

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN LA CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO
DE ENVASADO DE ALCOHOLES DE LA
FÁBRICA NACIONAL DE LICORES, GRECIA,
PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL 2018.**


Sustentante: Natali Jiménez Soto

Tutor: Lic. Ing. Juan Matamoros León

I SEMESTRE, 2018

DECLARACIÓN JURADA

Yo Natali Jiménez Soto, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 2-643-211 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Propuesta de mejora en el proceso de envasado de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores, Grecia, para el primer semestre del 2018, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Alajuela, a los dieciocho días del mes de julio del año dos mil dieciocho.



Firma del estudiante

Cédula 2-643-211

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 24 de mayo del 2018.

Destinatario
Carrera
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

La estudiante Natali Jimenez Soto, cédula de identidad número 2-643-221, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Propuesta de mejora en el proceso de envasado de alcoholes de la fábrica nacional de licores, Grecia, para el primer Semestre del 2018", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

| | | | |
|----|---|------|-----|
| a) | ORIGINAL DEL TEMA | 10% | 8% |
| b) | CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES | 20% | 17% |
| c) | COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION | 30% | 30% |
| d) | RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 20% | 18% |
| e) | CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO | 20% | 20% |
| | TOTAL | 100% | 93% |

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Juan Alonso

Nombre: Lic. Ing. Juan Matamoros Leon
Cédula identidad N: 4-0191-0095
Carné Colegio Profesional N: II-26249

CARTA DEL LECTOR

San José, 28 de junio de 2018

Señores

Departamento de Registro

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En calidad de lector del proyecto de graduación presentado por la estudiante Natali Jiménez Soto, titulado ***“PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO DE ENVASADO DE ALCOHOLES DE LA FÁBRICA NACIONAL DE LICORES, GRECIA, PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL 2018”***, para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Es por esta razón que considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado al proceso de revisión por el filólogo.

Atentamente,



Lic. Nahum Montiel Salas

Cédula: 3-0398-0713

Cartago, 13 de julio de 2018

Señores:

Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

Yo, María Fernanda Sanabria Coto, cédula de identidad 1-1429-0780, bachiller en Filología española, perteneciente a la Asociación Costarricense de Filólogos carné 225 y al Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Artes de Costa Rica código 75402, hago constar que he revisado el proyecto titulado:

Propuesta de mejora en el proceso de envasado de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores, Grecia, para el primer semestre de 2018.

Dicho documento fue elaborado por Natali Jiménez Soto, cédula de identidad 2-0643-0211. El proyecto fue realizado con el fin de optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial. He revisado y corregido aspectos tales como construcción de párrafos, vicios del lenguaje trasladados a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico. Por lo tanto, con los cambios aplicados, considero que está listo para ser presentado.

Atentamente,

Fernanda S. Coto



María Fernanda Sanabria Coto
Asociación Costarricense de Filólogos. Carné nro. 225
Colypro. Código 75402
fernanda.sanabria@filologos.cr

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, por estar a mi lado en cada paso, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por poner en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este periodo de estudio.

A mis padres, por haberme dado la vida, por todo su apoyo, su comprensión y sus consejos, porque gracias a ellos hoy soy lo que soy, por enseñarme a nunca rendirme y a esforzarme para lograr mis objetivos.

A mi esposo, por todo su amor y apoyo en todo momento, por motivarme en las situaciones difíciles y por creer en mí siempre.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco primero a Dios, por permitirme cumplir una meta más en mi vida, por todas las bendiciones que ha puesto en mi camino; a mis padres, por estar siempre a mi lado, por ser los pilares de mi vida, por inculcarme todos los valores y los principios que me hacen ser hoy todo lo que soy y a mi esposo, por ser mi apoyo incondicional, mi motor, mi motivación, por el cual deseo ser cada día una mejor persona.

A todas las personas que de una u otra manera me ayudaron y motivaron a ser una mejor persona y una mejor profesional.

