cuatro garrafones.

Se tomaron mediciones de la producción de veintidós lotes, de los cuales ya se calculó la producción promedio de los mismos; habiéndose medido el tiempo estándar que la máquina hace por cada cuatro garrafones, la productividad en este caso se expresa en los términos siguientes:

$$Productividad\ actual = \frac{Cantidad\ producida}{Tiempo\ necesario\ para\ producirla}$$

Los tiempos expresados en segundos por cada uno de los 22 lotes son expuestos en la siguiente tabla:

Tabla II. Tiempo real de llenado de máquina por lote de garrafones desarrollado entre mayo y agosto del año 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Total garrafones reprocesados	Tiempo de llenado de 4 garrafones (segs.)	Tiempo de llenado del lote (segs.)
1	54	22	46.25	624.38
2	60	30	42.85	642.75
3	50	30	40.76	509.50
4	52	24	40.82	530.66
5	64	30	40.88	654.08
6	50	22	41.50	518.75
7	45	22	40.63	457.09
8	60	30	42.56	638.40
9	53	20	45.62	604.47
10	54	20	40.69	549.32
11	57	22	40.52	577.41
12	65	24	40.12	651.95
13	45	15	45.98	517.28
14	54	22	45.65	616.28
15	63	30	40.35	635.51
16	62	30	40.26	624.03
17	61	25	40.56	618.54
18	54	22	41.32	557.82
19	54	24	42.63	575.51
20	54	23	40.15	542.03
21	50	27	41.23	515.38
22	48	23	40.54	510.48
Total	1209	537	923.87	12671.58

Fuente: Elaboración propia, con base a información proporcionada por Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A. año 2009

El tiempo de llenado de cuatro garrafones incluye, el del llenado normal de los primeros dos garrafones, mas el de llenado en tiempo de reproceso para

los dos restantes. De la Tabla II se tomaron los 22 tiempos para obtener lo que es el tiempo promedio de realización y la cantidad promedio de garrafones que se producen por lote.

Cantidad promedio de garrafones producidos por lote, \bar{p} :

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{k}$$

$$\bar{p} = \frac{(54 + 60 + 50 + \dots + 48)}{22} = 54.9545 \text{ garrafones}$$

$$\text{Tiempo promedio de producción} = \frac{(624.38 + 642.75 + 509.50 + \dots + 510.48)}{22}$$

$$\text{Tiempo promedio de producción} = 575.98 \text{ segundos/lote}$$

Al tomar los datos obtenidos de las observaciones y de los cálculos antes realizados, se procede a calcular y obtener la productividad actual:

$$\text{Productividad actual} = \frac{54.9545 \text{ garrafones}}{575.98 \text{ segundos}} = 0.095411 \text{ garrafones/segundo}$$

$$\text{Productividad actual} = 0.095411 \text{ garrafones/segundo}$$

El resultado muestra la capacidad de llenado de la máquina en un segundo de producción, el cual expresa una productividad actual bastante baja, teniendo en cuenta que la dimensional de tiempo aplicada es de segundos.

2.5.2. Máquina teórica

La máquina llenadora consta de una capacidad teórica de producción, la cual corresponde al tiempo de llenado de 4 garrafones completos. Para el cálculo de de la productividad teórica de la máquina, no se toma el tiempo de llenado de los dos garrafones producidos en el mismo tiempo, esto se refiere al tiempo de llenado de los 4 garrafones menos el tiempo de reproceso.

La razón de realizar dicha operación es porque el tiempo de llenado de los cuatro garrafones debe ser igual al tiempo de llenado de los garrafones sin el reproceso, ya que el reproceso representa a los dos garrafones que no lograron ser llenados en el tiempo determinado.

Para el cálculo del tiempo también se realizará un promedio, el cual se obtiene de la tabla siguiente:

Tabla III. Tiempo teórico óptimo de llenado de máquina por lote de garrafón, obtenido entre mayo y agosto del año 2009.

Producción	Tiempo de llenado de 4 garrafones (segs.)	Tiempo de llenado del lote (segs.)	Tiempo de reproceso de 2 garrafones (segs.)	Tiempo de reproceso por lote (segs.)	Tiempo de llenado óptimo (segs.)
1	46.25	624.38	16.37	221.00	403.39
2	42.85	642.75	15.25	228.75	414.00
3	40.76	509.50	12.26	153.25	356.39
4	40.82	530.66	11.50	149.50	381.16
5	40.88	654.08	12.63	202.08	452.00
6	41.50	518.75	14.65	183.13	335.63
7	40.63	457.09	13.78	155.03	302.07
8	42.56	638.40	15.98	239.70	398.70
9	45.62	604.47	16.87	223.53	380.94
10	40.69	549.32	15.35	207.23	342.10
11	40.52	577.41	12.56	178.98	398.43
12	40.12	651.95	11.89	193.21	458.74
13	45.98	517.28	13.45	151.31	365.97
14	45.65	616.28	13.56	183.06	433.22
15	40.35	635.51	14.76	232.47	403.04
16	40.26	624.03	14.86	230.33	393.70
17	40.56	618.54	12.55	191.39	427.15
18	41.32	557.82	12.54	169.29	388.53
19	42.63	575.51	13.65	184.28	391.24
20	40.15	542.03	12.53	169.16	372.15
21	41.23	515.38	16.23	202.28	312.51
22	40.54	510.48	15.33	183.96	326.52
Total	923.87	12671.58	308.55	4233.49	8438.10

Fuente: Elaboración propia con base a información obtenida en la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A., año 2009.

La tabla muestra el tiempo de llenado óptimo, el cual representa el tiempo de llenado de la máquina sin reproceso, o sea, el llenado de los cuatro garrafones de manera simultánea (al mismo tiempo). El cálculo del tiempo promedio óptimo por lote se da de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo promedio óptimo} = \frac{(403.39 + 414.00 + 456.39 + \dots + 326.52)}{22}$$

$$\text{Tiempo promedio óptimo} = 383.55 \text{ segundos/lote}$$

Teniendo el tiempo promedio óptimo por lote, se procede a calcular la productividad teórica que debería tener la máquina, relacionando el tiempo promedio indicado con la cantidad promedio de garrafones calculada con anterioridad.

$$\text{Productividad teórica} = \frac{54.9545 \text{ garrafones}}{383.55 \text{ segundos}} = 0.1433 \text{ garrafones/segundo}$$

El resultado de la productividad teórica expresa que, la máquina llenadora debería realizar mayor cantidad de llenado por cada segundo de trabajo, lo cual no sucede en las condiciones actuales, perdiendo así tiempo de proceso.

2.6. Productividad del personal

De la misma manera que se tomaron los aspectos para la productividad de la máquina llenadora de garrafones, en este numeral se hace énfasis en el tiempo de producción por cada cuatro garrafones producidos.

Dentro de las características a tomar en consideración están, el tiempo de lavado, tiempo de espera, tiempo de taponado y sellado del garrafón, además del tiempo de limpieza y transporte.

Todos los tiempos antes mencionados se suman, haciendo una relación entre la cantidad promedio de garrafones producidos por lote, para obtener la productividad promedio del personal, el cual se utilizará para el análisis final.

2.6.1. Personal actual

Para la determinación de la productividad del personal actual, se toma el tiempo desde que el operario lava los garrafones, hasta el momento en el que él realiza el taponado. Al igual que en los cálculos anteriores, se tomaron tiempos medios por cada cuatro garrafones, y así también un promedio a utilizar del tiempo estándar del tiempo por lote.

El tiempo del operario es un tiempo cronometrado, haciendo así necesario el cálculo de las calificaciones y suplementos del operario. Las calificaciones representan la habilidad, el esfuerzo, la constancia y la consistencia que el operario muestra en el momento de realizar los lotes; los suplementos, son las condiciones bajo las cuales el operario labora. Con base a lo expuesto, es obtenido el tiempo estándar previsto por cada lote de producción. La tabla siguiente muestra los tiempos cronometrados del operario por cada uno de los lotes.

Tabla IV. Tiempo real cronometrado por lote empleado por el operario durante el llenado de lotes de garrafones, obtenido entre mayo y agosto del año 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Tiempo de producción de 4 garrafones (seg.)	Tiempo de producción cronometrado del lote (seg.)
1	54	246.88	3332.88
2	60	243.08	3646.20
3	50	242.08	3026.00
4	52	244.12	3173.56
5	64	247.13	3954.08
6	50	239.06	2988.25
7	45	240.78	2708.77
8	60	246.01	3690.15
9	53	247.17	3275.00
10	54	243.01	3280.64
11	57	246.12	3507.21
12	65	246.45	4004.81
13	45	249.6	2808.00
14	54	247.97	3347.60
15	63	242.56	3820.32
16	62	245.58	3806.49
17	61	245.68	3746.62
18	54	242.52	3274.02
19	54	245.61	3315.74
20	54	241.13	3255.26
21	50	242.01	3025.13
22	48	240.70	2888.64
Total	1209	5375.27	73875.36

Fuente: Elaboración propia, con base a información obtenida en la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A. año 2009

Se debe aclarar que el tiempo cronometrado mostrado en la Tabla IV, incluye los tiempo de enjuague, de lavado, de transporte, de llenado de la

máquina llenadora, y el tiempo necesario de taponado, limpieza y sellado por cada cuatro garrafones de producción.

El tiempo promedio de producción por lote, se calcula de la misma forma como han sido hechos cada uno de los cálculos anteriores, siendo este el que sigue:

$$\textit{Tiempo promedio cronometrado} = \frac{(3332.88 + 3646.20 + 3026.00 + \dots + 2888.64)}{22}$$

$$\textit{Tiempo promedio cronometrado} = 3357.97 \textit{ segundos/lote}$$

Para el cálculo de la productividad del personal actual se toma en cuenta el tiempo cronometrado por lote de producción. Aún teniendo el tiempo cronometrado, debe de ser calculado el tiempo estándar de la operación; esto es obtenido con base a la calificación y suplementos mencionados anteriormente, los cuales se determinan por determinados métodos de evaluación; uno de ellos es explicado en detalle a continuación.

Al realizar la calificación del personal se usará el método de calificación Westinghouse, el cual considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario, siendo estos: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

El método de Westinghouse es útil y apropiado para la aplicación en el presente trabajo, ya que en la empresa no se tiene una base de comparación del tiempo, ni la experiencia del operario, debido a que normalmente es un mismo operario el que realiza el trabajo; otra razón de utilizar dicho método es porque se busca un método de calificación que no dependa mayormente del juicio del calificador, o de una determinada comparación que se requiera.

El sistema de calificación de Westinghouse, enumera los siguientes seis grados o clases de habilidad que representan un grado de competencia aceptable para la evaluación: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y superior. El observador aplica el primer factor a evaluar, o sea la habilidad desplegada por el operario, y la clasifica en una de las seis clases antes mencionadas. La Tabla 1 del Anexo 2 ilustra las características de los distintos grados de habilidad, con sus valores porcentuales equivalentes. Después se traduce la calificación a su valor porcentual equivalente. Este porcentaje es sumando de manera matemática con las calificaciones del esfuerzo, las condiciones y la consistencia, para llegar a la calificación final o factor de calificación del desempeño del operario.

Este método para calificar define el otro factor, el esfuerzo, como una “demostración de la voluntad para trabajar con efectividad”. El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad, y el operario puede controlarla en un grado alto. Al evaluar el esfuerzo del operario, el observador debe tomar en cuenta sólo el esfuerzo rápido, no el dirigido para aumentar el tiempo de ciclo del estudio y al mismo tiempo conservar un factor de calificación alto.

Las seis clases de esfuerzo para asignar calificaciones son: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y excesivo. La Tabla 2 del Anexo 2 proporciona los valores numéricos para los distintos grados de esfuerzo, y describe las características de las categorías.

El factor relativo a las condiciones, a las que se refiere este procedimiento de calificación del desempeño, afectan al operario y no a la operación. Los analistas califican las condiciones como normal o promedio en la mayoría de los casos, ya que las condiciones se evalúan haciendo una comparación con la forma en que es usual encontrarlas en la estación de trabajo. Los elementos que afectan las condiciones de trabajo incluyen, temperatura, ventilación, luz y ruido.

Los factores que afectan la operación, como herramientas o materiales en malas condiciones, no se toman en cuenta al aplicar el factor de desempeño para las condiciones de trabajo. La Tabla 3 incluida en el Anexo 2 proporciona los valores respectivos para las condiciones de trabajo.

El último de los cuatro factores que influyen en la calificación del desempeño es la consistencia del operario. A menos que el analista utilice el método de regresos a cero, o realice y registre las restas sucesivas durante el estudio, la consistencia del operario debe evaluarse mientras está trabajando. Los valores de los tiempos elementales que se repiten constantemente, tendrán una consistencia perfecta. Esta situación ocurre rara vez, pues siempre tiende a haber una variación debida a variables tales como, la dureza de los materiales, el filo de la herramienta de corte, los lubricantes, la habilidad y

esfuerzo del operario, las equivocaciones en las lecturas de cronómetro y los elementos extraños, Los elementos que tiene un control mecánico también tendrán una consistencia casi perfecta, pero esos elementos no se califican.

Las seis clases de consistencia son: perfecta, excelente, buena, promedio, aceptable y mala. La Tabla 4 del Anexo 2, resume los valores para la consistencia.

Aplicando al presente trabajo de graduación el sistema de calificación de Westinghouse, se asigna la calificación de cada factor para cada uno de los lotes de producción, para así obtener el factor de desempeño global.

Aunque normalmente en la Embotelladora y Refrescos La Corona S.A. es el mismo operario el que trabaja cada lote de producción estarán viéndose variaciones en los datos de calificación, ya que el operario no posee el mismo estado de ánimo o condición física todos los días productivos.

La Tabla V muestra la calificación por lote, que el operario presentó en el proceso cuando fue evaluado. También muestra que una vez que fue asignada una calificación de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia de la operación y se establecieron los valores numéricos, fue determinado el factor de desempeño global, mediante la suma aritmética de los cuatro valores, agregando la unidad a esa suma.

Seguidamente se expresa la Tabla V en las calificaciones relativas al operario.

Tabla V. Calificación del operario durante el llenado lotes de garrafones, entre mayo y agosto del año 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Hab	Esf	Cond	Cons	Hab	Esf	Cond	Cons	Suma	Fact.
1	54	A1	B1	D	B	+0.15	+0.10	0.00	+0.03	+0.28	1.28
2	60	A1	B1	D	B	+0.15	+0.10	0.00	+0.03	+0.28	1.28
3	50	A2	B1	D	C	+0.13	+0.10	0.00	+0.01	+0.24	1.24
4	52	A1	B2	D	B	+0.15	+0.08	0.00	+0.03	+0.26	1.26
5	64	A2	B2	D	B	+0.13	+0.08	0.00	+0.03	+0.26	1.26
6	50	B1	B2	D	B	+0.11	+0.08	0.00	+0.03	+0.22	1.22
7	45	B1	C1	D	C	+0.11	+0.05	0.00	+0.01	+0.17	1.17
8	60	B2	C1	D	C	+0.08	+0.05	0.00	+0.01	+0.14	1.14
9	53	A1	C1	D	B	+0.15	+0.05	0.00	+0.03	+0.23	1.23
10	54	A2	C1	D	C	+0.13	+0.05	0.00	+0.01	+0.19	1.19
11	57	A1	C1	D	B	+0.15	+0.05	0.00	+0.03	+0.23	1.23
12	65	A1	B2	D	B	+0.15	+0.08	0.00	+0.03	+0.26	1.26
13	45	B2	B2	D	B	+0.08	+0.08	0.00	+0.03	+0.19	1.19
14	54	B2	B2	D	C	+0.08	+0.08	0.00	+0.01	+0.17	1.17
15	63	A1	B2	D	C	+0.15	+0.08	0.00	+0.01	+0.24	1.24
16	62	A2	B2	D	C	+0.13	+0.08	0.00	+0.01	+0.22	1.22
17	61	A2	B1	D	B	+0.13	+0.10	0.00	+0.03	+0.26	1.26
18	54	B2	B1	D	C	+0.08	+0.10	0.00	+0.01	+0.19	1.19
19	54	B1	C1	D	B	+0.11	+0.05	0.00	+0.03	+0.19	1.19
20	54	B2	B2	D	B	+0.08	+0.08	0.00	+0.03	+0.19	1.19
21	50	B1	B2	D	C	+0.11	+0.08	0.00	+0.01	+0.20	1.20
22	48	B2	B2	D	B	+0.08	+0.08	0.00	+0.03	+0.19	1.19
Total	1209										

Fuente: Elaboración propia, con base en las tablas de calificación y método de Westinhouse, año 2009.

Puede observarse en la tabla antes mostrada que en la calificación de condiciones el valor es el mismo, ya que el operario trabaja bajo las mismas circunstancias en todos los lotes producidos. Teniendo el factor de desempeño se procede a dar la calificación del tiempo normal del operario, el cual está dada por:

$$T_n = T_O \times C$$

Donde:

T_n = Tiempo normal

T_O = Tiempo observado o cronometrado

C = Calificación (factor de desempeño global)

Quedando la tabla de la siguiente manera.