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA..... | XIV |
| AGRADECIMIENTO..... | XV |
| CAPÍTULO I | 18 |
| PROBLEMA DEL PROYECTO | 18 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 19 |
| 1.1.1 Introducción al tema del proyecto. | 22 |
| 1.1.2 Antecedentes de contexto de la empresa. | 24 |
| 1.1.3 Justificación del problema. | 30 |
| 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 33 |
| 1.2.1 La idea del problema..... | 33 |
| 1.2.2 La pregunta del problema. | 33 |
| 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... | 34 |
| 1.3.1 Objetivo general. | 34 |
| 1.3.2 Objetivos específicos. | 34 |
| 1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES | 35 |
| 1.4.1 Alcances..... | 35 |
| 1.4.2 Limitaciones. | 35 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO..... | VII |
| 2.1 MARCO CONCEPTUAL RELATIVO AL ASPECTO DE LA CARRERA..... | 38 |
| 2.1.1 Estudio de trabajo. | 38 |
| 2.1.2 Estudio de tiempos y movimientos. | 39 |
| 2.1.2. Productividad..... | 52 |

| | |
|---|----|
| 2.1.3. Balanceo de líneas..... | 58 |
| 2.1.4. Automatización de procesos..... | 62 |
| 2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS | 66 |
| 2.2.1 Herramientas de calidad..... | 73 |
| a)Diagrama de Ishikawa..... | 73 |
| b)Diagrama de flujo de procesos..... | 75 |
| d). Diagrama de Pareto | 77 |
| e)Análisis Costo Beneficio..... | 79 |
| 2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DE UN PROYECTO ... | 85 |
| 2.3.1 Impacto económico..... | 85 |
| 2.3.2 Aumento de capacidad de producción..... | 85 |
| 2.3.3 Impacto en el recurso humano..... | 86 |
| 2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS: RESULTADOS DE EXPERIENCIAS ANTERIORES, SIMILITUDES O DIFERENCIAS | 88 |
| CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO..... | 28 |
| 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 91 |
| 3.2. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO | 93 |
| 3.3 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO..... | 96 |
| 3.4. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO..... | 98 |
| CAPÍTULO IV..... | 92 |