Tabla VI. Tiempo normal empleado por el operario durante el llenado de lotes de garrafones, entre mayo y agosto del 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Hab	Esf	Cond	Cons	Hab	Esf	Cond	Cons	Suma	Fact.	Tn (seg.)
1	54	A1	B1	D	B	+0.15	+0.10	0.00	+0.03	+0.28	1.28	4266.09
2	60	A1	B1	D	B	+0.15	+0.10	0.00	+0.03	+0.28	1.28	4667.14
3	50	A2	B1	D	C	+0.13	+0.10	0.00	+0.01	+0.24	1.24	3752.24
4	52	A1	B2	D	B	+0.15	+0.08	0.00	+0.03	+0.26	1.26	3998.69
5	64	A2	B2	D	B	+0.13	+0.08	0.00	+0.03	+0.26	1.26	4982.14
6	50	B1	B2	D	B	+0.11	+0.08	0.00	+0.03	+0.22	1.22	3645.67
7	45	B1	C1	D	C	+0.11	+0.05	0.00	+0.01	+0.17	1.17	3169.26
8	60	B2	C1	D	C	+0.08	+0.05	0.00	+0.01	+0.14	1.14	4206.77
9	53	A1	C1	D	B	+0.15	+0.05	0.00	+0.03	+0.23	1.23	4028.25
10	54	A2	C1	D	C	+0.13	+0.05	0.00	+0.01	+0.19	1.19	3903.96
11	57	A1	C1	D	B	+0.15	+0.05	0.00	+0.03	+0.23	1.23	4313.87
12	65	A1	B2	D	B	+0.15	+0.08	0.00	+0.03	+0.26	1.26	5046.06
13	45	B2	B2	D	B	+0.08	+0.08	0.00	+0.03	+0.19	1.19	3341.52
14	54	B2	B2	D	C	+0.08	+0.08	0.00	+0.01	+0.17	1.17	3916.69
15	63	A1	B2	D	C	+0.15	+0.08	0.00	+0.01	+0.24	1.24	4737.20
16	62	A2	B2	D	C	+0.13	+0.08	0.00	+0.01	+0.22	1.22	4643.92
17	61	A2	B1	D	B	+0.13	+0.10	0.00	+0.03	+0.26	1.26	4720.74
18	54	B2	B1	D	C	+0.08	+0.10	0.00	+0.01	+0.19	1.19	3896.08
19	54	B1	C1	D	B	+0.11	+0.05	0.00	+0.03	+0.19	1.19	3945.73
20	54	B2	B2	D	B	+0.08	+0.08	0.00	+0.03	+0.19	1.19	3873.76
21	50	B1	B2	D	C	+0.11	+0.08	0.00	+0.01	+0.20	1.20	3630.15
22	48	B2	B2	D	B	+0.08	+0.08	0.00	+0.03	+0.19	1.19	3437.48
Total	1209											

Fuente: Elaboración propia, con base en las tablas de calificación y método de Westinhouse, año 2009

Después de calcular el tiempo normal, debe realizarse un paso más para llegar a un estándar justo. Este último paso es agregar un suplemento para tomar en cuenta las muchas interrupciones, demoras y disminuciones, causadas por fatiga en toda tarea asignada. En cualquier tipo de operación,

debe agregarse un suplemento por paradas, necesidades personales, fatiga o cualquier tipo de paradas periódicas.

Las lecturas del cronómetro en un estudio de tiempos se toman en un periodo relativamente corto. Por lo tanto, el tiempo normal no incluye las demoras inevitables, que quizá no fueron observadas, así como otros tiempos perdidos legítimos. En consecuencia, los analistas deben hacer algunos ajustes para compensar esas pérdidas. La aplicación de estos ajustes, o suplementos, puede ser mucho más amplia en unas compañías que en otras.

Con frecuencia, son utilizados dos métodos para desarrollar los datos de suplementos estándar. Uno es el estudio de la producción, que requiere que los observadores estudien dos, o quizá tres operaciones durante un periodo largo. La segunda técnica, incluye los estudios de muestreo del trabajo. Este método requiere tomar un número grande de observaciones aleatorias, por lo que se necesita solo tiempo parcial o intermitente del observador. En este método, no se usa el cronómetro, pues el observador solo camina por el área en estudio en tiempos aleatorios y anota lo que hace el operario.

Para este trabajo se utilizó el primer método, para el que, en el momento de tomar el tiempo cronometrado u observado, se evalúa también al operario. El procedimiento fue hecho para los 22 lotes, de los cuales fueron obtenidos los datos.

Para el análisis de los suplementos de cada operación, son tomados en cuenta los suplementos constantes y los suplementos variables. Los suplementos constantes, incluyen aspectos como las necesidades personales que ocasionan suspensiones del trabajo, para mantener el bienestar del empleado, por ejemplo, beber agua e ir al sanitario. Las condiciones generales de trabajo, y el tipo de tarea influyen en el tiempo requerido para las demoras personales. Otro aspecto a considerar dentro de los suplementos es la fatiga básica, la que es una constante que toma en cuenta la energía consumida para llevar a cabo el trabajo, y aliviar la monotonía.

Otra parte de los suplementos son los suplementos variables, entre los cuales están la postura anormal, como estar de pie, agachado, etc., también la fuerza muscular. La Tabla VII presenta la tabla de suplementos recomendados por ILO (International Labour Office), además de los valores que se tomaron para el cálculo de los suplementos del presente trabajo de graduación.

Debe tomarse en cuenta que como el proceso es el mismo, los suplementos calculados son los mismos para todos los lotes de producción, o en otras palabras, para cada proceso evaluado. La tabla de suplementos queda de la siguiente manera:

Tabla VII. Tabla de suplementos constantes y variables

Suplementos	Datos según ILO	Datos considerados para el cálculo de suplementos
A. Suplementos constantes:		
a. Suplemento personal	5.....	5
b. Suplemento por fatiga básica	4.....	4
B. Suplementos variables		
a. Suplementos por estar de pie	2.....	2
b. Suplemento por posición anormal:		
i. Un poco incomoda.....	0.....	0
ii. Incomoda (agachado).....	2.....	x
iii. Muy incómoda (tendido, estirado).....	7.....	x
c. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar, empujar). Peso levantado, en libras:		
i. 5	0.....	x
ii. 10	1.....	x
iii. 15	2.....	x
iv. 20	3.....	x
v. 25	4.....	x
vi. 30	5.....	x
vii. 35	7.....	x
viii. 40	9.....	x
ix. 45	11.....	11
x. 50	13.....	x
xi. 60	17.....	x
xii. 70	22.....	x

d. Mala iluminación:		
i. Un poco debajo de la recomendada.....	0	0
ii. Bastante menor que la recomendada.....	2	x
iii. Muy inadecuada	5	x
e. Condiciones atmosféricas (calor, humedad) – variable.....	0-100	45
f. Atención requerida:		
i. Trabajo bastante fino	0	0
ii. Trabajo fino o preciso	2	x
iii. Trabajo muy fino y muy preciso	5	x
g. Nivel de ruido:		
i. Continuo	0	0
ii. Intermitente-fuerte	2	x
iii. Intermitente-muy fuerte	5	x
iv. De tono alto-fuerte.....	5	x
h. Estrés mental:		
i. Proceso bastante complejo	1	1
ii. Atención compleja o amplia.....	4	x
iii. Muy compleja	8	x
i. Monotonía:		
i. Nivel bajo	0	x
ii. Nivel medio.....	1	1
iii. Nivel alto.....	4	x
j. Tedio:		
i. Algo tedioso.....	0	0
ii. Tedioso.....	2	x
iii. Muy tedioso	5	x

SUMA DE SUPLEMENTOS.....68%

Fuente: Elaboración propia, con base en la tabla de suplementos recomendados por ILO.

Teniendo la suma de los suplementos se calculó el tiempo estándar para cada producción, por lo que los tiempos quedaron de la siguiente manera, según están indicados en la Tabla VIII.

Tabla VIII. Tiempo estándar empleado por el operario durante el llenado de lotes de garrafones, entre mayo y agosto del año 2009

Producción	Total garrafones producidos	Tiempo de producción cronometrado del lote (seg.)	Tn (seg.)	Ts (seg.)
1	54	3332.88	4266.09	7167.03
2	60	3646.20	4667.14	7840.79
3	50	3026.00	3752.24	6303.76
4	52	3173.56	3998.69	6717.79
5	64	3954.08	4982.14	8370.00
6	50	2988.25	3645.67	6124.72
7	45	2708.77	3169.26	5324.26
8	60	3690.15	4206.77	7067.38
9	53	3275.00	4028.25	6767.46
10	54	3280.64	3903.96	6558.66
11	57	3507.21	4313.87	7247.30
12	65	4004.81	5046.06	8477.38
13	45	2808.00	3341.52	5613.75
14	54	3347.60	3916.69	6580.04
15	63	3820.32	4737.20	7958.49
16	62	3806.49	4643.92	7801.78
17	61	3746.62	4720.74	7930.85
18	54	3274.02	3896.08	6545.42
19	54	3315.74	3945.73	6628.83
20	54	3255.26	3873.76	6507.92
21	50	3025.126	3630.15	6098.65
22	48	2888.64	3437.48	5774.97
Total	1209	73875.36	90123.40	151407.31

Fuente: Elaboración propia, con base en la Tabla VI y los cálculos de suplementos realizados.

Para la obtención del tiempo estándar, T_s , para cada lote o producción fue multiplicado el valor 1.68, resultado del 68% más la unidad, por cada cantidad de tiempo normal, T_n .

De la misma manera que se han calculado los tiempos promedio teniendo de referencia los datos de las tablas anteriores, se calculó el promedio para el tiempo estándar del operario, pudiendo así calcular la productividad del personal actual. El cálculo del tiempo estándar promedio fue determinado de la siguiente manera:

$$\textit{Tiempo estandar promedio} = \frac{(7167.03 + 7840.79 + 6303.76 + \dots + 5774.97)}{22}$$

$$\textit{Tiempo estandar promedio} = 6886.15 \textit{ segundos/lote}$$

Para calcular la productividad del personal actual se tomó el tiempo estándar promedio y el número promedio de garrafones producidos por lote, lo cual se calculó de la siguiente manera:

$$\textit{Productividad actual} = \frac{54.9545 \textit{ garrafones}}{6886.15 \textit{ segundos}} = 0.00798 \textit{ garrafones/segundo}$$

$$\textit{Productividad actual} = 0.00798 \textit{ garrafones/segundo}$$

2.6.2. Personal teórica

Para el cálculo de la productividad del personal teórica, se tomó al igual que en el cálculo de la máquina de llenado teórica, la resta del tiempo cronometrado del operario menos el tiempo cronometrado de reproceso por lote producido, ya que ese es un tiempo perdido tanto para la máquina como para el operario; esto se resume en la tabla siguiente, la cual muestra el tiempo de reproceso por cada dos garrafones, el factor de calificación del operario, así como también el tiempo cronometrado, el tiempo normal y finalmente el tiempo estándar.

Tabla IX. Tiempo estándar óptimo empleado por el operario durante el llenado de lotes de garrafones, entre mayo y agosto del año 2009.

Producción	Tiempo de reproceso por lote (seg.)	Factor calif.	Tolerancia	Tiempo cronometrado-reproceso (seg.)	Tn (seg.)	Ts (seg.)
1	180.07	1.28	68%	3152.28	4035.60	6779.80
2	228.75	1.28	68%	3417.45	4374.34	7348.88
3	183.90	1.24	68%	2842.10	3524.20	5920.66
4	138.00	1.26	68%	3035.56	3824.81	6425.67
5	189.45	1.26	68%	3764.63	4743.43	7968.97
6	161.15	1.22	68%	2827.10	3449.06	5794.42
7	151.58	1.17	68%	2557.19	2991.91	5026.41
8	239.70	1.14	68%	3450.45	3933.51	6608.30
9	168.70	1.23	68%	3106.30	3820.75	6418.86
10	153.50	1.19	68%	3127.14	3721.50	6251.78
11	138.16	1.23	68%	3369.05	4143.93	6961.80
12	142.68	1.26	68%	3862.13	4866.28	8175.36
13	100.88	1.19	68%	2707.13	3221.48	5412.08
14	149.16	1.17	68%	3198.44	3742.17	6286.85
15	221.40	1.24	68%	3598.92	4462.66	7497.27
16	222.90	1.22	68%	3583.59	4371.98	7344.93
17	156.88	1.26	68%	3589.75	4523.08	7598.77
18	137.94	1.19	68%	3136.08	3731.81	6269.65
19	163.80	1.19	68%	3151.94	3750.81	6301.36
20	144.10	1.19	68%	3111.17	3702.29	6219.84
21	219.11	1.20	68%	2860.02	3367.23	5656.94
22	176.30	1.19	68%	2712.35	3227.69	5422.52
Total	3768.09			70107.28	85530.44	143691.14

Fuente: Elaboración propia, con base en los datos obtenidos en el inciso 2.6.1

El tiempo estándar promedio es utilizado para el cálculo de la productividad por lo cual resulta:

$$\begin{aligned} \textit{Tiempo estándar promedio} &= \frac{(6779.80 + 7348.88 + 5920.66 + \dots + 5422.52)}{22} \\ &= 6531.42 \textit{ segundos/lote} \end{aligned}$$

Tomando la cantidad de garrafones producidos por lote, la productividad personal teórica resulta de la siguiente manera:

$$\textit{Productividad teórica} = \frac{54.9545 \textit{ garrafones}}{6531.42 \textit{ segundos}} = 0.00841 \textit{ garrafones/segundo}$$

$$\textit{Productividad teórica} = 0.00841 \textit{ garrafones/segundo}$$

El resultado de la productividad teórica personal no representa gran diferencia con respecto a la productividad personal actual, esto ocurre debido a que en el tiempo total del proceso, el tiempo equivalente al reproceso no manifiesta ser muy significativo, en grandes cantidades de producción sí puede llegar a repercutir la situación expuesta.

2.7. Productividad de materiales

Los materiales empleados para la elaboración del producto son: tapones, selladores, el envase o garrafón y el agua purificada, la cual es considerada como la materia prima del producto. Debe tenerse en cuenta que el garrafón es utilizado nuevamente, y que el desperdicio o sobrante es parte de agua

purificada que queda dentro del garrafón, la cual en el momento del llenado es previamente desechada.

2.7.1. Materiales actuales

De los materiales utilizados en la producción de garrafones, el agua purificada, que es la materia prima de dicho producto, es el aspecto a analizar en la etapa del llenado de garrafón. Para el cálculo del desperdicio de agua purificada en el llenado, se tomaron muestras por cada cuatro garrafones, en botellas que representan otros productos de la empresa. Primeramente se pesaron las botellas vacías y luego se pesaron con el agua purificada, que normalmente es desechada en el momento de llenado del garrafón. Esto proporcionó un dato muy importante, ya que por medio del peso de la botella llena, menos el peso de la botella vacía, se puede obtener el peso del agua que contiene. La tabla siguiente proporciona los datos medios obtenidos por cada 4 garrafones que se llenan, y por último la cantidad de agua en gramos que se desperdicia por lote de producción:

Tabla X. Cálculo del agua purificada desperdiciada por lote de garrafones producidos, realizado durante los meses de mayo a agosto del año 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Masa de agua desperdiciada por 4 garrafones (gr.)	Masa de botella vacía por lote (gr.)	Masa de agua desperdiciada por lote (gr.)
1	54	828	594	11178.00
2	60	820	660	12300.00
3	50	750	550	9375.00
4	52	965	572	12545.00
5	64	895	704	14320.00
6	50	985	550	12312.50
7	45	769	594	8651.25
8	60	798	660	11970.00
9	53	856	583	11342.00
10	54	856	594	11556.00
11	57	965	627	13751.25
12	65	758	715	12317.50
13	45	956	495	10755.00
14	54	875	594	11812.50
15	63	968	693	15246.00
16	62	895	682	13872.50
17	61	828	671	12627.00
18	54	820	594	11070.00
19	54	750	594	10125.00
20	54	965	594	13027.50
21	50	895	550	11187.50
22	48	985	528	11820.00
Total	1209	19182	13299	263161.50

Fuente: Elaboración propia, con base en información obtenida y calculada en la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A., año 2009.

Debe considerarse que los cálculos de las masas de las botellas vacías están representados en dos botellas por cada 4 garrafones llenados, esto

sucede ya que antes de que el garrafón sea transportado al área de sellado, los cuatro garrafones se dejan a un nivel de agua previsto con el fin de dejar un vacío, dicho proceso es independiente del reproceso que se tiene en los dos garrafones, ya que puede presentarse en cualquier garrafón. Tomando en cuenta los datos obtenidos en la tabla anterior, se procede a calcular el peso promedio por lote de agua desperdiciada, y el peso promedio de botella vacía por cada lote. Esto queda de la siguiente manera:

$$\text{Peso promedio de agua} = \frac{(11178 + 12300 + 9375 + \dots + 11820)}{22}$$

$$\text{Peso promedio de agua} = 11961.89 \frac{\text{gr.}}{\text{lote}}$$

$$\text{Peso promedio botella vacía} = \frac{(594 + 660 + 550 + \dots + 528)}{22}$$

$$\text{Peso promedio botella vacía} = 604.5 \frac{\text{gr.}}{\text{lote}}$$

Tomando en cuenta los datos obtenidos, se procede a calcular el peso promedio del agua por lote.

$$\text{Peso promedio del agua} = \text{Peso de botella con agua} - \text{peso de botella vacía}$$

$$\text{Peso promedio del agua} = 11961.89 \text{ gr.} - 604.5 \text{ gr.}$$

$$\text{Peso promedio del agua} = 11357.39 \text{ gr.}$$

Considerando que la densidad del agua es conocida, ésta es utilizada utilizarla para calcular el volumen de agua desperdiciada; teniendo en cuenta que en un sistema ideal el agua (H_2O) tiene el valor de densidad siguiente:

$$\text{Densidad del agua} = 1 \text{ gr./cm}^3$$

Y aplicando la fórmula mostrada a continuación:

$$\gamma = \frac{m}{v}$$

Donde:

γ = Densidad del agua

m = Masa del agua obtenida

v = Volumen del agua

Seguidamente, se obtiene el volumen promedio de agua desperdiciada por cada lote de producción, procediendo a hacer el cálculo siguiente:

$$\text{Volumen promedio de agua desperdiciada} = \frac{11357.39 \text{ gr.}}{1 \frac{\text{gr.}}{\text{cm}^3}}$$

$$\text{Volumen promedio de agua desperdiciada} = 11357.39 \text{ cm}^3$$

El volumen obtenido equivale a un promedio de 11.36 litros de agua desperdiciada por cada lote de producción.

2.7.2. Materiales teóricos

Para determinar el consumo de materiales teóricos, se toma al igual que en el numeral anterior, la materia prima a utilizar. Los materiales utilizados actualmente, representan la misma cantidad que teóricamente deberían de ser aplicados. El consumo de materia prima es determinado con base al supuesto de la no existencia de desperdicios por cada cuatro garrafones, lo que representaría cero desperdicios de materia prima, aumentando así la productividad y la calidad del proceso.

2.8. Productividad de energía

La productividad de energía se realiza en base a la cantidad de energía que la bomba de alimentación de todos los sistemas (dicha bomba alimenta los depósitos de agua que cada máquina llenadora tiene en su sistema, previo al llenado) y la bomba que alimenta la máquina llenadora de garrafones, consumen en el tiempo que son utilizadas para llenar los lotes de cada uno de los garrafones.