| | |
|--|-----|
| DIAGNÓSTICO. 4.1DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA..... | 100 |
| 4.1.1. Instrumento para un diagnóstico..... | 100 |
| 4.2RECOLECCIÓN DE DATOS, CARACTERÍSTICAS, PROTOTIPO | 100 |
| 4.2.1 Procesamiento de la información..... | 104 |
| CAPÍTULO V. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO..... | 138 |
| 5.1 DESCRIPCIÓN | 142 |
| 5.1.1. Capacidad real diaria..... | 142 |
| 5.1.2 Eficiencia de la línea de envasado..... | 142 |
| 5.1.3. Causas detectadas más importantes que se van a atacar..... | 143 |
| 5.1.4 Propuesta..... | 151 |
| 5.1.5. Nueva capacidad de la línea..... | 162 |
| 5.1.6 Nueva eficiencia..... | 162 |
| 5.1.7 Costos de implementación..... | 167 |
| 5.1.8 Análisis de factibilidad económica..... | 169 |
| CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 102 |
| 6.1. CONCLUSIONES..... | 173 |
| 6.2 RECOMENDACIONES | 179 |
| REFERENCIAS..... | 102 |
| APÉNDICES..... | 107 |
| GLOSARIO..... | 206 |
| ANEXOS | 207 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Demanda anual de alcoholes | 20 |
| Tabla 2 Tipos de productos | 27 |
| Tabla 3 Hoja de datos del método gráfico | 511 |
| Tabla 4 Cálculos para la Velocidad y Longitud de la línea | 60 |
| Tabla 5 Variables para realizar un balance de línea | 62 |
| Tabla 6 Cantidad de tareas de cada Subproceso | 111 |
| Tabla 7 Simbología del cursograma | 112 |
| Tabla 8 Resultados del cursograma analítico para la presentación de 5 litros.... | 113 |
| Tabla 9 Resultados del cursograma analítico para la presentación de 1 litro | 117 |
| Tabla 10 Atrasos generados en el proceso de envasado de alcohol | 119 |
| Tabla 11 Producción Real del 2017 | 122 |
| Tabla 12 Comparación entre demanda y producción | 123 |
| Tabla 13 Pérdidas económicas | 125 |
| Tabla 14 Cálculo de muestra para estudio de tiempos 5 litros | 126 |
| Tabla 15 Tiempos Suplementarios | 130 |
| Tabla 16 Tiempos finales en segundos presentación 5 litros | 130 |
| Tabla 17 Resumen del estudio de tiempos 5 litros | 131 |
| Tabla 18 Cálculo de muestra para estudio de tiempos 1 litro | 132 |
| Tabla 19 Tiempos finales en segundos presentación 1 litro | 133 |
| Tabla 20 Resumen del estudio de tiempos 1 litro | 135 |
| Tabla 21 Resultados diagrama Hombre- Máquina | 137 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 22 Medición de Eficiencia OEE actual..... | 138 |
| Tabla 23 Análisis Medición del OEE | 139 |
| Tabla 24 Tiempo ocioso del personal..... | 152 |
| Tabla 25 Balance de línea..... | 154 |
| Tabla 26 Resumen balance de línea..... | 155 |
| Tabla 27 Cálculo de la eficiencia OEE con las propuestas | 163 |
| Tabla 28 Eficiencia OEE con máquina nueva | 163 |
| Tabla 29 Indicadores para máquina nueva | 165 |
| Tabla 30 Costos de implementación de la propuesta..... | 166 |
| Tabla 31 Ingresos proyectados | 167 |
| Tabla 32 Comparación de ingresos actuales con propuestas realizadas..... | 168 |
| Tabla 33 Ganancias generadas en el lapso de un mes | 169 |
| Tabla 34 Comparación de Ingresos actuales con propuestas realizadas..... | 170 |
| Tabla 35 Ganancias generadas en el lapso de un mes..... | 178 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 Demanda anual de alcoholes..... | 21 |
| Figura 2.Fotografía Torre de Destilación de Alcoholes de FANAL | 25 |
| Figura 3 Organigrama de FANAL..... | 29 |
| Figura 4 Factores que afectan la Productividad | 55 |
| Figura 5 Modelo Estructural de un Sistema Automatizado..... | 65 |
| Figura 6 Etapas del DMAIC..... | 67 |
| Figura 7 Diagrama de Ishikawa..... | 74 |
| Figura 8 Simbología del Diagrama de Flujo | 76 |
| Figura 9 Principio de Pareto | 78 |
| Figura 10 Gráfico de Gantt..... | 97 |
| Figura 11 Fotografía tomada en el área de envasado de alcoholes de FANAL .. | 102 |
| Figura 12 Fotografía tomada en el área de envasado de alcoholes de FANAL .. | 103 |
| Figura 13 Diagrama de flujo | 105 |
| Figura 14 Nivel de llenado de alcohol | 106 |
| Figura 15 Pistón de la máquina llenadora de alcoholes con fuga | 107 |
| Figura 16 Fuga de alcohol..... | 108 |
| Figura 17 Pérdidas de alcohol..... | 109 |
| Figura 18 Diagrama SIPOC..... | 110 |
| Figura 19 Cursograma analítico para la presentación de 5 litros | 112 |
| Figura 20 Cursograma analítico para la presentación de 1 litro | 116 |
| Figura 21 Diagrama Ishikawa..... | 118 |
| Figura 22 Diagrama de Pareto | 120 |

| | |
|---|-----|
| Figura 23 Gráfico comparativo entre demanda y producción real | 123 |
| Figura 24 Pasos para calcular el nivel de confianza | 126 |
| Figura 25 Pasos para calcular el nivel de confianza | 127 |
| Figura 26 Diagrama de distribución..... | 128 |
| Figura 27 Valoración de Ritmo de trabajo | 129 |
| Figura 28 Diagrama Hombre - Máquina | 136 |
| Figura 29 Fotografías de la línea de envasado antes del Seiton..... | 145 |
| Figura 30 Área de envasado de alcoholes limpia..... | 146 |
| Figura 31 Fotografía lugar asignado para producto terminado | 147 |
| Figura 32 Fotografía diferencias del antes y del después | 148 |
| Figura 33 Fotografía diferencias del antes y del después | 149 |
| Figura 34 Lista de verificación para las 5S..... | 150 |
| Figura 35 Distribución actual de la línea de envasado | 151 |
| Figura 36 Propuesta para línea de envasado | 153 |
| Figura 37 Pruebas realizadas con 7 galones | 157 |
| Figura 38 Pruebas realizadas con 14 galones | 157 |
| Figura 39 Pruebas realizadas con 21 galones | 158 |
| Figura 40 Pruebas realizadas con 28 galones | 158 |
| Figura 41 Propuesta trasiego de alcohol por medio de tuberías | 160 |
| Figura 42 Gráfico comparativo de ventas..... | 170 |

ABREVIATURAS

| | |
|-------|--|
| CNP | Consejo Nacional de Producción |
| FANAL | Fábrica Nacional de Licores |
| Ts | Tiempo Estándar |
| DOP | Diagrama de Operación de Proceso |
| OEE | Eficiencia General de los Equipos. |
| 5S | Es una metodología japonesa para organizar el trabajo. |
| SPT | Sistema de Producción Toyota |

RESUMEN

Este proyecto para optar por el grado de Licenciatura en la carrera de Ingeniería Industrial busca mejorar el proceso de envasado de alcoholes en el Departamento de Producción de Licores de la Fábrica Nacional de Licores, ubicada en Grecia, Alajuela, entre los meses de setiembre de 2017 a abril de 2018. La Fábrica Nacional de Licores es una empresa pública que se dedica a la producción de licores y de alcoholes. Actualmente, tiene a nivel nacional el monopolio de la venta de los alcoholes, los clientes más importantes en esta línea son la Caja Costarricense del Seguro, empresas cosméticas y de perfumería, Coca Cola, empresas envasadoras de alcohol, entre otras.

Dicho proyecto tiene como finalidad definir las variables o causas que generan problemas con el cumplimiento de las metas para la línea de envasado, además, se busca mejorar esta línea, con el fin de que sea una línea eficiente, con una capacidad instalada correcta para el cumplimiento de la demanda del mercado y establecer indicadores de desempeño, con el objetivo de mantener y controlar la producción y luego mejorar dicha línea.

CAPÍTULO I
PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Fábrica Nacional de Licores tiene el monopolio de la venta de alcohol en Costa Rica, este producto es utilizado en diferentes industrias como la cosmética, la licorera y la salud. Anteriormente, se vendía el alcohol en recipientes que suministraba el cliente, por lo que no era necesario contar con una línea de envasado para los alcoholes, sin embargo, el mercado es cambiante y los requerimientos de los clientes varían. A partir del año 2016, algunos clientes comenzaron a solicitar que el alcohol se les despachara en presentaciones de uno y cinco litros.

Debido a esta solicitud, se instaló una línea de producción con lo que se tenía en ese momento, con mesas de trabajo que no se utilizaban y una máquina llenadora que el personal de mantenimiento armó para este fin. El proceso de envasado actual es ineficiente, ya que la máquina envasadora es “hechiza” y antigua. En esta línea están ubicados cuatro funcionarios: uno en la máquina llenadora y acomodando los envases, otro tapando manualmente, otro pegando etiquetas de forma manual y otro entarimando.

Debido a la forma ineficiente de envasado que actualmente se utiliza, no se logra cumplir la demanda de los clientes, hay gran cantidad de tiempos muertos, no existen controles, procedimientos ni índices de productividad. Otro factor que surge a raíz de este problema es la cantidad de tiempos muertos que se generan,

ya que durante el tiempo que duran llenándose los envases, los otros tres funcionarios no hacen ninguna tarea.

En la tabla 1, se muestra la demanda anual de alcoholes que requiere la Caja Costarricense de Seguro Social, donde se desglosa el tipo de alcohol y las cantidades mensuales que necesitan.

Tabla 1
Demanda anual de alcoholes

| Tipo de alcohol | En | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Agost | Sept | Octu | Nov | Dic | TOTAL ANUAL |
|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Alcohol de 70º con colorante 5 L | 10 063 | 10 063 | 10 063 | 10 063 | 10 063 | 10 063 | 10 063 | 10 063 | 10 063 | 10 063 | 10 063 | 10 063 | 120 756 |
| Alcohol de 70º con colorante 1 L | 8 895 | 8 895 | 8 895 | 8 895 | 8 895 | 8 895 | 8 895 | 8 895 | 8 895 | 8 895 | 8 895 | 8 895 | 106 740 |
| Solución Alcohólica Antiséptica . | 8 140 | 8 140 | 8 140 | 8 140 | 8 140 | 8 140 | 8 140 | 8 140 | 8 140 | 8 140 | 8 140 | 8 140 | 97 680 |
| Alcohol 95º 5 L. | 3 940 | 3 940 | 3 940 | 3 940 | 3 940 | 3 940 | 3 940 | 3 940 | 3 940 | 3 940 | 3 940 | 3 940 | 47 280 |
| Alcohol de 70º sin colorante 5 L. | 2 307 | 2 307 | 2 307 | 2 307 | 2 307 | 2 307 | 2 307 | 2 307 | 2 307 | 2 307 | 2 307 | 2 307 | 27 684 |
| Alcohol 95º 1 L. | 2 071 | 2 071 | 2 071 | 2 071 | 2 071 | 2 071 | 2 071 | 2 071 | 2 071 | 2 071 | 2 071 | 2 071 | 24 852 |
| Alcohol Etilico Absoluto 5 L. | 577 | 577 | 577 | 577 | 577 | 577 | 577 | 577 | 577 | 577 | 577 | 577 | 6 924 |
| TOTAL | 35 993 | 35 993 | 35 993 | 35 993 | 35 993 | 35 993 | 35 993 | 35 993 | 35 993 | 35 993 | 35 993 | 35 993 | 431 916 |