2.8.1. Energía actual

La energía utilizada en las dos bombas mencionadas en el numeral anterior es calculada multiplicando por dos la energía consumida por una de las bombas, pudiendo hacer esto debido a que ambas poseen las mismas características o especificaciones de fabricación.

Para determinar el consumo de energía, es considerada la potencia del motor de la bomba en kw, que luego es multiplicada por el tiempo que dura la producción de cada lote, dando esto como resultado el consumo de energía en kwh.

Tomando en cuenta que el motor tiene una potencia de 5 Hp, y que el factor de conversión es de 0.756 kw por cada 1 Hp, los cálculos dan los siguientes resultados:

$$Potencia\ bomba\ (kw) = potencia\ bomba\ (Hp) * \frac{0.756\ kw}{1\ Hp}$$

$$Potencia\ bomba\ (kw) = 5Hp * \frac{0.756\ kw}{1\ Hp}$$

$$Potencia\ bomba\ (kw) = 3.78\ kw$$

El resultado anteriormente obtenido, es multiplicado por el tiempo en horas empleado para producir un lote garrafones, el cual es indicado en la

siguiente tabla; cada uno de los resultados es expresado como un consumo en kwh:

Tabla XI. Cálculo del consumo de energía eléctrica actual por lote, realizado durante los meses de mayo a agosto del año 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Total garrafones reprocesados	Tiempo de llenado del lote (seg.)	Tiempo de llenado del lote (hr.)	Potencia (kw.)	Consumo (kw.hr.)
1	54	22	624.38	0.1734	3.78	0.6556
2	60	30	642.75	0.1785	3.78	0.6747
3	50	30	509.50	0.1415	3.78	0.5350
4	52	24	530.66	0.1474	3.78	0.5572
5	64	30	654.08	0.1817	3.78	0.6868
6	50	22	518.75	0.1441	3.78	0.5447
7	45	22	457.09	0.1270	3.78	0.4799
8	60	30	638.40	0.1773	3.78	0.6703
9	53	20	604.47	0.1679	3.78	0.6347
10	54	20	549.32	0.1526	3.78	0.5768
11	57	22	577.41	0.1604	3.78	0.6063
12	65	24	651.95	0.1811	3.78	0.6845
13	45	15	517.28	0.1437	3.78	0.5431
14	54	22	616.28	0.1712	3.78	0.6471
15	63	30	635.51	0.1765	3.78	0.6673
16	62	30	624.03	0.1733	3.78	0.6552
17	61	25	618.54	0.1718	3.78	0.6495
18	54	22	557.82	0.1550	3.78	0.5857
19	54	24	575.51	0.1599	3.78	0.6043
20	54	23	542.03	0.1506	3.78	0.5691
21	50	27	515.38	0.1432	3.78	0.5411
22	48	23	510.48	0.1418	3.78	0.5360
Total	1209	537	12671.58	3.5199	83.16	13.3052

Fuente: Elaboración propia, con base en datos obtenidos del sistema eléctrico en la planta de la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A. año 2009.

De los resultados obtenidos en la tabla, se calcula la productividad promedio del consumo en kwh, lo cual da:

$$\textit{Productividad promedio de consumo} = \frac{\sum \textit{Consumo}}{\textit{cantidad de lotes evaluados}}$$

$$\textit{Productividad promedio de consumo} = \frac{13.3052}{22}$$

$$\textit{Productividad promedio de consumo} = 0.6048 \textit{ kwh/lote}$$

Como se comentó anteriormente, dicha productividad debe ser multiplicada por dos, ya que se cuenta con dos bombas en todo el sistema, por lo cual la productividad promedio de consumo queda de la siguiente manera:

$$\textit{Productividad promedio de consumo} = 0.6048 \textit{ kwh/lote} * 2$$

$$\textit{Productividad promedio de consumo} = 1.2096 \textit{ kwh/lote}$$

Este resultado muestra, la productividad promedio de consumo de energía por cada lote de producción, evaluando las dos bombas en función.

2.8.2. Energía teórica

El cálculo de la productividad teórica es realizado de la misma manera que en el numeral anterior, considerando para el cálculo, solo el tiempo de llenado ideal de los garrafones, esto significa no tomar en cuenta el tiempo de reproceso que utilizado.

La tabla siguiente muestra los datos y cálculos necesarios para dicha evaluación.

Tabla XII. Cálculo del consumo de energía eléctrica teórico por lote, correspondiente a los meses de mayo y agosto del año 2009.

Producción	Tiempo de llenado por lote (seg.)	Tiempo de reproceso por lote (seg.)	Tiempo de llenado óptimo (seg.)	Tiempo de llenado óptimo (hr.)	Potencia (kw.)	Consumo (kw.hr.)
1	624.38	221.00	403.39	0.1121	3.78	0.4236
2	642.75	228.75	414.00	0.1150	3.78	0.4347
3	509.50	153.25	356.39	0.0990	3.78	0.3742
4	530.66	149.50	381.16	0.1059	3.78	0.4002
5	654.08	202.08	452.00	0.1256	3.78	0.3524
6	518.75	183.13	335.63	0.0932	3.78	0.3524
7	457.09	155.03	302.07	0.0839	3.78	0.3172
8	638.40	239.70	398.70	0.1108	3.78	0.4186
9	604.47	223.53	380.94	0.1058	3.78	0.4000
10	549.32	207.23	342.10	0.0950	3.78	0.3592
11	577.41	178.98	398.43	0.1107	3.78	0.4184
12	651.95	193.21	458.74	0.1274	3.78	0.4817
13	517.28	151.31	365.97	0.1017	3.78	0.3843
14	616.28	183.06	433.22	0.1203	3.78	0.4549
15	635.51	232.47	403.04	0.1120	3.78	0.4232
16	624.03	230.33	393.70	0.1094	3.78	0.4134
17	618.54	191.39	427.15	0.1187	3.78	0.4485
18	557.82	169.29	388.53	0.1079	3.78	0.4080
19	575.51	184.28	391.24	0.1087	3.78	0.4108
20	542.03	169.16	372.15	0.1034	3.78	0.3908
21	515.38	202.28	312.51	0.0868	3.78	0.3281
22	510.48	183.96	326.52	0.0907	3.78	0.3428
Total	12671.58	4233.49	8438.10	2.3438	83.16	8.8595

Fuente: Elaboración propia, con base en los datos obtenidos del sistema eléctrico de la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A. año 2009

De la misma manera en que se calculó la productividad promedio de consumo en el numeral 2.8.1., son hechos los cálculos para obtener la productividad promedio de consumo óptimo, lo cual queda de la siguiente manera.

$$\textit{Productividad promedio de consumo óptimo} = \frac{\sum \textit{Consumo óptimo}}{\textit{cantidad de lotes evaluados}}$$

$$\textit{Productividad promedio de consumo óptimo} = \frac{8.8595 \textit{ kwh}}{22 \textit{ lotes}}$$

$$\textit{Productividad promedio de consumo óptimo} = 0.4027 \textit{ kwh/lote}$$

El resultado obtenido es multiplicado por dos, debido a que el sistema cuenta con dos bombas con las mismas características técnicas. Los cálculos quedan como sigue:

$$\textit{Productividad promedio de consumo óptimo} = 0.4027 \textit{ kwh/lote} * 2$$

$$\textit{Productividad promedio de consumo óptimo} = 0.8054 \textit{ kwh/lote}$$

Este resultado muestra la productividad promedio de consumo óptimo de energía por cada lote de producción, el cual al no incluir el tiempo de reproceso, resulta siendo menor al resultado obtenido en el numeral anterior.

2.9. Tiempo perdido en operación

Los tiempos perdidos en operación, son aquellos utilizados para que el producto vuelva a pasar por la línea de producción, o cuando el operario debe realizar algún tipo de modificación en los controles, o en la forma en que se realiza el proceso, para que el producto cuente con las especificaciones requeridas.

2.9.1. Tiempo perdido por falla

Esta clase de tiempo se presenta, cuando alguna parte de la máquina produce algún error o falla en un momento de producción, provocando de esta manera, tiempos perdidos por reparación de una pieza, que en determinadas ocasiones es de suma importancia para todo el funcionamiento. Este tipo de pérdida de tiempo, no ocurre en la actualidad, ya que la máquina llenadora funciona en su totalidad, además de que, no está compuesta de mecanismos muy complicados que puedan generar grandes problemas. La mayor parte del tiempo perdido en ella, está en el reproceso de parte de cada uno de los lotes de producción que se planifican.

2.9.2. Tiempo perdido por reproceso

El tiempo perdido por reproceso, se refiere al tiempo que el operario emplea en colocar cada uno de los garrafones de nuevo en la línea de producción, para lograr el llenado adecuado por cada cuatro garrafones. También incluye el tiempo que el operario utiliza en vaciar la cantidad necesaria

de agua en el garrafón después del llenado, para que el nivel de agua sea el adecuado y se genere el vacío requerido.

La tabla muestra los tiempos perdidos en reproceso de cada uno de los lotes que han sido analizados anteriormente.

Tabla XIII. Tiempo de reproceso por lote, obtenidos por mediciones efectuadas de mayo a agosto del año 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Total garrafones reprocesados	Tiempo de reproceso por cada 4 garrafones	Tiempo de reproceso por lote
1	54	22	16.37	90.04
2	60	30	15.25	114.38
3	50	30	12.60	94.50
4	52	24	11.30	67.80
5	64	30	12.63	94.73
6	50	22	15.36	84.48
7	45	22	15.33	84.32
8	60	30	14.32	107.40
9	53	20	12.35	61.75
10	54	20	12.65	63.25
11	57	22	11.25	61.88
12	65	24	16.54	99.24
13	45	15	15.65	56.69
14	54	22	13.54	74.47
15	63	30	13.25	99.38
16	62	30	14.32	107.40
17	61	25	15.36	96.00
18	54	22	16.32	89.76
19	54	24	11.30	67.80
20	54	23	11.36	65.32
21	50	27	12.33	83.23
22	48	23	15.20	87.40
Total	1209	537	304.58	1853.19

Fuente: Elaboración propia, con base en información obtenida en la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A., año 2009

El cálculo del tiempo promedio de reproceso por lote, se realiza de la misma forma que han sido obtenidos resultados anteriores, logrando así el promedio del tiempo por lote perdido en el proceso. El cálculo en mención queda indicado como sigue:

$$\begin{aligned} \textit{Tiempo promedio reproceso} &= \frac{(90.04 + 114.38 + 94.50 + \dots + 87.40)}{22} \\ &= 84.2359 \textit{ segundos/lote} \end{aligned}$$

3. PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MAQUINARIA

3.1. Máquina llenadora de garrafones

Como propuesta de mejoramiento, para la producción de garrafones de agua pura de la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A., se decidió la mejora de la máquina llenadora de garrafones, teniendo como base de dicha decisión, la consecución en esa máquina, de la mayor parte de los problemas que afectan al proceso, considerando entre estos, las pérdidas de tiempo de maquinaria, el tiempo perdido del operario, y mal funcionamiento de la máquina en sí.

3.1.1. Acondicionamiento

Dentro del acondicionamiento de la maquinaria, se presenta la propuesta del mejoramiento de los sistemas o partes más importantes de la máquina llenadora de garrafones. En algunos casos se logró realizar mejoras, que implicaron en gran manera cambios importantes en el funcionamiento de la máquina, en otros, ha quedado únicamente como propuesta u observación hecha, tal y como es indicado al principio de este párrafo.

3.2. Sistemas a mejorar

Todos los sistemas están conectados al sistema PLC, el cual los controla, aunque los sistemas funcionan por medio de switches y temporizadores, ya que el sistema PLC no funciona en forma adecuada.

3.2.1. Sistema de llenado

El sistema de llenado está compuesto por cuatro válvulas, las que se accionan por medio de un soporte, este a su vez es accionado por el cilindro neumático.

Las cuatro válvulas antes mencionadas, tienen un accionamiento de retorno por muelle, que al momento de bajar y entrar en la boquilla de los cuatro garrafones se levantan, introduciendo el sistema de inyección el producto dentro del garrafón, o sea agua pura.

Dicho sistema de inyección se encuentra en condiciones adecuadas de funcionamiento, ya que su diseño es sencillo y no da complicaciones, este sistema será calibrado, midiendo la altura debida para el accionamiento de la válvula, la abertura de los inyectores en el momento del accionamiento y la tubería, ya que esta presenta ciertos dobleces que hacen que la presión con la que se llega a cada pistón sea menor.

Se tuvo la oportunidad de realizar algunas de las mejoras antes mencionadas en el sistema de llenado, estas se detallan a continuación:

- Se desmontó el pistón neumático para su revisión.
- Se desmontaron los pistones para su revisión.
- Se lubricaron las válvulas por exceso de resequedad.
- Se calibró la altura a la que deben ser abiertas las válvulas (la altura se calibró bajando la estructura que sostiene las cuatro válvulas).
- A través de la calibración del sistema neumático, aumentó la presión en el cilindro neumático, el cual proporcionó mayor fuerza para lograr abrir las válvulas.
- Se reinstaló la tubería que alimenta a los pistones de llenado, para que no presentaran ningún tipo de doblez que redujera el caudal del llenado.
- Terminadas las mejoras se rearmó todo el sistema de la máquina y se realizaron pruebas.

3.2.2. Sistema neumático

El sistema neumático presenta problemas de accionamiento, dicho sistema está compuesto por dos cilindros neumáticos, dos electroválvulas y una unidad de mantenimiento.

Al sistema neumático no le es dado un mantenimiento adecuado, provocando que los cilindros no tengan lubricación por medio del aire comprimido, creando en estos un desgaste excesivo. Las electroválvulas no poseen los filtros requeridos para cada una, aunque funcionan de forma adecuada no están en las condiciones apropiadas para el sistema.

El mayor problema que presenta el sistema neumático es el accionamiento y control del mismo, así como las conexiones al sistema de aire comprimido, mal elaboradas, lo cual provoca que solo una de las dos electroválvulas logre ser accionada.

De los problemas antes mencionados, oportunamente fueron realizadas las mejoras necesarias siguientes:

- Calibración de de las válvulas de paso de las unidades de mantenimiento.
- Calibración del nivel de presión que debe manejar el sistema neumático.
- Mejora de las conexiones, dejando un sistema ordenado y eficiente para la realización del trabajo.
- Se cambiaron los filtros de las unidades de mantenimiento.
- Se realizó el purgado del sistema, así como la aplicación de aceite para su lubricación.

3.2.3. Sistema de taponado

El sistema de taponado consta de una polea que acciona una banda, la cual posee diferentes ángulos de accionamiento, los cuales en el momento que el garrafón pasa por debajo de la banda, ésta presiona el tapón hacia abajo, provocando que el tapón selle la boquilla. Dicho sistema no está actualmente en operación, ya que provocaba la destrucción del tapón, generando así desperdicios y tiempos perdidos.

La taponadora será instalada nuevamente en la máquina llenadora de garrafrones, también será calibrada en altura y velocidad, para evitar la destrucción que se provoca actualmente en el tapón de cada garrafón, y así lograr reducir los desperdicios de tapones, además de sustituir el tiempo manual de taponado del garrafón, por un taponado semiautomático.

3.2.4. Sistema PLC (Reprogramación)

Se realizó la reprogramación del sistema PLC, de lo cual se adolecía antes de iniciar el presente trabajo de graduación. Dicha programación fue efectuada con base en el manual del usuario, perteneciente a dicho sistema, el cual fue obtenido vía web en la página de Control Techniques (www.controltech.com). Control Techniques es la marca del sistema PLC.

El manual detalla de una forma muy sencilla las formas de programación para cada uno de los sistemas que se desea manejar; dentro del contenido del manual está por ejemplo, la información de seguridad, datos técnicos del PLC, forma de instalación, manejo y programación, lista de parámetros y otros contenidos más generales. Con base a lo antes mencionado fue realizada la reprogramación.

Dentro de los parámetros que se utilizaron para la reprogramación, se encuentra el más importante, o sea el tiempo, ya que con base a éste se determina el tiempo y velocidad de funcionamiento de la banda transportadora,

así como del accionamiento del sistema neumático para el llenado de los garrafones.

3.2.5. Sistema hidráulico

El sistema hidráulico consta de un motor eléctrico de 5 Hp trifásico, que proporciona la potencia para la alimentación del agua purificada hacia el sistema de llenado, también se toman en cuenta como parte del sistema hidráulico, la tubería que alimenta cada uno de los inyectores y la tubería de retorno de producto al tanque de almacenamiento, los cuales tienen la función de recircular el agua en el momento que el garrafón ya está lleno, y el sistema de llenado sigue accionado.

La tubería es lavada como parte del mantenimiento que la empresa brinda a la máquina llenadora, lo cual se basa en las buenas prácticas de manufactura por el tipo de producto que se está produciendo; la tubería se acondicionará de tal manera que no exista ningún tipo de doblez u obstrucciones para el paso del agua, ya que esto puede provocar irregularidad del paso del agua hacia el sistema de llenado.

Dentro de las mejoras que se lograron realizar en este sistema fue impedir las fugas de agua del sistema y de las tuberías, cambiando abrazaderas o empaques, además se cambiaron las partes oxidadas, de las cuales las partes nuevas como tornillos en su mayoría fueron bañadas en aceite antes de su colocación para evitar la corrosión.

3.2.6. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico presenta problemas de conexiones; no cuenta con instalaciones ordenadas, lo que dificulta la instalación de nuevos equipos, y en diferentes situaciones el acceso a reparar sistemas que están interconectados con el sistema PLC.

Las conexiones eléctricas que se encuentran dentro del tablero eléctrico serán revisadas de forma minuciosa, ordenando cada una de ellas, e identificando sus respectivas protecciones. Esto se realizará con el fin de contar con un tablero ordenado, seguro e identificable en sus cargas que posea, ya que dentro de las cargas que posee uno de los sistemas es de 240v trifásico, el cual debe estar plenamente identificado.

3.2.7. Sistema de bandas transportadoras

Al sistema de bandas transportadoras, se le dará un mantenimiento correcto, lubricando la cadena que da el accionamiento al eje de la banda, también se cambiará el aceite que utiliza la caja reductora.

Estos procedimientos ayudarán a que la banda trabaje de forma eficiente, evitando así el consumo de energía excesivo y también manteniendo un nuevo control en la caja reductora, ya que esta no ha recibido ningún tipo de mantenimiento desde el momento de su instalación.

Además del mantenimiento a los sistemas de potencia de la banda transportadora, también se revisaran todas las conexiones y funcionamiento adecuado, como por ejemplo el sistema eléctrico y el sistema de control programable.

3.3. Impacto en la productividad

Cada uno de los acondicionamientos hechos y por hacerse en las distintas partes de la máquina llenadora incidirá en un aumento de la productividad. Esto se explica en que, se estará realizando la misma cantidad de producción, pero en un tiempo menor de operación, logrando de esa manera utilizar menos energía, mano de obra directa, etc.

3.4. Productividad por mejoramiento

Para el cálculo de la productividad por mejoramiento, se deben tomar en cuenta los tiempos empleados en la producción de un lote. Esto quiere decir, a manera de ejemplo, que se toma el tiempo que emplea el operario más el tiempo de la máquina, este resultado es dividido por el número de unidades producidas.

La productividad en relación a la energía y materiales aplicados en la producción, no son tomados en cuenta dentro del cálculo mencionado en el párrafo anterior, debido a que ambos elementos están relacionados con los rendimientos dentro de la producción.

3.4.1. Antes del acondicionamiento

Con base a los cálculos, tablas y contenidos desarrollados en el capítulo dos del presente trabajo de graduación, se efectúa a continuación el cálculo de la productividad total de la línea de producción, previo a la realización de mejoras en los sistemas componentes de la máquina llenadora.

$$\textit{Productividad linea} = \frac{\textit{Cantidad garraiones promedio}}{\textit{Tiempo promedio maquina} + \textit{Tiempo promedio operario}}$$

$$\textit{Productividad linea} = \frac{54.9545}{575.98 + 6886.15}$$

$$\textit{Productividad linea} = 0.007364 \textit{ Garraiones/segundo}$$

3.4.2. Después del acondicionamiento

Una vez realizado el acondicionamiento de los sistemas correspondientes a la máquina llenadora, el cual es expuesto del numeral 3.2.1 al 3.2.7, se calcularon los tiempos estándar del operario y de la máquina llenadora de garraiones. Dichos tiempos fueron considerados para evaluar nuevamente la productividad, teniendo en cuenta diferentes cantidades de garraiones que se reprocessan (esto como consecuencia de las mejoras a los

sistemas ya mencionados) y la calificación y tolerancias que se tomaron para el operario.

A continuación se presenta la Tabla XIV, la cual detalla los tiempos obtenidos con cronómetro por cada lote producido en la máquina llenadora de garrafones, ya acondicionada.

Tabla XIV. Garrafones producidos y reprocesados, con tiempos de reproceso, taponado y llenado por lote durante los meses de septiembre a noviembre del año 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Total garrafones reprocesados	Tiempo de llenado de 4 garrafones (seg.)	Tiempo de reproceso por lote (seg.)	Tiempo de taponado por lote (seg.)	Tiempo de llenado óptimo (seg.)
1	48	4	31.23	20.60	96	491.36
2	55	6	30.25	31.38	110	557.32
3	45	5	31.25	30.50	90	472.06
4	48	7	30.36	39.83	96	500.15
5	52	5	30.65	31.60	104	534.05
6	50	7	32.10	41.86	100	543.11
7	50	4	31.24	21.80	100	512.30
8	45	5	31.15	31.75	90	472.19
9	44	6	30.64	38.76	88	463.80
10	55	6	30.85	33.78	110	567.97
11	54	4	31.25	20.96	108	550.84
12	54	4	30.45	21.04	108	540.12
13	50	5	32.14	29.35	100	534.10
14	48	5	31.39	28.75	96	501.43
15	47	7	30.54	45.78	94	498.63
16	47	6	30.98	33.72	94	491.74
17	46	7	31.57	46.06	92	501.12
18	50	7	31.89	35.98	100	534.61
19	51	8	30.98	41.44	102	568.44
20	56	6	30.65	35.76	112	576.86
21	58	5	31.25	26.80	116	595.93
22	45	4	30.45	23.70	90	456.26
Total	1098	123	683.26	711.20	2196	11431.35

Fuente: Elaboración propia, según información obtenida y generada en la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A., año 2009.

Teniendo como referencia la Tabla XIV, se calcula el tiempo óptimo promedio de llenado de la máquina, para poder así realizar la comparación y análisis de la productividad después del acondicionamiento de la máquina.

El cálculo del tiempo óptimo promedio de llenado de la máquina por lote, se obtiene de la siguiente manera:

$$\textit{Tiempo promedio de la máquina} = \frac{(11431.35)}{22} = 519.61 \textit{ segundos/lote}$$

Para obtener la productividad de la línea, una vez hecho el acondicionamiento de la máquina llenadora, debe de ser calculado el tiempo estándar del operario, el que es evaluado por cada lote de producción.

Para la evaluación del operario, fue desarrollada la información que se expone en la Tabla XV; la forma como fue obtenida y su significado, son dados a conocer a continuación de la tabla indicada.

Tabla XV. Tiempo normal empleado por el operario durante el llenado de lotes de garrafones, de septiembre a noviembre del año 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Hab	Esf	Cond	Cons	Hab	Esf	Cond	Cons	Suma	Fact.	Tc (seg.)	Tn (seg.)
1	48	A2	B1	D	C	0.13	0.1	0	0.01	0.24	1.24	2170.49	2691.41
2	55	B1	B2	D	B	0.11	0.08	0	0.03	0.22	1.22	2468.60	3011.69
3	45	B1	C1	D	C	0.11	0.05	0	0.01	0.17	1.17	1914.50	2239.97
4	48	A1	C1	D	B	0.15	0.05	0	0.03	0.23	1.23	2185.44	2688.09
5	52	A1	B2	D	B	0.15	0.08	0	0.03	0.26	1.26	2349.24	2960.04
6	50	B2	C1	D	C	0.08	0.05	0	0.01	0.14	1.14	2214.60	2524.64
7	50	A2	C1	D	C	0.13	0.05	0	0.01	0.19	1.19	2273.17	2705.07
8	45	A2	B1	D	B	0.13	0.1	0	0.03	0.26	1.26	1897.91	2391.37
9	44	A1	B2	D	C	0.15	0.08	0	0.01	0.24	1.24	1327.92	1646.62
10	55	B2	B2	D	C	0.08	0.08	0	0.01	0.17	1.17	2548.89	2982.20
11	54	B2	C1	D	B	0.08	0.05	0	0.03	0.16	1.16	2506.46	2907.49
12	54	B1	C1	D	C	0.11	0.05	0	0.01	0.17	1.17	2555.65	2990.10
13	50	A1	C1	D	B	0.15	0.05	0	0.03	0.23	1.23	2456.63	3021.65
14	48	A1	B1	D	B	0.15	0.1	0	0.03	0.28	1.28	2214.48	2834.53
15	47	A1	B2	D	B	0.15	0.08	0	0.03	0.26	1.26	1989.68	2507.00
16	47	A2	B2	D	B	0.13	0.08	0	0.03	0.24	1.24	2011.17	2493.84
17	46	A1	B1	D	B	0.15	0.1	0	0.03	0.28	1.28	2004.95	2566.33
18	50	B2	C1	D	C	0.08	0.05	0	0.01	0.14	1.14	2241.06	2554.81
19	51	A2	C1	D	C	0.13	0.05	0	0.01	0.19	1.19	2328.73	2771.19
20	56	A2	C1	D	B	0.13	0.05	0	0.03	0.21	1.21	2579.23	3120.86
21	58	B2	B2	D	C	0.08	0.08	0	0.01	0.17	1.17	2677.54	3132.72
22	45	B2	B2	D	B	0.08	0.08	0	0.03	0.19	1.19	1937.58	2305.72
Total	1098											49453.89	59347.35

Fuente: Elaboración propia, con base en las tablas presentadas en el Anexo 2.

El valor de la tolerancia que corresponde al operario, es el mismo valor que se tomó en cuenta en el análisis de productividad de personal, antes del acondicionamiento en el capítulo dos (las tablas y significados tanto para la calificación y variables en la tabla anterior como en las tolerancias del personal,

pueden ser referidas en la Tabla VII), ya que son bajo las mismas condiciones en que el operario trabaja. El tiempo estándar se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XVI. Tiempo cronometrado, tiempo normal y tiempo estándar empleado por el operario por cada lote de garrafones producidos durante los meses de septiembre a noviembre del 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Tc (seg.)	Tn (seg.)	Tolerancia	Ts (seg.)
1	48	2170.49	2691.41	0.68	4521.56
2	55	2468.60	3011.69	0.68	5059.64
3	45	1914.50	2239.97	0.68	3763.14
4	48	2185.44	2688.09	0.68	4515.99
5	52	2349.24	2960.04	0.68	4972.87
6	50	2214.60	2524.64	0.68	4241.40
7	50	2273.17	2705.07	0.68	4544.52
8	45	1897.91	2391.37	0.68	4017.50
9	44	1327.92	1646.62	0.68	2766.32
10	55	2548.89	2982.20	0.68	5010.09
11	54	2506.46	2907.49	0.68	4884.59
12	54	2555.65	2990.10	0.68	5023.38
13	50	2456.63	3021.65	0.68	5076.37
14	48	2214.48	2834.53	0.68	4762.02
15	47	1989.68	2507.00	0.68	4211.75
16	47	2011.17	2493.84	0.68	4189.66
17	46	2004.95	2566.33	0.68	4311.43
18	50	2241.06	2554.81	0.68	4292.08
19	51	2328.73	2771.19	0.68	4655.59
20	56	2579.23	3120.86	0.68	5243.05
21	58	2677.54	3132.72	0.68	5262.97
22	45	1937.58	2305.72	0.68	3873.61
Total	1098	49453.89	59347.35	---	99199.56

Fuente: Elaboración propia, según información obtenida y procesada en la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A. año 2009.

El tiempo estándar, T_s , es el resultado de multiplicar el tiempo normal, T_n , por 1.68 (tolerancia 0.68 más la unidad, 1).

Debe notarse que el tiempo estándar que se presenta en la tabla anterior, ya tiene calculado el tiempo que el operario utiliza para todo el proceso de producción (desde el tiempo de lavado de los garrafones, hasta el sellado y limpieza).

El tiempo estándar promedio del personal por lote, se calcula de la siguiente manera.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo estándar promedio de personal} &= \frac{(99199.56 \text{ seg.})}{22 \text{ lotes}} \\ &= 4509.07 \text{ segundos/lote} \end{aligned}$$

Para determinar la productividad de línea, debe agregarse el cálculo de cantidad promedio de garrafones producidos, el que es indicado a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad promedio de garrafones} &= \frac{(1098 \text{ garrafones})}{22 \text{ lote}} \\ &= 49.91 \text{ garrafones/lote} \end{aligned}$$

Teniendo estos datos, se calcula la productividad de línea después del acondicionamiento, la cual es.

Productividad de línea después del acondicionamiento =

$$= \frac{49.91 \text{ garraiones/lote}}{4509.07 \frac{\text{seg.}}{\text{lote}} + 519.61 \frac{\text{seg.}}{\text{lote}}}$$

$$= 0.009925 \text{ garraiones/segundo}$$

3.4.3. Teórica

El cálculo de la productividad teórica de la línea, se hace de la misma manera que se realizó la productividad actual de la línea, la diferencia radica en los datos, ya que en este caso se toman el dato del tiempo promedio de producción de la máquina teórica y el tiempo de promedio de producción del personal teórico.

El cálculo queda de la siguiente manera:

$$\text{Productividad línea} = \frac{\text{Cantidad garraiones promedio}}{\text{Tiempo promedio maquina} + \text{Tiempo promedio operario}}$$

$$\text{Productividad línea} = \frac{54.9545 \text{ garraiones/lote}}{6531.42 \frac{\text{seg.}}{\text{lote}} + 383.55 \frac{\text{seg.}}{\text{lote}}}$$

Productividad línea = 0.007947 Garraiones/segundo

3.5. Mejora de la calidad del proceso

Por medio del acondicionamiento de la máquina llenadora de garraiones se ha logrado mejorar la calidad del proceso, reduciendo de gran manera la cantidad de garraiones reprocesados. Dichos datos son expuestos en el siguiente numeral.

3.5.1. Datos estadísticos del funcionamiento

La siguiente tabla muestra la cantidad de garraiones reprocesados por cada lote de producción, al igual que la proporción a la que corresponde.

Tabla XVII. Proporción de garrafones reprocesados en relación a los garrafones producidos de los meses de septiembre a noviembre del año 2009.

Producción	Total garrafones producidos	Cantidad de garrafones reprocesados	Proporción de garrafones reprocesados
1	48	4	0.0833
2	55	6	0.1091
3	45	5	0.1111
4	48	7	0.1458
5	52	5	0.0962
6	50	7	0.1400
7	50	4	0.0800
8	45	5	0.1111
9	44	6	0.1364
10	55	6	0.1091
11	54	4	0.0741
12	54	4	0.0741
13	50	5	0.1000
14	48	5	0.1042
15	47	7	0.1489
16	47	6	0.1277
17	46	7	0.1522
18	50	7	0.1400
19	51	8	0.1569
20	56	6	0.1071
21	58	5	0.0862
22	45	4	0.0888
Total	1098	123	2.4823

Fuente: Elaboración propia, con base en información obtenida en La Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A., año 2009.

3.5.2. Control del funcionamiento

Para analizar los datos estadísticos son utilizadas las fórmulas que fueron aplicadas en el capítulo anterior, numeral 2.4.2; los resultados permitirán realizar un análisis sobre el mejoramiento del proceso desarrollado por la máquina llenadora.

A continuación se realizan los siguientes cálculos para la obtención de los resultados requeridos.

- a) El cálculo de la fracción media de unidades no conformes, el cual representa también al límite de control central:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{k}$$

$$\bar{p} = \frac{(0.0833 + 0.1091 + 0.1111 + \dots + 0.0888)}{22} = 0.1128$$

- b) Límite de control superior:

- Para el cálculo del límite de control superior primero se calcula el tamaño de la muestra media \bar{n} :

$$\bar{n} = \frac{(\sum_{i=1}^n n_i)}{k}$$

$$\bar{n} = \frac{(48 + 55 + 45 + \dots + 45)}{22} = 49.91$$

- Límite de control superior

$$LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$LCS = 0.1128 + 3 \sqrt{\frac{0.1128(1 - 0.1128)}{49.91}} = 0.2471$$

- c) Cálculo del límite de control inferior:

$$LCI = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$LCI = 0.1128 - 3 \sqrt{\frac{0.1128(1 - 0.1128)}{49.91}} = -0.0215$$

Quando el límite de control inferior resulta negativo, tal y como resultó en el cálculo anterior, se toma cero, como valor del límite de control inferior, ya que un resultado negativo no es coherente para datos de procesos de producción y calidad.

3.6. Comparación en el funcionamiento y la productividad

Para tener una comprensión más fácil y resumida, de el análisis que se ha realizado a través de todo el trabajo, fueron elaborados gráficos de comparación del funcionamiento de la maquinaria y de la productividad de la línea, la comparación es hecha, de las situaciones antes mencionadas, antes del acondicionamiento y después del acondicionamiento, haciendo más sencilla la comprensión del trabajo y las mejoras realizadas.

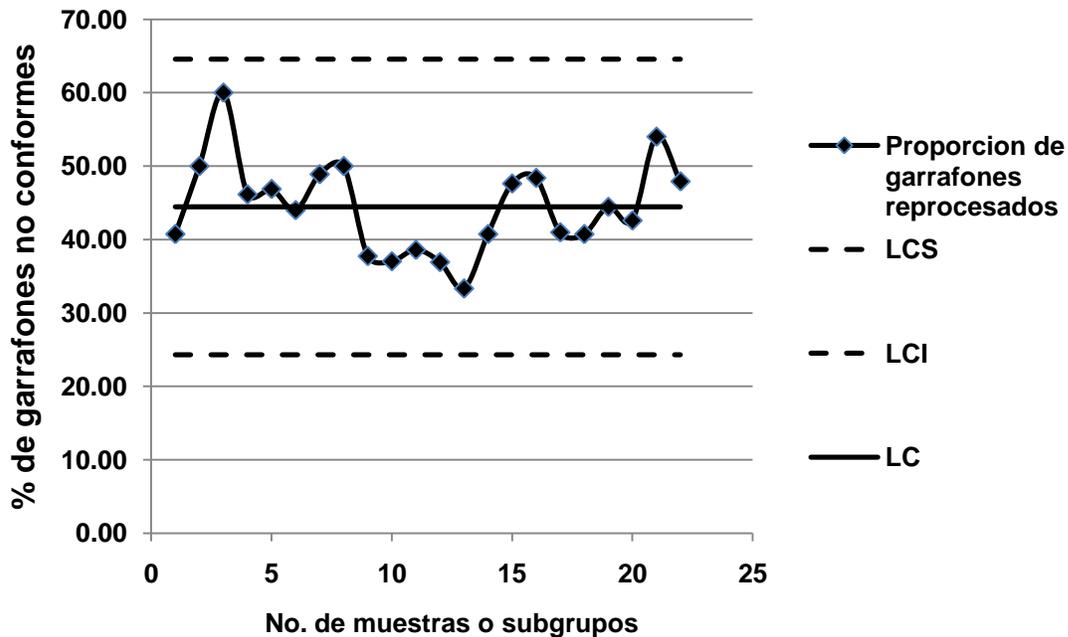
Dicho análisis es presentado en los numerales siguientes.

3.6.1. Análisis del gráfico de funcionamiento de máquina

Para el análisis del gráfico de funcionamiento de máquina, se hace una breve comparación del gráfico antes del acondicionamiento, y después del acondicionamiento, para poder observar de una forma más fácil y detallada el cambio o mejoramiento del proceso.

Seguidamente es mostrado el porcentaje de garrafones de agua pura reprocesados por muestra, antes de darse el acondicionamiento de los sistemas de la máquina llenadora.