Fuente: Departamento de Mercadeo, FANAL.

Con el fin de visualizarlo de una manera más gráfica, a continuación, se presenta en la figura 1 la demanda de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores.

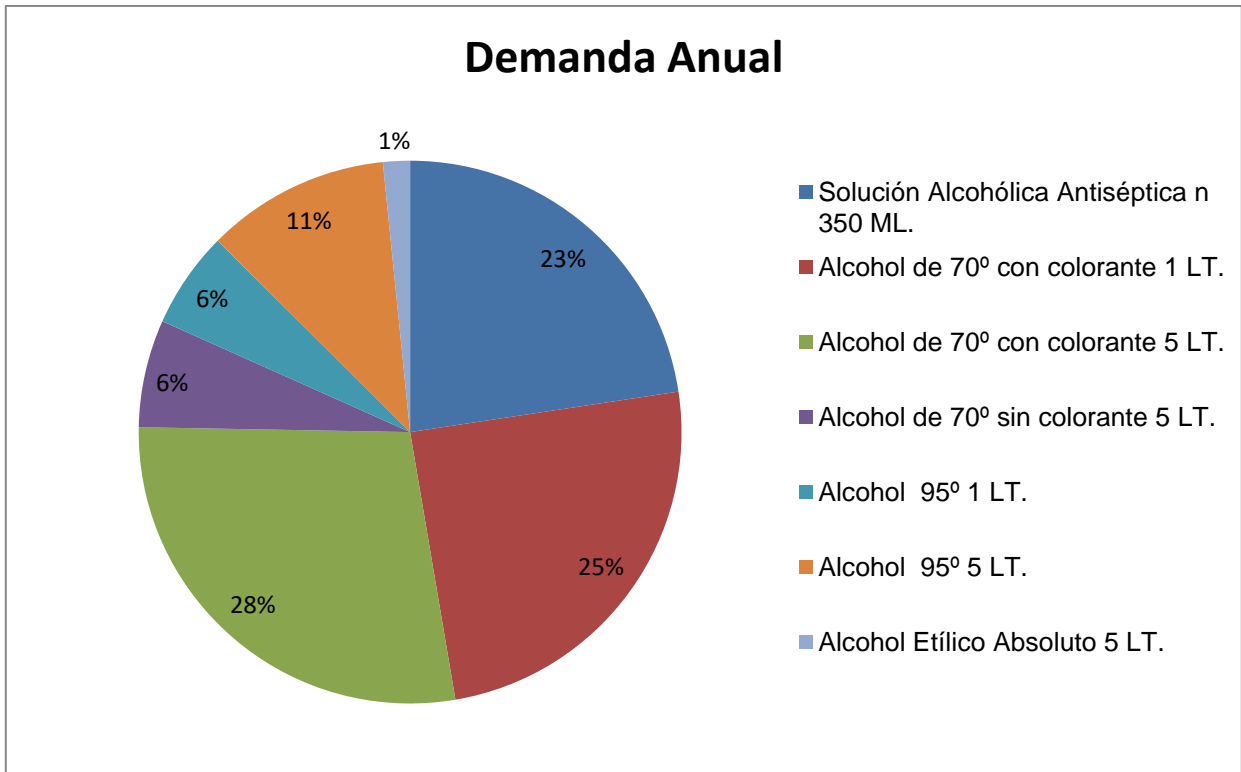


Figura 1

Demanda anual de alcoholes

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 1, de los diferentes tipos de alcoholes que se producen en FANAL, hay tres de ellos de mayor demanda, los cuales son:

- Solución antiséptica.
- Alcohol de 70° con colorante en presentación de un litro.
- Alcohol de 70° con colorante en presentación de cinco litros.