1. Porcentaje de garrafones de agua pura reprocesados por muestra.

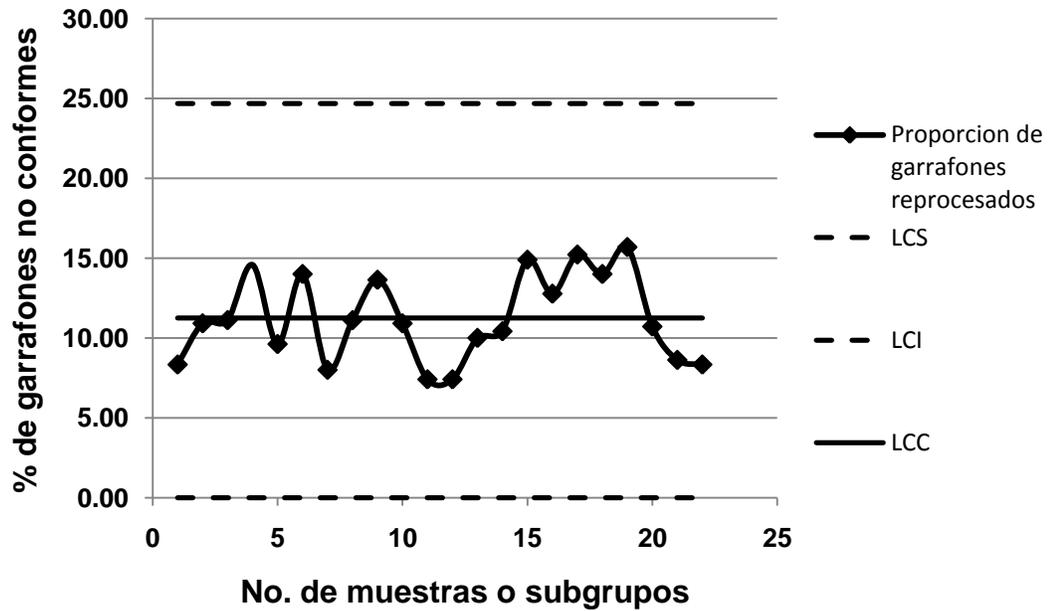


Fuente: Tabla 1, Garrafones de agua pura producidos y reprocesados en el llenado durante el mes de mayo al mes de agosto, año 2009.

El gráfico expuesto anteriormente, es el que fue elaborado para el análisis antes del acondicionamiento, el cual como se puede observar, muestra un porcentaje promedio de garrafones no conformes de alrededor del 44.44% (LC), lo cual es bastante alto para el lote de producción. Es notorio también, el alto rango de los límites de control, obtenidos a partir de los datos de garrafones no conformes.

El siguiente gráfico muestra el porcentaje de garrafones no conformes, después de realizado el acondicionamiento, esto con el fin de comparar los dos gráficos y poder observar las mejoras en el proceso.

Figura 12. Porcentaje de garrafones de agua pura reprocesados por muestra.



Fuente: Tabla XVII, Garrafones de agua pura producidos y reprocesados en el llenado entre los meses de septiembre y noviembre, año 2009.

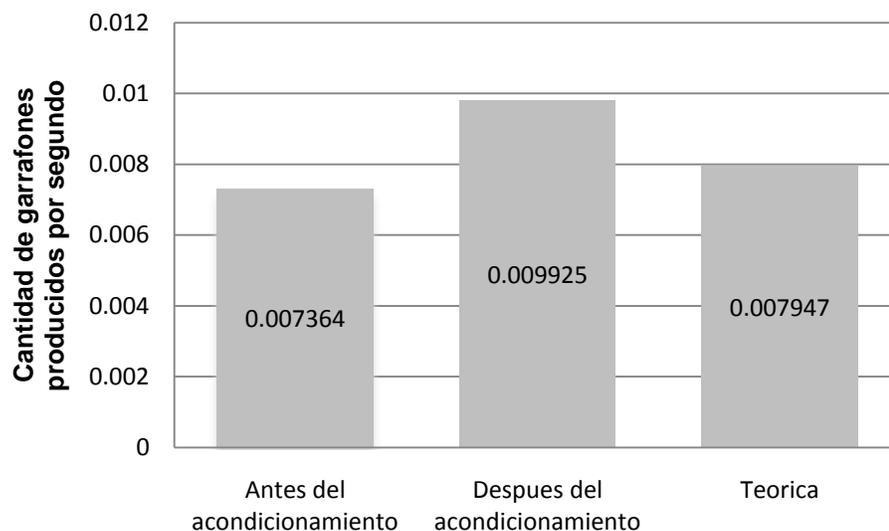
Como se puede observar en la figura 12, el porcentaje promedio de garrafones no conformes ha disminuido en gran manera, pasando de un 44.44% a un 11.28%, esto demuestra que las mejoras realizadas en la llenadora de garrafones mejoraron el proceso y disminuyeron los reprocesos.

3.6.2. Análisis del gráfico de productividad

Para el análisis de productividad, es aplicado un gráfico de barras, el cual mostrará la proporción de mejora o diferencia existente, entre la productividad antes y la productividad después del acondicionamiento de la maquinaria.

Por consiguiente, el gráfico queda de la siguiente manera:

Figura 13. Productividad antes del acondicionamiento, después del acondicionamiento y productividad teórica de la línea de llenado de garrafones año 2009.



Fuente: Elaboración propia, con base a la información procesada en los numerales del 3.4.1 al 3.4.3, año 2009.

Como se puede observar, el gráfico muestra una significativa mejora de la productividad, determinada aproximadamente por un 34.77% en el aumento

de la productividad, con respecto a la productividad antes del acondicionamiento, y un 23.5% con respecto a la productividad teórica.

El aumento de la productividad con respecto a la productividad teórica se debe a que, se implementó de nuevo el sistema de taponado y sellado, lo cual le quita el tiempo del proceso de tamponado al operario, reduciendo de esa manera, el tiempo que el operario emplea para realizar el taponado manualmente. Dicho tiempo es ahora tomado para la máquina, con la única diferencia que, es el mismo tiempo que los garrafones permanecen en la banda transportadora de la máquina llenadora de garrafones, por lo cual se toma como cuando los garrafones estaban en el proceso de llenado.

4. IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS DE CONTROL Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA.

4.1. Identificación de las partes indispensables de la máquina

Toda máquina consta de partes que le son sumamente necesarias para su funcionamiento, teniéndose para ellas, rutinas de mantenimiento más rigurosas para el control del funcionamiento en mención. Para cada una de esas partes existen aspectos importantes a considerar, para que la máquina funcione con la mayor calidad posible.

Dentro de los aspectos a mencionar, debe tenerse en cuenta la lubricación de las partes, las condiciones externas de la máquina, los análisis organolépticos, la presión del sistema de aire comprimido, el sistema eléctrico, etc.

Otras características que son importantes de comentar, y más aún, para el conocimiento y análisis de los datos, son aquellas cuya actividad provoca una pérdida de tiempo, como es el caso de que el operario se detenga a realizar algún ajuste, o a supervisar reparaciones a la máquina por cualquier desperfecto, etc.

Se debe hacer del conocimiento del operario o supervisor, que esté a cargo del control de la maquinaria, de todo lo necesario a observar en ésta,

durante el transcurso del proceso, anotando y reportando cada anomalía que el operario pueda percibir.

4.2. Elaboración de formularios para la toma de datos

La elaboración de los formularios para la toma de datos, ayudará a tener un mejor control de la producción que realiza la máquina llenadora de garrafones, abarcando su aplicación al reproceso, realizados ambos en determinados tiempos, logrando así, poder hacer una comparación con los niveles de aceptación establecidos. En la actualidad la empresa embotelladora no cuenta con formularios formales para la toma de datos, con respecto a productividad y reprocesos, para llevar un control de la producción, por esa razón se hace necesaria la elaboración de dichos formularios. Los formatos de los formularios necesarios se presentan a continuación.

4.2.1. Formato y características

En el siguiente formato, Tabla XVIII, relacionada con la obtención de información respecto a la producción del llenado de garrafones. Este formato tiene aplicabilidad en la recopilación de tiempos cronometrados respecto a la producción de los garrafones de agua.

Tabla XVIII. Formato para la toma de datos de los tiempos necesarios para la producción de garrafones.

Tabla para la toma de datos																												
Evaluador:											Proceso:								Fecha:									
Máquina:											Condiciones de trabajo:																	
Observaciones:																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Tx		
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												
16																												
17																												
18																												
19																												
20																												
21																												
22																												
23																												
24																												
25																												

Fuente: Elaboración propia, teniendo como referencia la información obtenida a través de los formatos aplicados en los capítulos 1, 2 y 3 del presente trabajo de graduación, año 2009.

Para llenar el formato antes indicado, se toma en cuenta que las filas representan el número de lote que se está produciendo, y la columna representa el tiempo que se toma, por ejemplo, tiempo de limpieza iría en columna uno, tiempo de taponado en columna 2, y así sucesivamente, para al final sumar todos los tiempos y colocar la suma en la columna correspondiente a Tx, la cual representa el tiempo cronometrado de producción por lote.

Tabla XIX: Formato para la toma de datos de la calificación que obtiene el operario y el cálculo de tiempo normal y tiempo estándar.

Tabla para la evaluación de datos																
Evaluador:					Proceso:					Fecha:						
Maquina:					Productividad teórica:					Productividad real:						
Observaciones:												Tiempo estándar medio:				
	Cant.	Tx	Hab	Esf	Cond	Cons	Hab	Esf	Cond	Cons	Suma	Fact.	Tn	Tol.	Ts	
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
Total																

Fuente: Elaboración propia, teniendo como referencia la información obtenida a través de los formatos aplicados en los capítulos 1, 2 y 3 del presente trabajo de graduación, año 2009.

La forma en que se llena este formato ha sido expuesta en los capítulos 2 y 3, pero haciendo una breve referencia, la filas representan el número de lote de producción y las columnas se llenan por medio de la información contenida en la Tabla VII, la calificación del personal y las tolerancias. El cálculo para las columnas Tn y Ts, que corresponden a tiempo normal y tiempo estándar, es de la misma manera como se realizó en el capítulo dos y tres.

4.2.2. Toma de datos

Es de suma importancia saber qué datos se estarán utilizando, ya que de esto depende evitar las mermas y duplicidad de las operaciones. En el momento de la toma de datos, se deben de tomar en cuenta las acciones más importantes en el proceso y los elementos que provocaron dicha variación, ya sean cuantitativos o cualitativos, logrando así un mejor análisis del proceso.

Complementando a la información obtenida por medio del formato de la Tabla XVIII se ha mostrado antes del presente numeral, el formato de la Tabla XIX, el cual permite hacer una evaluación de los datos vertidos en la Tabla XVIII.

4.3. Rutina

Uno de los motivos del buen funcionamiento de un programa de mantenimiento, se basa en las rutinas de mantenimiento, complementando estas a las rutinas de visitas e inspección, logrando de esta manera llevar un control planificado del estado de la maquinaria.

Es de considerar que las rutinas de mantenimiento, dependen en buena parte de la forma como se administre el tiempo de inspección, así como del requerimiento de repuestos. Estas son las acciones que permiten dar un buen mantenimiento preventivo y correctivo en la actualidad.

Las rutinas de visita, son las principales fuentes de información del estado global de la máquina, las rutinas de inspección brindan un detalle más a fondo del estado de la maquinaria, y el plan de mantenimiento, es el medio mediante el cual se puede optimizar, el tiempo utilizado para reparaciones y el tiempo de obtención de los materiales.

4.3.1. Rutina de visita

Para el caso de la máquina llenadora, las visitas se realizan una semana antes de la fecha de mantenimiento, para verificar su grado de funcionamiento. Este tipo de rutina de mantenimiento, incluye una observación externa, para determinar la necesidad de reparaciones superficiales o de seguridad externa de la misma.

Esta rutina es la primera verificación del funcionamiento de la máquina, aunque no es una observación a detalle, brinda una idea general de la situación. Esta visita la realiza una persona que integra el departamento de mantenimiento de la empresa, puede hacerla el operario de la máquina o el supervisor de la planta. En esta visita se verifica que los niveles de calidad de operación sean los adecuados; se verifica también la información que se anotó en las órdenes de trabajo, haciendo una breve investigación con los operarios, acerca de los problemas más frecuentes que tienen, anotando todos estos datos a fin de llevar un registro de todos los posibles problemas que se deberán resolver con el mantenimiento. Una de las actividades que más frecuentemente son realizadas en las rutinas de visitas, es el chequeo de los niveles de aceite, que para el caso de la máquina llenadora, serian los niveles de lubricación de las unidades de mantenimiento del sistema neumático.

4.3.2. Rutina de inspección

El procedimiento para realizar una inspección depende en gran parte del uso que se le dé a la maquinaria, además, debe de tomarse en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las condiciones locales que puedan influir en la periodicidad de ejecución de las inspecciones.

La utilización de un listado de los elementos a inspeccionar durante las rutinas respectivas, así como de las formas de ejecutar de las mismas, es de gran importancia y ayuda para el personal de mantenimiento. Esto permitirá eficientar el tiempo de inspección, y que el requerimiento de las piezas, equipo y materiales para el mantenimiento, sean encontrados con mayor facilidad, por tal razón esta rutina se debe realizar tres días antes de la fecha programada para el mantenimiento, a fin de lograr tener todo lo necesario a tiempo. Si en el transcurso de una inspección, es detectado algún deterioro importante que ponga en riesgo la seguridad del equipo, es recomendable su reparación inmediata. Si esto no fuera posible, resulta conveniente impedir la utilización del mismo.

En la rutina de inspección son utilizados algunos aparatos y herramientas, que ayudan en la realización o determinación de la necesidad de hacer o no reparaciones, ajustes o cambios en el momento que se efectúa el mantenimiento, ya que en esta etapa se debe desarmar por algunos momentos la máquina llenadora, para poder verificar los niveles de lubricación, vibración, desgaste de piezas y otros aspectos que al final puedan incidir en la calidad del producto.

Una de las inspecciones realizada con mayor frecuencia, es la revisión de los niveles de lubricación, de los tanques que contienen los aceites, así como el nivel de engrase que tengan piezas de la máquina llenadora. Adicional a esto es importante chequear la presión en puntos ubicados a la salida del aire comprimido.

Las rutinas de inspección, adicionalmente a las revisiones de lubricación, también toman en cuenta lo que es la limpieza interna y externa de la máquina llenadora, su estado de operación, condiciones generales, y si esta necesita reparación de alguna de sus partes, de tal manera que su funcionamiento sea óptimo. Lo anteriormente expresado cubre los sistemas componentes de la máquina, o sea, el de llenado, neumático, taponado, PLC, hidráulico, eléctrico y el de bandas transportadoras. Las herramientas utilizadas son las adecuadas, para que estas no lleguen a originar algún daño que afecte el funcionamiento de la máquina.

4.3.3. Rutina de mantenimiento

Los procedimientos que se aplican como parte de la rutina de mantenimiento, tienen como base toda la información recolectada en las rutinas expuestas anteriormente. Esta rutina es efectuada por tres personas del departamento de mantenimiento de la embotelladora, y una persona que regularmente es quien opera la máquina llenadora de agua, como soporte y ayudante de mantenimiento. Las rutinas de mantenimiento están constituidas por ajustes menores o mayores, reparaciones, cambios, engrases, chequeos y modificaciones a cualquier equipo mecánico de la empresa La Corona, S.A.. Es importante mencionar que al personal encargado de hacer las rutinas de

mantenimiento se le ha capacitado, y dado en algunos casos inducción, para la realización de las actividades antes mencionadas.

Durante la ejecución de las reparaciones, modificaciones y cambios necesarios, para la parte mecánica y eléctrica de la máquina llenadora de agua, se debe parar la línea de producción hasta que la operación de mantenimiento finalice. Adicionalmente al paro de línea, es necesario que se desconecten la alimentación de energía eléctrica, y la alimentación de aire comprimido para las bombas de succión, teniendo todo esto como condición indispensable para, efectuar un correcto mantenimiento a la máquina llenadora, así como también seguro para la vida de quienes lo ejecutan.

4.4. Control y supervisión

El control del mantenimiento es aplicado a través de reportes que realiza el responsable del mismo, después de hacer una reparación. El control da inicio mediante una “orden de trabajo de mantenimiento” la que se elabora antes de ser realizada la reparación. De esta manera la orden sirve de control de trabajo de mantenimiento y de control de labores.

Al realizarse una reparación de importancia dentro de la planta, el encargado del mantenimiento de la empresa embotelladora y el gerente de la planta, son los encargados de dar el visto bueno del trabajo realizado. En los casos en los cuales la reparación no es complicada, el visto bueno sobre la reparación lo pone la misma persona que ejecuta el mantenimiento.

En general, el control de los trabajos de mantenimiento que está bajo la responsabilidad de un encargado de mantenimiento, tiene como función principal, llevar el control del tiempo que tarda en hacerse cada reparación, ya sea dentro del proceso de producción de la empresa, o de alguna reparación general de la planta; así mismo el control permite establecer estadísticas de los problemas o fallas que ocurren, así como también el tipo de soluciones y reparaciones que se efectúen.

Los sistemas de control y supervisión, permiten conocer que actividades son las que se realizan, cuando se realizan, y los componentes y materiales utilizados en cada reparación o ajuste. Estos sistemas brindan un historial de las diferentes actividades que se han ejecutado, así como quienes son las personas que intervinieron en estas operaciones.

Entre la documentación aplicada para el control de mantenimiento puede ser mencionada la siguiente:

- Ficha de la máquina.
- Reporte de fallas.
- Requisición de materiales y equipo para mantenimiento.

4.4.1. Ficha de la máquina

La ficha de la máquina es aquella que la identifica plenamente desde el punto de vista técnico, asignándole un código y recopilando todos los datos que puedan identificarla. Esta ficha es la parte principal del inventario técnico, ya

que sirve para conocer la maquinaria de la planta. Con esta información, y adicionalmente las instrucciones del fabricante, así como las exigencias de producción de la empresa, puede establecerse el debido programa de mantenimiento. La información que se necesita para la ficha de máquina es la siguiente:

- Código, descripción, modelo, serie: esta es información directa de la maquinaria; el código indica la identificación que se le hace en la planta, éste describe características de la máquina o equipo. En la descripción se puede colocar el nombre de la máquina o sus características particulares.
- Información del proveedor: esta información incluye a la empresa que provee la maquinaria, a la que la fábrica, la fecha de instalación y costo, etc. Esta información hace más fácil la búsqueda de soporte técnico cuando es necesario.
- Especificaciones técnicas: éstas abarcan características propias de la máquina tales como, voltaje, revoluciones por minuto, potencia, fases etc. Las especificaciones técnicas ayudan a identificar y verificar si la máquina cumple con las necesidades de la empresa, y si se adapta a las instalaciones de la misma.
- Mantenimiento: esta parte brinda información acerca de los procedimientos, períodos y repuestos necesarios para el buen mantenimiento de la maquinaria, todo esto estaría permitiendo mejorar su vida útil.