Este proyecto se enfocará en buscar la mejora en el envasado de alcohol de uno y cinco litros por su demanda. No se enfocará en la solución antiséptica, ya que esta está siendo maquilada por otra empresa que fue contratada para este fin,

sin embargo, al mejorar la línea de envasado de los alcoholes, se puede esperar que en un futuro este producto también sea envasado en FANAL.

Es de suma importancia buscar alguna mejora en este proceso, debido a la demanda tan alta del alcohol. Esto sucede en todas las empresas, ya que hoy en día es necesario contar con procesos adecuados para cada producto, un ejemplo de este tema es el caso de la empresa Ropa del Caribe S.A., donde Vega (2011) afirma:

... Por lo tanto, debe buscar maximizar los recursos para lograr ser cada vez más eficiente y productiva, lo que le permite mantenerse en el mercado y darle una respuesta en el tiempo justo al cliente con la mejor calidad y siempre en busca de la mejora continua. (p.19)

Esta empresa, al igual que FANAL, no contaba con una línea de producción adecuada y eficiente, ya que se trabajaba de manera empírica y en muchas ocasiones los datos no coincidían con la realidad. El ideal de toda empresa es maximizar los recursos y atender los requerimientos del cliente en el tiempo justo, además de mejorar cada día y así incrementar sus ingresos, por lo que es necesario buscar la forma de mejorar este proceso.

1.1.1 Introducción al tema del proyecto.

En el primer capítulo, se aborda la definición detallada del problema, los antecedentes de la empresa, su estructura organizacional, los productos que

comercializa tanto alcoholes como licores, además, se aborda la justificación del problema y la importancia que tiene el proyecto para la empresa. Otros puntos importantes en este capítulo son los objetivos, tanto el general como los específicos; así como los alcances que se obtendrán de este proyecto y también las limitaciones del mismo.

En el segundo capítulo, se investigan en el marco teórico todos los temas relacionados con el problema que se desea abordar, se incluyen conceptos básicos, se analizan los factores que se relacionan y antecedentes del problema a nivel institucional, nacional o mundial. Además, en el tercer capítulo, se determina el tipo de investigación que se llevará a cabo, dependiendo de las características particulares que presente el proyecto, así mismo, en este capítulo se constituye el respaldo metodológico de la propuesta del proyecto de graduación, así como la metodología para la implementación del proyecto que se desea llevar a cabo. Otro punto importante en este capítulo es la metodología que respalda la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados del proyecto, la cual se espera que aplique para garantizar la sostenibilidad de la propuesta.

En el cuarto capítulo, se aborda la situación actual, por medio de la recolección y análisis de datos como estadísticas, tomas de tiempos, entre otros, los cuales son importantes para evaluar el problema y realizar un diagnóstico oportuno.

En el quinto capítulo, se desarrolla el diseño de la propuesta, es decir, se plasma de manera escrita el desarrollo técnico aplicado para poder realizar las

soluciones al problema mencionado anteriormente. En este capítulo, se determinan los factores que están afectando la situación de la empresa y se evidencian las acciones que se deben tomar para solucionar el problema en el Departamento de Producción de alcohol etílico de la Fábrica Nacional de Licores.

En el sexto capítulo, se abordan los logros obtenidos con el proyecto realizado, se identifican claramente los beneficiarios directos e indirectos, se establecen los beneficios económicos estimados con la aplicación de este proyecto y se valida el cumplimiento de los objetivos planteados al inicio de la investigación.

1.1.2 Antecedentes de contexto de la empresa.

La Fábrica Nacional de Licores fue creada en el año 1856, bajo decreto N.º 99 de la República, con el propósito de fomentar la industria cañera y resguardar la salud pública ante el consumo de licores perniciosos por su alto contenido de impurezas y elementos tóxicos. En sus inicios, se instalaron los primeros equipos de destilación en unas bodegas situadas donde, actualmente, se encuentra el Edificio Metálico o Escuela Buenaventura Corrales.



Figura 2.

Torre de destilación de alcoholes de FANAL

Fuente: elaboración propia.

El 24 de agosto de 1856, se inauguró con el nombre de Fábrica Nacional de Aguardientes la primera planta, con la asistencia del presidente de la República de entonces, el señor Juan Rafael Mora Porras. Este edificio ubicado en San José es administrado actualmente por el Ministerio de Cultura y utilizado para el desarrollo del arte y la cultura.