La ficha de maquinaria se llena en el momento de adquirirla. Con el paso del tiempo, se hacen las modificaciones necesarias de cada uno de los rubros que en esta se realicen nuevamente. Un ejemplo de ello son los mantenimientos, ya que los procedimientos pueden ser mejorados, o los repuestos pueden llegar a cambiar por discontinuidad de los mismos.

En la Figura 14 se muestra el formato para la ficha de la maquinaria.

Figura 14. Formato de la ficha de maquinaria.

FICHA DE MAQUINARIA			
Código	Descripción	Modelo	
Fabricante		Serie	
Dirección		Teléfono	
Representante comercial		Fecha instalación	
Especificaciones técnicas			
Spec		RPM	
Frame		HZ	
H.P.		SER. F	
VOLTS		PH	
AMP		EFF	
Mantenimiento			
Lubricación			
Recomendación de uso			
Detalle de repuestos			
Observaciones			

Fuente: Elaboración propia, con base a las especificaciones encontradas en las máquinas de la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A. año 2009.

4.4.2. Reporte de fallas

Este formulario, de reporte de fallas, proporciona información sobre los problemas más frecuentes que ocurren durante la operación de la maquinaria, es decir, las fallas más frecuentes durante la operación, las que posteriormente se reparan de manera inmediata o que de ser necesario tienen una reparación mayor.

El reporte de fallas permite tener un control estadístico de las fallas sistemáticas, de tal manera que, al estudiar de forma adecuada la frecuencia de aparición de fallas de determinada maquinaria, se logre encontrar el momento más apropiado para la reposición de la pieza o parte, anticipándose de esta forma a la falla definitiva del componente, evitando por lo mismo, problemas en el funcionamiento de la maquinaria. Además, gracias a este reporte, se va formando de manera progresiva un historial de fallas, con el que se puede generar información económica sobre el funcionamiento de la maquinaria, lo que da la pauta para decidir si se continúa utilizando o mejor se cambia.

El reporte de fallas se encuentra en la máquina correspondiente dentro de la línea de producción, registrando los paros que en ella se presentan por medio de la descripción de las causas aparentes que los hayan provocado. Se toman datos como fecha del paro, hora exacta de ocurrencia, duración y motivo u origen. Esto debe ser avalado por el operario y por el encargado de producción, lo cual servirá para justificar paros no programados en la línea de producción. La información necesaria para esta ficha es:

- Información de la maquinaria: en este espacio se coloca el código de la máquina y el nombre para su identificación.
- Descripción del problema: en este cuadro se registra información acerca del paro, o sea la fecha, hora, duración, motivo, etc. Con base a ésta se puede obtener el estadístico de fallas. Véase figura 15.

Como ya se mencionó, estas funcionan cuando ocurre un problema en la línea de producción. Se debe reportar para realizar las reparaciones o modificaciones necesarias, anotando todos los trabajos que deben hacerse antes de llevar a cabo un mantenimiento preventivo o correctivo. La fuente que origine la existencia de una falla, sea por un operario o por un reporte de rutina de visita o inspección, debe generar una orden de trabajo, indicando la naturaleza de la falla, tipo de reparación necesaria y la prioridad de la misma; ésta orden sirve para solicitar autorización para ejecutar los trabajos de mantenimiento preventivo o correctivo, además, sirve de medio de información al encargado de producción. Las órdenes de trabajo deben ser autorizadas por el jefe de taller de mantenimiento y el jefe de producción, para adecuar el horario de reparación, con el fin de que no interrumpa las labores de producción ni las de mantenimiento. En la orden de trabajo se debe de indicar la fecha y hora conveniente para efectuar la reparación.

El control sobre las órdenes de trabajo es de gran importancia, ya que permite a su vez controlar el buen aprovechamiento del recurso humano, de las herramientas, equipo y demás insumos que intervienen en la rutina de mantenimiento, así como para poder tener un historial de los insumos en cantidad, forma de uso y personal que interviene; también indican cuales son los problemas que ocurren con mayor frecuencia y cuál es la manera de resolverlos.

4.4.4. Requisitos de material y repuestos para mantenimiento

El requerimiento de material y repuestos para mantenimiento es elaborado por el encargado de compras, que es quien hace la solicitud de materiales y repuestos para las labores del departamento. Las solicitudes o requerimientos, son emitidas con base en el análisis de la utilización de los repuestos y materiales que hace bodega. La requisición de materiales se fundamenta en el análisis del control de las órdenes de trabajo, ya que en estas se reportan los materiales y repuestos utilizados en las diferentes operaciones de mantenimiento.

Toda requisición de materiales y equipo para un mantenimiento, debe ser respaldada con las órdenes de trabajo, y confirmada de la misma manera por el jefe de producción y el jefe de mantenimiento. Estas requisiciones deberán de ser entregadas con anticipación, para que los requerimientos de materiales y repuestos a necesitarse puedan estar disponibles. El departamento de compras procura mantener los materiales solicitados a la disposición del departamento de mantenimiento, con base a las estadísticas que posee sobre requerimientos anteriores. La información necesaria en la requisición de materiales es:

- Cantidad: expresa en forma cuantitativa los repuestos y materiales necesarios.
- Fecha de la solicitud: se escribe la fecha en la cual bodega hace la requisición de los materiales, con base a la orden de trabajo emitida.

- Observación: se anota cualquier sugerencia que se considere necesaria, por ejemplo, la calidad necesaria de los repuestos y materiales, o urgencia de los mismos.
- Precio: descripción del precio unitario que se pagará por los materiales que se necesitan.
- Firma de los responsables: deberá ir firmado por el encargado de taller y el gerente de mantenimiento o en este caso el administrado de la embotelladora.

El formato para la requisición de materiales se presente de la siguiente forma: Véase figura 16.

Figura 16. Formato de requisición de materiales.

REQUISICIÓN DE MATERIALES				
Proveedor			No. De Requisición	
Fecha de requisición			Fecha de emisión	
Cant.	Unit.	Código/Descripción	Precio Unitario	Precio Total
Solicitado por:			Total	
Aprobado por:			Fecha:	
Observaciones:				

Fuente: Elaboración propia, con base en los materiales usados para el mantenimiento de la maquinaria, año 2009.

4.5. Revisión de funcionamiento

Dentro de la revisión del funcionamiento de una máquina se debe tomar muy en cuenta los aspectos que afectan al mismo, como ya se ha mencionando anteriormente. Cada uno de esos aspectos normalmente repercute en las partes más importantes o indispensables de la maquinaria, que en muchos casos dependen de un buen mantenimiento y control de dichas partes.

A través de la revisión del funcionamiento, se pretende verificar la calidad de los productos, reduciendo así el número de reprocesos o de productos desechados, que afectan la productividad y aumentan los costos de producción de la empresa. Además de verificar la calidad de los productos, se pretende elaborar un sistema de control, y así tener la certeza en el momento de diagnosticar algún tipo de problema de la máquina, además, de contar con un plan de acción previamente realizado y analizado para su conveniente aplicación.

4.6. Soluciones básicas a los problemas más comunes

Al generarse problemas en la maquinaria, existen soluciones a los problemas más comunes que normalmente pueden ser aplicados incluso por los operarios, evitando así la necesidad de contratar un especialista por problemas sencillos, que generalmente son solucionados por simples rutinas de inspección.

4.6.1. Tabla de causa-efecto y solución

La siguiente tabla muestra los problemas posibles más frecuentes y su solución más óptima, la cual como ha sido mencionado anteriormente, puede ser realizada por personal como el operario de la máquina o el supervisor.

Tabla XX. Soluciones a los problemas más comunes que se presentan dentro de la Embotelladora y Refrescos La Corona S.A.

Problema	Causa	Efecto	Solución
Desgaste excesivo en las cadenas de transmisión de potencias.	Falta de grasa en cada parte de la cadena, posible corrimiento entre la cadena y los dientes del engrane.	Desgaste excesivo, rompimientos de algún eslabón, reducción en la potencia transmitida.	<ul style="list-style-type: none"> • Quitar la cadena. • Lavarla con agua y jabón. • Engrasar la cadena por completo.
Falla en el encendido de la máquina.	<ul style="list-style-type: none"> • Cables desconectados • Mal estado del interruptor. • Humedad del área. 	Máquina no encendida.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar los cables del interruptor y conectar. • Cambiar el interruptor, limpiar y deshumedecer el área.

Falla en el encendido de la bomba hidráulica.	<ul style="list-style-type: none"> • Cables desconectados o dañados. • Humedad en las conexiones. • Rotor desalineado. • Rodamientos destruidos o con desgaste excesivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sin paso de energía hacia el motor. • Corto circuito del sistema. • Desgaste excesivo del rotor y estator del motor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar conexiones e interruptor hacia el motor. • Limpiar y deshumedecer el panel y motor. • Revisar engrase de los rodamientos del motor, y engrasar de ser necesario
---	--	--	---

Llenado irregular de la máquina llenadora.	<ul style="list-style-type: none"> • Baja presión de funcionamiento del sistema neumático. • Falta de lubricación en los rieles del sistema de llenado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca fuerza de los pistones para el accionamiento de las válvulas llenadoras. • Desgaste excesivo de los rieles del sistema de llenado. • Llenado irregular de los garrafrones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la tubería del sistema de aire comprimido para verificar fugas. • Calibrar la presión de las unidades de mantenimiento. • Lubricar los rieles del sistema de llenado. • Limpiar cualquier impureza en el sistema.
--	---	---	--

Fuente: Elaboración propia, con base en el acondicionamiento realizado en la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A. año 2009.

4.7. Mantenimiento de la máquina

Como ya se ha mencionado anteriormente, el mantenimiento de la maquinaria es de suma importancia en la empresa en general, o sea, en la empresa embotelladora. El mantenimiento se enfoca a los sistemas principales de la máquina llenadora de garrafones, en los cuales, en muchos de los casos, las fallas son provocadas por la falta de atención a la existencia de los repuestos necesarios o a sistemas bajo controles inadecuados.

El mantenimiento se basa en el control de cada una de las partes más importantes de la máquina antes mencionada, dentro de las cuales se debe incluir, en especial, lo que es el sistema neumático, ya que de este depende el funcionamiento de toda la máquina llenadora de garrafones.

Además de tener muy en cuenta el sistema neumático, también se debe tener un control de las partes a lubricar, como por ejemplo, los rodamientos de la banda transportadora, de la caja reductora, etc., evitando así el desgaste adhesivo o llamado también desgaste por fricción, y el desgaste mecánico-corrosivo, acelerado por la acción corrosiva del medio, que en este caso es el agua el que provoca dicha acción.

4.8. Control del mantenimiento

Como ha sido mencionado anteriormente, el mantenimiento es indispensable o esencial para toda máquina industrial, y en particular para la

maquinaria que expone el presente trabajo de graduación. En este caso también se menciona el control, aunque visto de otra forma. El control debe ser evaluado por sistemas que proporcionen los resultados adecuados, los cuales deben basarse en las exigencias o especificaciones del producto terminado, para lograr analizar si una máquina cumple con los requerimientos de la empresa, o en el caso óptimo, los requerimientos de los clientes.

Cada uno de estos sistemas a su vez, debe ser evaluado, tomando en cuenta lo que se necesita medir.

4.8.1. Sistema para control de mantenimiento

Para el control de mantenimiento, es de suma importancia la supervisión y el historial de las acciones realizadas en la maquinaria, como por ejemplo, el cambio de un repuesto, las decisiones tomadas con respecto a la forma en que fue realizado el servicio, así como cualquier acción relevante tomada en relación al mantenimiento efectuado.

Al hablar de control, está haciéndose referencia a tomar en cuenta, además de las acciones correctivas o preventivas utilizadas, también a los materiales y repuestos aplicados, siempre tomando en consideración las especificaciones de los materiales y repuestos empleados, para que exista un historial que sirva en problemas futuros.

4.8.2. Sistema para control de funcionamiento

El control de funcionamiento se realizará de la misma forma en que fue medido y expresado el funcionamiento en el capítulo dos, del presente trabajo de graduación, ya que la calidad del producto depende de la calidad del proceso.

Dicho sistema de control proporciona en una gráfica, formas fáciles para interpretar las condiciones del proceso, proporcionando los defectos y reprocesos. Este sistema de control permite aplicar las acciones correctivas necesarias.

La forma en que trabaja dicho sistema de control, es en base a los productos reprocesados o también llamados defectuosos, ya que representan un gasto de insumos mayor, por el hecho de no llenar los requerimientos de calidad necesarios. Al presentar la información antes mencionada en un gráfico de control, este facilita de una manera simple el poder interpretar los datos obtenidos, y así concluir en qué condiciones se encuentra el proceso de producción.

4.9. Integración de capacitación a empleados

Es muy importante el valor que representa la capacitación a los empleados, con respecto a la operación y mantenimiento de la maquinaria. Los empleados deben estar conscientes que esta es una parte importante de su preparación, ya sea como operarios o como técnicos en mantenimiento.

4.9.1. Programa de capacitación de mantenimiento

La educación técnica y el entrenamiento para la formación de habilidades y mantenimiento, deben ajustarse a los requerimientos particulares de la planta. La capacitación es una inversión en el personal que rinde múltiples beneficios. La empresa que implanta un sistema de mantenimiento, debe invertir en entrenamiento para sus trabajadores, y así permitirles gestionar apropiadamente su maquinaria y equipos, afirmando los trabajadores de esa manera, sus habilidades dentro de la operación normal.

Los principales objetivos del mantenimiento, manejados con criterios económicos y encausados a un ahorro en los costos generales de producción son:

- Llevar a cabo una inspección sistemática de todas las instalaciones, con intervalos de control, para detectar oportunamente cualquier desgaste o rotura, en partes o componentes, manteniendo los registros adecuados.
- Mantener permanentemente los equipos e instalaciones, en su mejor estado, para evitar los tiempos de parada que aumentan los costos.
- Efectuar las reparaciones de emergencia lo más pronto, empleando métodos o procedimientos más fáciles de reparación.
- Prolongar al máximo la vida útil de los equipos e instalaciones.
- Sugerir y proyectar mejoras en la maquinaria y equipos, para disminuir las posibilidades de daño y rotura en alguno de sus componentes.

- Controlar el costo directo del mantenimiento, mediante el uso correcto y eficiente del tiempo, materiales, hombres y servicio.

El mantenimiento tiene funciones específicas, lo que da lugar a implementar el mantenimiento en equipo e instalaciones; las funciones primarias son:

- Mantener, reparar y revisar los equipos e instalaciones.
- Generación y distribución de los servicios eléctricos, vapor, aire, agua, gas, etc.
- Modificar, instalar y remover equipos e instalaciones.
- Generar nuevas instalaciones de equipos y edificios.
- Desarrollar programas de mantenimiento preventivo y programado (el mantenimiento programado se presenta en el caso, el en que es recomendado por el fabricante o por experiencia propia por el desgaste o falla de alguna pieza de una manera ya prevista).
- Selección y entrenamiento de personal.

Entre las funciones secundarias del mantenimiento se tienen las siguientes:

- Asesorar la compra de nuevos equipos.
- Hacer pedidos de repuestos, herramientas y suministros.
- Controlar y asegurar un inventario de repuestos y suministros.
- Mantener los equipos de seguridad y además sistemas de protección.

- Llevar la contabilidad e inventario de los equipos.
- Cualquier otro servicio delegado por la administración.

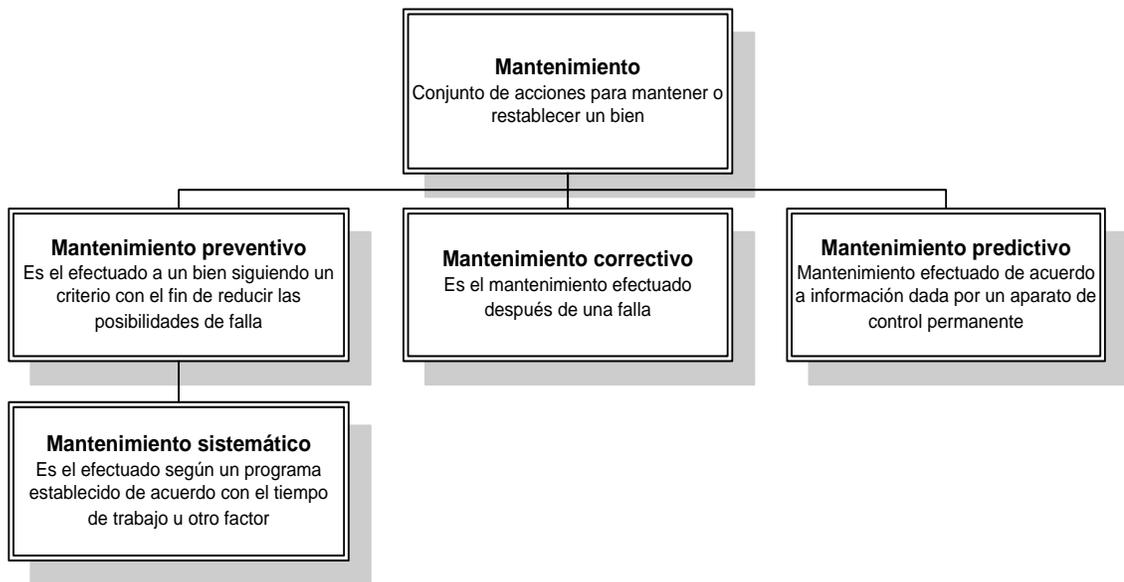
Así como el mantenimiento consta de funciones primarias y secundarias también tiene actividades y responsabilidades que realiza, las que son dadas a conocer a continuación.

- Dar la máxima seguridad para que no se vayan a presentar paros en la producción.
- Mantener el equipo en su máxima eficiencia de operación.
- Reducir al máximo la probabilidad de tiempo de paro.
- Reducir al máximo los costos de mantenimiento.
- Mantener un alto nivel de ingeniería práctica en el trabajo realizado.
- Investigar las causas y dar solución de los paros de emergencia.
- Planear y coordinar la distribución del trabajo, que debe estar acorde con la fuerza laboral disponible.
- Proporcionar y mantener el equipo de taller requerido.
- Preparar anualmente un presupuesto, con justificación adecuada, que cubra el costo de mantenimiento.
- Establecer una rutina adecuada de inspección de los equipos contra incendios, organizando y adiestrando al personal.