Hoy en día, FANAL cuenta con una moderna planta de producción y envasado de licores, inaugurada el 26 de agosto de 1981, la cual ha recibido el honroso mérito de ser catalogada como una de las mejores de Latinoamérica. La Fábrica Nacional de Licores es la única agroindustria nacional, cuyo nacimiento ha estado ligado al desarrollo del Estado costarricense.

El control de la producción de aguardiente significaba una importante fuente de ingresos para el Estado; sin embargo, esta se ve mermada por la producción sin autorización, denominada clandestina o de contrabando, la cual influye en la calidad y afecta la salud pública. Durante el gobierno de don Juan Rafael Mora Porras, el Estado costarricense decidió centralizar la producción y distribución de licores del país, debido a las necesidades de incrementar sus rentas, mejorar el control de la Salud Pública e impulsar la agricultura de la caña y la industria del aguardiente.

En 1853, se inicia la construcción del primer edificio para la Fábrica Nacional de Licores y el 24 de agosto de 1856 se inaugura oficialmente. Dicho edificio fue utilizado durante 137 años y actualmente alberga el Centro Nacional de la Cultura. El crecimiento de la ciudad de San José y las necesidades de ampliación de la fábrica, hacen que el 13 de junio de 1950 se publique la licitación del Consejo Nacional de la Producción para adquirir una propiedad para la Fábrica Nacional de Licores, en la Gaceta.

En su origen, FANAL producía licor a granel y entre los años 1976-1977, se comenzó a envasar el licor producido. En marzo de 1982, se logró producir alcohol y disminuir una serie de presiones por parte de hospitales y organizaciones industriales por demanda de este producto.

Durante 1992-1993, se lanza al mercado el guaro Cacique Rojo, envasado en botella plástica de 365 ml, desde entonces ha venido creciendo en un 15 a un 20 % anual. En la actualidad, la Fábrica Nacional de Licores se encuentra ubicada en Rincón de Salas de Grecia, cantón de la provincia de Alajuela; el Consejo Nacional de la Producción (CNP) contribuye al desarrollo del país, por medio de los ingresos que traslada principalmente.

Tabla 2
Tipos de productos

| Línea Licores Cacique | Línea Licores Finos | Línea de Cremas | Línea de Alcoholes |
|------------------------------|------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Guaro Cacique | Guaro Cacique Superior | Anís Imperial | Alcohol Anhidro |
| Ginebra Extraconcha | Ron Magallanes | Triple Sec | Alcohol 38-B |
| Ron colorado | Ron Viejo | Menta Verde | Alcohol 39-B |
| | Ron Marques Carta Blanca | Perfecto Amor | Alcohol de 70° |
| | Vodka Zar | Café Tico | Alcohol de 95° |
| | Ron Marques Reserva Especial | | Solución Antiséptica |
| | Súper Cañita | | |

Fuente: Departamento de Mercadeo de FANAL.

Como se puede observar en la tabla 1, FANAL produce gran variedad de productos, en las líneas de Licores Cacique, donde el producto estrella es el Guaro Cacique; la línea de Licores Finos, línea de cremas y, por otra parte, la línea de los alcoholes.

Visión

La Fábrica Nacional de Licores se mantendrá como una empresa líder en la elaboración de bebidas alcohólicas y en la producción de las materias primas para la industria licorera. Observará los más altos estándares de calidad e innovación en sus procesos productivos, para satisfacer plenamente los gustos y preferencias del mercado licorero, tanto en el ámbito nacional como internacional, considerando este último como su principal factor de dinamismo.

Misión

La Fábrica Nacional de Licores es una empresa estatal altamente especializada en la producción de alcoholes, rones y bebidas alcohólicas para el consumo humano. Está comprometida en garantizar a la sociedad costarricense una alta calidad en los productos que fabrica y en las materias primas que suministra al sector privado.