Existen varios tipos de mantenimiento, de los que se debe tener un buen conocimiento, de tal forma que en el momento de ser mencionados, no debe haber confusión de conceptos para el técnico, como para el operario. En la

Figura 18 son expuestas las definiciones de los diferentes tipos de mantenimiento.

Figura 17. Diferentes tipos de mantenimiento y sus respectivos conceptos.



Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de internet.

A continuación se definen algunas terminologías aplicadas en el mantenimiento:

- **Mantenibilidad:** Es una característica de diseño que mide la aptitud que un bien pueda ser mantenido.
- **Falla:** Alteración de la aptitud de un bien para cumplir una función requerida.
- **Parada:** Cesación de la aptitud de un bien para cumplir una función requerida.
- **Reparación:** Intervención definitiva de mantenimiento correctivo.

- Durabilidad: Es considerada como la esperanza de vida de un bien.
- Confiabilidad: Aptitud de un bien para cumplir una función requerida, en unas condiciones dadas, en un tiempo dado.

Otro punto importante a tratar es la programación del mantenimiento, en la cual el objetivo es determinar el orden en el que se deben efectuar los trabajos planificados, teniendo en cuenta:

- Los grados de urgencia
- Los materiales necesarios
- La disponibilidad del personal

También se deben de tener en cuenta los métodos de programación como:

- Programa diario
- Programa semanal
- Métodos gráficos de programación

4.9.2. Importancia de un buen acondicionamiento de la máquina

Un buen acondicionamiento de la máquina o maquinaria, ayuda en reducir los costos de mantenimiento y mantener un estándar de calidad alto en la empresa. Al hablar de costos, se está haciendo referencia a las consecuencias económicas generadas por la ineficiencia del mantenimiento aplicado.

Dichas consecuencias repercuten también en pérdidas de los productos de la siguiente manera:

- Disminución de calidad del producto
- Interrupciones en el proceso de producción con su costo económico.
- Desgastes de los equipos.
- Pagos de salarios por mano de obra inactiva.
- Costos de capital por equipos improductivos.
- Pérdidas inducidas (secundarias)
- Pérdidas de divisas y desprestigio.

Además de las obvias pérdidas en el producto, también se generan efectos prácticos de pérdidas de energía, por un mal mantenimiento; debido a esto son dables situaciones como las siguientes:

- Escapes continuos de combustibles, vapor, condensados, aire comprimido, con sus respectivas pérdidas de energía.
- Al no existir un mantenimiento programado de accesorios, su operatividad se reduce, induciendo pérdidas.
- Si la empresa contara con una caldera, al no dar mantenimiento a quemadores y elementos de combustión, hace variar las condiciones óptimas de la relación (aire/combustible), causando aumentos de consumo de combustible (manifestándose esto en la industria que cuenta con sistemas de calderas o cualquier otro sistema de combustión).

4.9.3. Importancia del buen funcionamiento de la máquina

Un buen funcionamiento de la máquina o maquinaria, ayuda a evitar todas las pérdidas antes mencionadas, provocadas por el poco o nulo mantenimiento dado a la maquinaria, ya que su funcionamiento dependerá de las condiciones en las que se encuentre.

Es por eso que se recalca de una forma constante, el mantenimiento adecuado para cada uno de los equipos, evitando de esta forma cualquier tipo de pérdidas o problemas en el futuro.

5. SEGUIMIENTO

5.1. Regulación de las rutinas de mantenimiento

La regulación de las rutinas de mantenimiento juegan un papel muy importante en el mantenimiento; las rutinas de mayor relevancia son las rutinas de visita y las rutinas de inspección, ya que son estas las que se utilizan para realizar un mantenimiento preventivo de la máquina y no correctivo.

Los objetivos principales de una regulación de rutinas de mantenimiento son expuestos en los numerales siguientes.

5.1.1. Objetivo

El objetivo principal de las rutinas de mantenimiento, es verificar que el mantenimiento se haga de la manera como fue planeado y organizado, de acuerdo con las órdenes dadas, para prevenir errores y fallas o identificarlos con el fin de corregirlos y repararlos, evitando de esta forma su repetición.

Otros objetivos a obtener son:

- Estandarizar el desempeño mediante inspecciones, supervisiones, procedimientos escritos o programas de mantenimiento.

- Estandarizar la calidad de productos o servicios ofrecidos por la empresa, bajo condiciones adecuadas de la maquinaria para la producción.

5.1.2. Estadísticas

Para la generación de estadísticas, se tomó en cuenta la relación de la frecuencia de tiempo que se tiene, en realizar las rutinas de mantenimiento; ya que actualmente en la empresa embotelladora La Corona, S.A., se aplica muy poco esta actividad, la propuesta de desarrollarlas, mejoraría la aplicación de las rutinas en un gran porcentaje.

5.1.2.1. Antes

Previo a la implementación de un sistema de mantenimiento, en la empresa embotelladora La Corona S.A., únicamente se ejecutaba una operación de mantenimiento preventivo cada 4 meses, o dado el caso, en el momento que la máquina fallaba. Estos datos son útiles para poder llegar a una relación, la que indica que si se toma como referencia un año comercial, de los 360 días con los que cuenta dicho año, estaba efectuándose una rutina de mantenimiento cada 120 días, lo cual genera un escaso control de las condiciones de la máquina llenadora de garrafones, a la vez que un impacto muy fuerte en la productividad.

5.1.2.2. Después

En el momento que un sistema de mantenimiento llegue a ser implementado en la Embotelladora y Refrescos La Corona, S.A., estarían efectuándose rutinas de visita cada semana, y rutinas de inspección cada 15 días, lo que vendría a generar un mejor control de mantenimiento lo que provocaría que las condiciones de la máquina llenadora serían mejores, además de que el nuevo sistema de mantenimiento se enfocaría a la prevención de la falla estableciendo el mantenimiento preventivo.

Tomando como base las rutinas de inspección, se tiene que realizar una inspección cada 15 días, esto quiere decir, en términos de tiempo, que serían 24 inspecciones al año.

Al efectuar esa cantidad de inspecciones, la probabilidad de encontrar una pieza que esté próxima a fallar es más grande, por lo que es de suma importancia la implementación de dichas rutinas.

5.1.2.3. Índice diferencial

El índice diferencial demuestra que, al implementar un método de control de mantenimiento, las inspecciones y sobre todo el control de las condiciones de la máquina llenadora aumentan.

El cálculo del aumento en las rutinas de inspección de la máquina en el momento de implementar el sistema de control de mantenimiento, es de la siguiente manera.

3 Inspecciones/año-----100%

24 Inspecciones/año-----x

$$x = \frac{(24*100\%)}{3} = 800\%$$

Puede que el resultado parezca muy grande, pero debe de tomarse muy en cuenta que, la diferencia de inspecciones entre el antes y el después de la implementación del sistema de control de mantenimiento es grande, dando como resultado un aumento del 800% en inspecciones de mantenimiento que se realizarían por año.

5.2. Auditorías

Las auditorías son parte muy importante de un sistema de control, para lograr tener una regulación de todos los procesos, o de los sistemas a evaluar o controlar.

La forma en que son utilizadas dichas auditorias se detalla en los siguientes numerales.

5.2.1 Internas

Las auditorías internas tienen por objeto verificar los diferentes procedimientos y sistemas de control interno, establecidos por una empresa con el fin de determinar si están funcionando como había sido previsto, y planteando a la gerencia posibles cambios o mejoras en aquellos que así lo requieran.

La auditoría interna es una forma fundamental de control en grandes empresas, estructurándose administrativamente dentro de las mismas, como un departamento que funciona independientemente, dependiendo directamente de la gerencia.

A todas las empresas les interesa proteger sus activos, como por ejemplo mobiliario, equipo de computo, vehículos, lo que origina el establecimiento de un control interno.

La auditoría interna verifica si el control interno (el control interno se refiere a todos los procedimientos utilizados dentro de la empresa, para asegurar los procesos de cualquier tipo que se realizan) es eficaz, para el cumplimiento de los objetivos que se deseen, y propone mejoras dirigidas al mismo. La auditoría interna normalmente la realiza un auditor perteneciente a la organización. Es una función independiente de evaluación, establecida dentro de la organización, para examinar y evaluar sus actitudes. Es un control cuyas funciones consisten en examinar y evaluar la adecuación y eficiencia de otros controles, como por ejemplo controles en BPM's de parte del Ministerio de Salud.

La auditoría interna proporciona análisis, evaluaciones, recomendaciones, asesoría e información, concerniente a las actividades revisadas. Es objeto de la auditoría interna, la promoción de un efectivo control a un costo razonable, así como de apoyar a los miembros de la organización en el desempeño de sus actividades.

El control interno como un sistema, puede estar integrado administrativamente dentro de una empresa, con una oficina a un nivel de asesoría, encargándose de medir y evaluar la eficiencia, eficacia y economía de los demás controles dentro de la empresa, asesorando a la dirección en la continuidad del proceso administrativo, la evaluación de los planes establecidos y en la introducción de los correctivos necesarios para el cumplimiento de las metas y objetivos previstos.

5.2.2 Externas

Dentro del control externo se tiene la auditoría externa, que es un órgano de fiscalización, que en interés de la comunidad, bajo la dirección y responsabilidad del auditor externo y con sujeción a las normas de auditoría generalmente aceptadas, le corresponde dictaminar los estados financieros y revisar y evaluar sistemáticamente los componentes y elementos que integren el control interno, en forma oportuna e independiente en los términos que señala la ley, los estatutos y los pronunciamientos profesionales. Tiene como objetivos: el examen de la información financiera del ente o empresa, a fin de expresar una opinión profesional independiente sobre los estados financieros, y

la evaluación y supervisión de los sistemas de control, con el propósito de que estos le permitan:

- El cumplimiento de las normas de la empresa
- El funcionamiento normal de las operaciones ambientales o sociales
- La protección de los bienes y valores de propiedad de la sociedad y los que tenga en custodia a cualquier título
- La regularidad del sistema contable (impuestos)
- La eficiencia en el cumplimiento del objeto social
- El cumplimiento de sistemas de salud y compromiso con el consumidor.

5.3 Rutinas de mantenimiento

Las rutinas de mantenimiento son de gran importancia para mantener en buenas condiciones la maquinaria. Se dividen en tres diferentes tipos de rutinas, las cuales son realizadas de diferente forma, buscando objetivos diferentes en su elaboración; los tres tipos de rutinas se presentan de de la siguiente manera:

5.3.1 Rutinas de visita

Como ya se ha explicado en el capítulo anterior las rutinas de visita se realizan de una forma rápida y bastante superficial, evitando centralizar la

atención en determinadas partes de la maquinaria; solo se realiza un estudio organoléptico, que ayude a dar una idea general del estado de la maquinaria.

Este tipo de rutinas son desarrolladas en períodos bastante cortos, ya que son rutinas que necesitan de poco tiempo para su ejecución, y también pueden ser realizadas con mayor frecuencia, ya que esto genera un mejor panorama del estado de la maquinaria, como por ejemplo, necesidades de limpieza, existencia de ruidos y vibraciones, o cualquier otra anomalía que pueda presentarse.

5.3.2 Rutinas de inspección

Las rutinas de inspección requieren un tiempo más prolongado de realización. Este tipo de rutinas dependen en buena parte de los resultados de las rutinas de visita, ya que cualquier anomalía detectada durante esas rutinas, serán posteriormente programadas para su revisión formal, durante la rutina de inspección.

La rutina de inspección representa mayor tiempo empleado en la aplicación de la mano de obra directa, ya que es incluida en el desarmado de ciertas partes de la máquina de una forma parcial, revisando así lo reportado en las rutinas de visita.

La programación de este tipo de tareas se puede hacer con menos frecuencia, debido a que algunas de ellas pueden ser realizadas, por ejemplo,

cuando se hace el retro lavado del equipo de filtración, o en el momento del lavado de las mangueras de la máquina llenadora de garrafrones, lo cual permite su aprovechamiento para la ejecución de dichas rutinas.

5.3.3 Rutinas de mantenimiento

Las rutinas de mantenimiento pueden requerir un tiempo bastante grande, por parte del equipo en cargo de suministrar el mantenimiento, ya que este tipo de rutina conlleva una planificación, por razones de generación de estadísticas, experiencias tenidas dentro de la empresa, o por recomendaciones del fabricante.

Para el caso de la maquinaria de la empresa que es analizada en el presente trabajo de graduación, este tipo de rutinas abarca elementos como los cambios de cadenas, de fajas, cambio del aceite de la caja reductora o el cambio de cualquier pieza que se encuentre con un desgaste excesivo.

Las rutinas de mantenimiento normalmente se hacen con una planificación bastante amplia, tomando en cuenta cada una de las piezas y el tiempo requerido, se realizan considerando también períodos prologados, como por ejemplo, para un mes, cada seis meses, un año o varios años.

5.4 Formularios varios

Los formularios aplicados en las rutinas de visita e inspección son presentados en este numeral, debiendo tomar en cuenta que solo son mostrados estos dos tipos de formularios, ya que son los que más frecuentemente se utilizan, además de que con ellos se lleva un control más continuo de las condiciones de la máquina llenadora de garrafrones, regulando así, más eficientemente las rutinas que deben ser realizadas.

A continuación es expuesto el formato previsto para la evaluación de rutinas de visita:

Figura18. Formato del documento a aplicar en una rutina de visita.

EVALUACIÓN DE VISITA		
Código de máquina	Descripción de la máquina	Fecha
Trabajo que realiza	Nombre del evaluador	Horas de Evaluación
Aspectos a evaluar	Observaciones	
Estado de unidades de mantenimiento		
Funcionamiento del sistema eléctrico		
Condiciones de la máquina		
Vibraciones		
Limpieza de máquina		
Ruidos		
Fugas de agua		
Lubricantes		
Otros		
<hr/> FIRMA DEL EVALUADOR		<hr/> FIRMA DEL ADMINISTRADOR

Fuente: Elaboración propia, con base en los elementos básicos a evaluar en la maquinaria.

A continuación se presenta el formato previsto para la evaluación de rutinas de inspección:

Figura19. Formato del documento a aplicar en una rutina de inspección.

EVALUACIÓN DE INSPECCIÓN					
Código de máquina	Descripción de la máquina				Fecha
Trabajo que realiza	Nombre del evaluador			Horas de Evaluación	
Parte a evaluar	Limpieza	Lubricación	Nivel de operación	Condiciones	Necesita reparación
Sistema de llenado					
Sistema neumático					
Sistema de taponado					
Sistema PLC					
Sistema hidráulico					
Sistema eléctrico					
Sistema de bandas transportadoras					
Observaciones adicionales:					
_____			_____		
FIRMA DEL EVALUADOR			FIRMA DEL ADMINISTRADOR		

Fuente: Elaboración propia, con base en los sistemas existentes en la máquina llenadora de garrafones, año 2009.

5.5 Mantenimiento de la máquina

El mantenimiento de la máquina llenadora tiene relación directa con el buen funcionamiento de cada una de sus partes las que son descritas a continuación.

5.5.1 Sistema de llenado

En la actualidad el mantenimiento para el sistema de llenado es prácticamente nulo. Un ejemplo de esto son los inyectores que forman parte del sistema de llenado, los que al momento no han tenido mantenimiento alguno.

El mecanismo de dichos inyectores consta de un sistema de retorno por muelle, el cual es accionado por un resorte. En el momento que el sistema de llenado baja y entra en la boquilla del garrafón, la válvula se abre y genera el llenado de los garrafones; en el momento que el sistema de llenado sube, las válvulas se cierran por medio del resorte.

La holgura que existe entre el sistema de abertura y el tubo por donde corre la válvula, es lo bastante grande como para no necesitar de una lubricación en dicho sistema.

5.5.2. Sistema neumático

Al hablar de mantenimiento del sistema neumático, este va dirigido a los accesorios que lo conforman. El propósito de los accesorios del sistema neumático es, brindar un aire comprimido que cumpla con los requerimientos por los que fue adquirido. Como parte del sistema se tiene al compresor, que es el componente generador del aire comprimido, el cual está adaptado a las condiciones específicas de cada operación. Se incluyen algunos accesorios que son empelados para la regulación del caudal y presión del aire; dentro de sus aplicaciones está la lubricación de los equipos a instalar en una red, para cambios de dirección y paso o no de fluido, según sea la aplicación.

Tener aire comprimido de buena calidad, es importante para asegurar una considerable vida útil de los equipos neumáticos, así como de óptimos resultados en los procesos que requieren dicho servicio.

Dentro de los aspectos que deben de ser tomados en cuenta, en relación al aire comprimido, están los siguientes:

- La cantidad de aceite que contiene el aire
- La cantidad de agua presente en el mismo
- El punto de rocío
- Cantidad de partículas extrañas contenidas en el aire

El mantenimiento a proporcionar a los accesorios más utilizados en el sistema neumático se detalla como sigue:

Filtros: El siguiente mantenimiento es el que debe realizarse cada seis meses a un filtro. Primero, purgar los sedimentos y condensados, abriendo convenientemente el grifo de la parte inferior del depósito de aire comprimido, y luego eliminar la presión de aire en la instalación. Desmóntese después el depósito y el elemento filtrante. Límpiase el elemento filtrante con agua jabonosa, si es de nylon, tela o bronce sinterizado. Límpiase el vaso de depósito y los conductos del cuerpo con parafina, o con soluciones poco concentradas de disolvente. Se deben inspeccionar las juntas, y remplazarse por otras nuevas en caso de que estén malas. Existen tres tipos de filtros utilizados en los sistemas, y cada uno tiene un sistema de mantenimiento diferente, el cual se detalla de la siguiente manera:

Filtros de partículas: Estos filtros son utilizados para proteger al sistema de partículas sólidas, dichos elementos son recambiables, y deben ser reemplazados periódicamente, puesto que se van saturando, y ocasionan altas pérdidas de presión.

Filtros coalescentes: Son utilizados para retener lubricantes, emulsiones y neblinas, dichos filtros son recambiables, y deben ser reemplazados periódicamente puesto que se van saturando y ocasionan altas pérdidas de presión.

Filtros de vapores: Son filtros empleados para remover olores, sabores y vapores orgánicos, dichos elementos son recambiables y deben ser reemplazados periódicamente, debido a que se van saturando y esto también ocasiona altas pérdidas de presión.

Tanque de almacenamiento: Permite absorber las pulsaciones generadas en una superficie de intercambio de calor, logrando disminuir parcialmente la alta temperatura del aire a partir de la compresión. Dentro del mantenimiento, se debe revisar que la válvula de seguridad se abra a una presión un 20% mayor que la presión máxima del sistema, y que tenga una capacidad de evacuación mayor que la de los compresores. Si no existe la válvula de seguridad, debe instalarse un manhole de inspección, un sistema de evacuación de condensado automático, un bypass para mantenimiento y un manómetro confiable. Algunas veces son colocados medidores de temperatura y doble manómetro (de reversa). El mantenimiento que se le realiza al tanque del Sistema Neumático, se limita a una limpieza interior en muy escasas ocasiones, además de la verificación constante de las purgas.

Unidad de mantenimiento: Este componente está compuesto por un filtro de partículas de baja eficiencia, un regulador con manómetro y un lubricador. Su función principal es la de acondicionar una corriente de aire determinada para su uso en la máquina llenadora. El mantenimiento de las válvulas acondicionadoras de presión, es de cierta manera más complejo que el del resto de elementos de la unidad. Dicho mantenimiento se basa en las pruebas de fuga de aire, las cuales consisten principalmente, en suministrarle aire a altas presiones al regulador por sus dos entradas. Si es suministrada una alta presión solo a la entrada del regulador, no debe fluir aire a hacia la salida. Esto

se comprueba palpando con el dedo húmedo. La otra prueba que se realiza es, calibrando el resorte para una máxima presión de salida y suministrándole solo aire a presión por la salida. Si esta es inferior a la máxima presión del resorte, no debería salir aire por el ducto opuesto de la válvula (la entrada). Los niveles de lubricante deben mantenerse adecuadamente una o más veces por ornada. Es por eso que los operarios deben tener a su alcance lubricante suficiente. Si hubiera condensado de agua, se elimina por el grifo de purga ya que el aceite es más ligero y flota sobre ella; esta operación debería hacerse con regularidad, ya que si el nivel del agua alcanza el tubo de aspiración, se produciría la pulverización del agua hacia la aplicación del aire comprimido a todo el sistema. En condiciones normales, la limpieza o eliminación de sedimentos cada seis meses suele ser suficiente.

5.5.3. Sistema de taponado

El mantenimiento del sistema de taponado es bastante sencillo, ya que la máquina taponadora cuenta con una banda que presiona el tapón del garrafón. Dicha banda es accionada por una cadena conectada al motor del sistema de la banda transportadora. Con base a lo mencionado, el mantenimiento consiste en la lubricación e inspección de las condiciones del sistema.

Como parte del mantenimiento del Sistema de Taponado, debe de ser inspeccionado lo siguiente:

- Las condiciones de la banda (rupturas, desgaste, etc.).
- Óxido en cadenas, poleas y chumaceras.
- Condición general.

5.5.4. Sistema PLC

El mantenimiento del sistema PLC es muy parecido al del sistema eléctrico, ya que en muchas de las consideraciones o problemas que en dado caso se puedan tener, es el de las conexiones eléctricas hacia el PLC. Además de esas consideraciones también se debe tener cuidado, de que todos los parámetros requeridos de funcionamiento, estén acordes a los parámetros que se requieren para el funcionamiento del sistema PLC, esto se realiza con el fin de evitar problemas en otros sistemas de la máquina llenadora de garrafones que sean controlados por el sistema PLC.

5.5.5. Sistema hidráulico

Siguiendo determinadas instrucciones en el desarmado y armado de la bomba, del Sistema Hidráulico, puede lograrse economía en tiempo y trabajo, así como reducción de problemas adicionales. Las siguientes instrucciones son aplicables a toda clase de bombas

- a) Desarmado de la bomba
 - No es necesario desconectar la tubería de succión o de descarga ni cambiar la posición de la bomba.

- La tubería auxiliar debe desconectarse sólo en los puntos en que sea necesario para quitar una parte, excepto cuando hay que quitar la bomba de su base.
- Después de haber desconectado la tubería auxiliar debe amarrarse un trapo limpio en los extremos o aberturas del tubo, para evitar la entrada de cuerpos extraños.
- Emplear siempre un extractor para quitar un acople del eje.
- Las camisas del eje tienen roscas, para apretarlas en sentido contrario a la rotación del eje.

b) Después de desarmar la bomba

Antes de hacer la inspección o chequeo, limpiar las partes cuidadosamente. Los residuos gomosos y espesos pueden quitarse a vapor; el lodo, el coque, o depósitos de sustancias extrañas similares a las anteriores, pueden quitarse por medio de un chorro de arena, trabajo que se hace cuidadosamente, para que no forme huecos ni dañe las superficies labradas de la máquina.

c) Reensamblaje de la bomba

La bomba hidráulica es una máquina construida con precisión. Las tolerancias entre las partes giratorias y las estacionarias son muy pequeñas, y debe ejercerse el mayor cuidado para ensamblar adecuadamente sus partes, con el objeto de conservar estas tolerancias. El eje debe estar completamente recto, y todas las partes deben estar absolutamente limpias. Un eje torcido, mugre o lodo en la cara del eje impulsor, o sobre la camisa de un eje, puede ser causa de fallas o daños en el futuro.

Los impulsores, las camisas del espaciador y las del eje, constituyen un ensamblaje resbaladizo bastante ajustado al eje. Debe usarse una pasta delgada de aceite al ensamblar estas partes en el eje.

- Acople de bomba hidráulica: Los acoples de bomba, excepto los de tipo roscado, constituyen un ajuste que se encogerá ligeramente sobre el eje; con el objeto de ensamblar el acople con facilidad y precisión, el acople debe expandirse calentándolo a 300°F, en un baño de aceite y ensamblarse con el eje mientras está caliente.

A continuación se dan a conocer dos aspectos fundamentales que ayudarán a obtener el servicio más seguro, el mantenimiento más económico, y la mayor vida posible para la bomba hidráulica. El mantenimiento adecuado no comienza con la reparación o la reposición de las piezas dañadas, sino con una buena selección e instalación, es decir, evitando con esto reposiciones o reparaciones de partes. Los aspectos antes mencionados están basados en cuatro etapas diferentes que son: la selección, instalación, operación y mantenimiento de una bomba.

d) Mantenimiento y reparación de la bomba hidráulica

- No debe desmontarse totalmente la bomba para su reparación.
- El desmontaje debe hacerse con el mayor de los cuidados.
- Es necesario poner una atención especial al examinar y reacondicionar los ajustes.

- Limpiar completamente los conductos de agua de la carcasa y repintarlos.
- Al iniciar una revisión total deben tenerse disponibles juntas nuevas.
- Estudiar la erosión, la corrosión y los efectos de cavitación en los impulsores.
- Verificar la concentricidad de los nuevos anillos de desgaste, antes de montarlos en los impulsores.
- Revisar todas las partes montadas en el rotor.
- Llevar un registro completo de las inspecciones y reparaciones.

5.5.6. Sistema eléctrico

a) Mantenimiento preventivo a motores eléctricos.

Seguidamente dan a conocerse los elementos relacionados con el mantenimiento del Sistema Eléctrico, en particular, aplicado a motores eléctricos, tal es el caso del motor eléctrico de la máquina llenadora, y el microswitch.

- Marcar las tapaderas, para evitar confundirlas en el momento del armado para colocarlas en su posición original.
- Quitar las tapaderas del motor.
- Colocar los tornillos en un recipiente, para evitar extravíos.

- Verificar si hubo roce entre el rotor y embobinado del estator. (de haber un corto circuito, se manda a embobinar el rotor, si es roce leve se barniza el embobinado con barniz dieléctrico).
- Utilizar extractor de rodamientos para el desmontaje.
- Revisar el estado de los rodamientos (jaula, desgaste de cunas interior y exterior, giro libre del rodamiento, daños en sus partes móviles).
- De encontrarse alguna anomalía en los rodamientos, que no sea su vida útil, encontrar el problema y la solución, para evitar que suceda nuevamente y monitorear el motor después de su montaje.
- Verificar el estado del ventilador de enfriamiento, su eje, cuñero, cuña.
- Limpieza general (tapaderas, interior y exterior)
- Montar rodamientos nuevos, si es que se necesitan, con el equipo adecuado.
- Armar el motor y verificar que gire libre.
- Medir los aislamientos eléctricos con megahmetro y probarlo antes del montaje, en banco de pruebas. (verificar calentamiento, vibraciones, ruidos anormales, etc.)
- Verificar que quede bien anclado después del montaje.

- Medir con el amperímetro la corriente de alimentación, que sea la que indica la placa del motor y comprobar el sentido de rotación.

b) Mantenimiento de microswitch

- Revisión del estado físico del interruptor.
- Destapar la caja de conexiones y eliminar la humedad, de si la hubiese.
- Revisión de cables y conexiones, apretar tornillos de sujeción de cables.
- Revisión y fijación de soportes del interruptor.
- Alineación del interruptor.
- Verificación de funcionamiento mecánico.
- Revisión y ajustes de soportería eléctrica (tubería, cables y conectores).
- Limpieza del área.

5.5.7. Sistema de bandas transportadoras

Las bandas transportadoras son las encargadas de transportar los garrafones por todo el proceso de producción, están formadas por cadenas de acero inoxidable en rieles de plástico, y los moto-reductores eléctricos, que son los encargados de dar el movimiento al sistema.

Dentro de las actividades semanales que se toman en cuenta para el mantenimiento de bandas transportadoras están:

- Limpieza exterior con agua y briz.
- Limpieza de cadenas, guías y bandejas inferiores.
- Revisar/ reparar si existen eslabones doblados de la cadena.
- Engrase de la chumacera de los motoreductores y cadenas.

Para cada tramo de la banda transportadora, realizar las medidas precautorias que a continuación se enumeran:

- Desconectar eléctricamente los moto-reductores, antes de iniciar los trabajos de mantenimiento.
- Verificar que no existan objetos sobre los transportadores

Cada cuatro semanas se realizan las siguientes actividades de mantenimiento:

- Revisión de moto-reductores (su funcionamiento, existencia de vibraciones y ruidos anormales en los engranajes, su temperatura y amperaje de operación, tornillería).
- Cambio de aceite a moto-reductores.
- Desmontaje de la cadena, limpieza y revisión general (revisión de guías o rieles de plástico).
- Revisión de rodillos (el estado físico de estos, el giro de cada uno y su desgaste, etc.).
- Revisión de tornillería, soportes, soldaduras, tarugos, etc.

CONCLUSIONES

1. Con los formularios implementados para la toma de datos del cálculo de la productividad, se logró recopilar los datos e información necesaria para poder llevar un control adecuado del funcionamiento de la máquina llenadora de garrafrones.
2. El tiempo perdido por falla varía, ya que éste depende de la pieza en la que se encuentra la falla. El tiempo por falla varía desde dos días, hasta aproximadamente 5 días, lo cual representa un tiempo por falla bastante grande para la empresa. El tiempo perdido de reproceso por lote de la máquina llenadora de garrafrones es de aproximadamente 4.24 minutos.
3. Al calcular la productividad de la línea, se tomaron en cuenta los siguientes factores: tiempo total del operario de producción de un lote y el tiempo total de maquinaria de producción de un lote. Los factores que inciden directamente en el tiempo de maquinaria son: tiempo de taponado, tiempo de transporte, tiempo de lavado y tiempo de llenado. Con esta información se pudo evaluar la productividad de la línea de producción siendo 0.44 garrafrones por minuto.
4. Como parte de los métodos para el control y buen funcionamiento de la máquina, se presenta la propuesta de gráficos de control, los cuales pueden detallar en una forma gráfica, si el proceso de llenado esta bajo los controles o estándares deseados.

5. Dentro de los métodos para que la máquina llenadora de garrafones tenga un buen funcionamiento y mantenimiento se utilizó la capacitación práctica, mostrando la manera correcta del uso de cada una de las funciones de la máquina, y la manera adecuada de realizar el mantenimiento.
6. Los métodos de mantenimiento e inspección propuestos son las rutinas, ya que dichas rutinas evalúan de una forma completa el estado de la máquina llenadora de garrafones. Las rutinas basan su objetivo en la prevención de fallas, empezando por rutinas de visita, seguidamente con rutinas de inspección y para finalizar, rutinas de mantenimiento.
7. Después de realizar el correcto acondicionamiento de la máquina, la línea de producción presentó un aumento del 34.77% con respecto a la productividad antes del acondicionamiento.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que se tomen en cuenta los mantenimientos preventivos, y las rutinas que se deben de llevar a cabo, para la programación del mantenimiento de cada una de las partes que conforman a la maquinaria, en especial a la máquina llenadora de garrafones, debido a la importancia que tiene el buen funcionamiento de la máquina, la cual fue evaluada en el presente trabajo de graduación.
2. Para mejorar el mantenimiento de la maquinaria de la Embotelladora y Refrescos La Corona S.A., se recomienda implementar el sistema de mantenimiento propuesto anteriormente, dando gran importancia a la evaluación de la rutinas de inspección, visita y mantenimiento, ésto con el fin de minimizar los paros y fallas de piezas que provoquen pérdidas de tiempo y disminución de la productividad.
3. Se recomienda que el personal posea amplios conocimientos en los sistemas de mantenimiento, en especial en los sistema que conforman la máquina llenadora de garrafones, una forma de capacitar al personal en este tema es, apoyándose en instituciones a donde el personal pueda tomar cursos de mantenimiento, como por ejemplo, INTECAP, que proporciona todos esos servicios.
4. Se presenta una guía para la evaluación de la productividad en una línea de producción, la cual proporciona herramientas importantes para la medición de la productividad y el impacto que ésta tiene en la empresa, se recomienda tomar en cuenta todos los procedimientos de evaluación y más importante su aplicación, ya que un mantenimiento adecuado de la maquinaria aumentaría la productividad aun más, logrando así la reducción

de desperdicios, tiempo laboral, energía, etc. maquinaria aumentaría la productividad aun más, logrando así la reducción de desperdicios, tiempo laboral, energía, etc.

BIBLIOGRAFÍA

1. Deming, W. Edwards y otros. Calidad, productividad y competitividad: La salida de la crisis. Ediciones Díaz de Santos, 1989.
2. Niebel, Benjamin W. Frenalds A. Ingeniería Industrial, Métodos Estándares y Diseño del trabajo. ed. 11 Alfaomega, México 2004.
3. Bain, David y Roberto Haas Garcia. Productividad: La solución a los problemas de la empresa. McGraw Hill, 1985.
4. Burgos Vivas, Fernando. Ingeniería de métodos, calidad y productividad. 2da. Edición, Biblioteca Pública Central Manuel Feo La Cruz, 1999.
5. Krick, Edward V. Ingeniería de métodos. 8va. Edición. Limusa, 2005.
6. Villafranca, Rafael Romero y Luisa Rosa Zúnica Ramajo, Métodos estadísticos en Ingeniería, Ed. Univ. Politéc. Valencia, 2005.
7. Rey Sacristá, Francisco. Mantenimiento total de la producción (TPM): Proceso de implantación y desarrollo. FC Editorial, 2001.
8. García Garrido, Santiago y otros. Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos, 2003.

9. Hernández Caña, Edgar Rolando. Programa de Control Estadístico de la Calidad, en una empresa productora de velas aromáticas enfocadas en los costos de producción y su rentabilidad. Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.

10. Jurado Godoy, Oscar Ernesto. Diseño de un plan de Mantenimiento Productivo Total Para una maquina empacadora de cereales. Trabajo de graduación de Ingeniería Mecánica Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.

11. Quiroa Morales, René Adalberto. Implementación de Indicadores de Productividad, en una planta embotelladora de bebidas carbonatadas y no carbonatadas. Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.

ANEXOS

Anexo 1

n	MEDIAS				DESVIACIONES TÍPICAS						RANGOS					
	A	A ₂	A ₃	C ₄	1/C ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.580	2.659	0.979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.88865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8662	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.882	0.9594	1.04230	0.115	1.882	0.1113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.564
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.516
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2580	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2757	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.738	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541
Para n > 25 :									$B_3 = 1 - \frac{3}{C_4 \sqrt{2(n-1)}} ; B_4 = 1 + \frac{3}{C_4 \sqrt{2(n-1)}}$							
$A = \frac{3}{\sqrt{n}} ; A_3 = \frac{3}{C_4 \sqrt{n}} ; C_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}$									$B_5 = C_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}} ; B_6 = C_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$							

Anexo 2

Tabla 1

Destreza o habilidad			
+ 0.15	.....	A1	Extrema
+ 0.13	.....	A2	Extrema
+ 0.11	.....	B1	Excelente
+ 0.08	.....	B2	Excelente
+ 0.06	.....	C1	Buena
+ 0.03	.....	C2	Buena
0.00	.....	D	Regular
- 0.05	.....	E1	Aceptable
- 0.10	.....	E2	Aceptable
- 0.16	.....	F1	Deficiente
- 0.22	.....	F2	Deficiente

Tabla 2

Esfuerzo (o empeño)			
+ 0.13	.....	A1	Excesivo
+ 0.12	.....	A2	Excesivo
+ 0.10	.....	B1	Excelente
+ 0.08	.....	B2	Excelente
+ 0.05	.....	C1	Buena
+ 0.02	.....	C2	Buena
0.00	.....	D	Regular
- 0.04	.....	E1	Aceptable
- 0.08	.....	E2	Aceptable
- 0.12	.....	F1	Deficiente
- 0.17	.....	F2	Deficiente

Tabla 3

Condiciones			
+ 0.06	.....	A	Ideales
+ 0.04	.....	B	Excelentes
+ 0.02	.....	C	Buenas
0.00	.....	D	Regulares
- 0.03	.....	E	Aceptables
- 0.07	.....	F	Deficientes

Tabla 4

Consistencia			
+ 0.04	.....	A	Perfectas
+ 0.03	.....	B	Excelente
+ 0.01	.....	C	Buena
0.00	.....	D	Regular
- 0.02	.....	E	Aceptable
- 0.04	.....	F	Deficiente