Organigrama

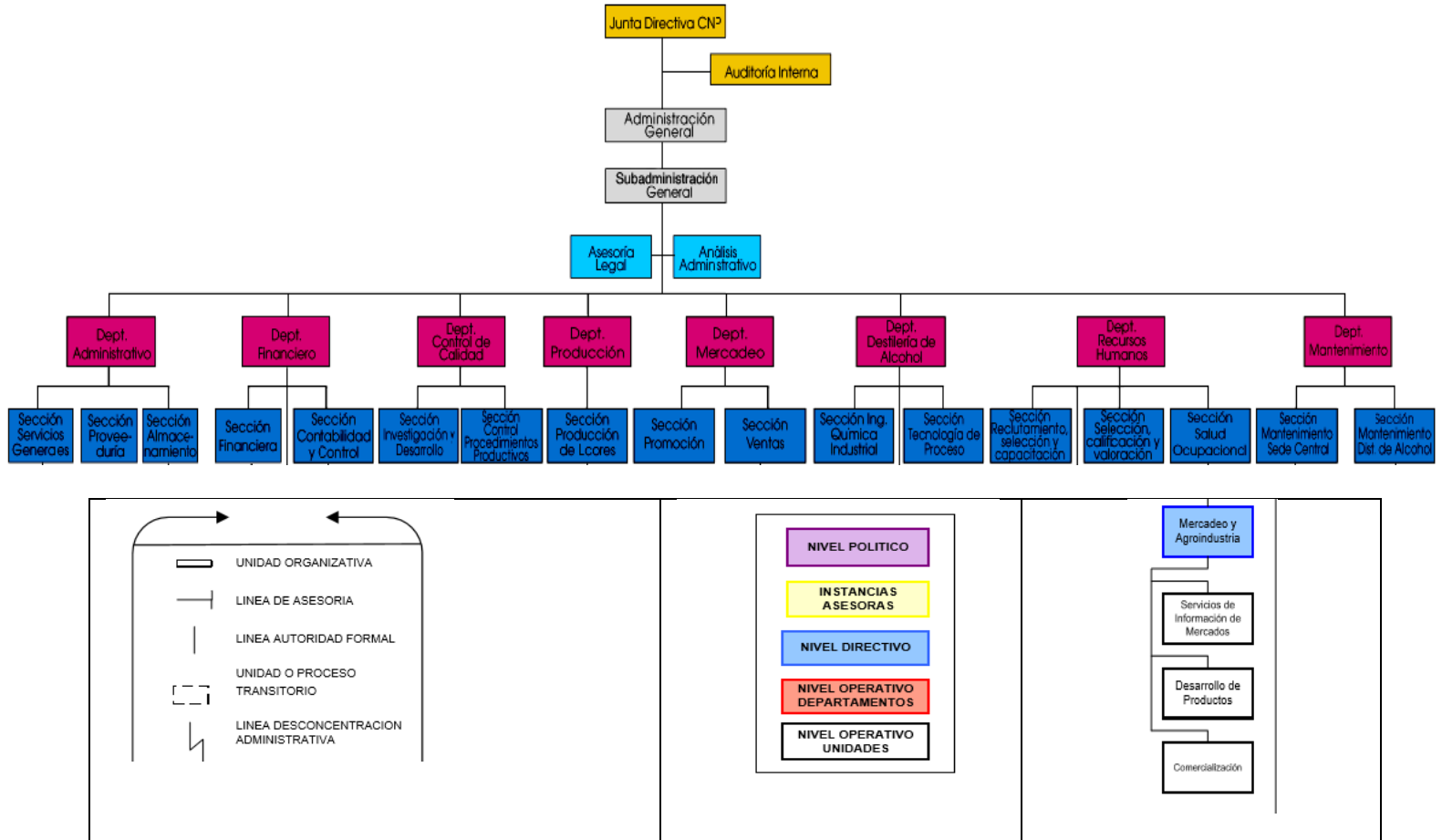


Figura 3

Organigrama de FANAL

Fuente: Departamento de Recursos Humanos de FANAL.

1.1.3 Justificación del problema.

Actualmente, FANAL cuenta con cuatro líneas de envasado para todos sus productos: envasado de licores en presentación de un litro, envasado de licores en presentación 350 ml, cremas y envasado de alcoholes. De las cuatro líneas de envasado, solamente el proceso de envasado de alcoholes es ineficiente, existen demasiados tiempos muertos, hay demasiado personal realizando pocas tareas en la producción de esta línea. Debido a todas estas ineficiencias, genera pérdidas de aproximadamente ¢490.453.006,00 solo en ventas que ha dejado de realizar por no producir las cantidades suficientes para abastecer las necesidades del mercado.

Otro punto sobre la importancia de este proyecto es el producto que se envasa en esa línea, ya que en la actualidad el uso de alcohol es de gran importancia en el campo de la salud, debido a sus propiedades es utilizado para desinfectar y limpiar tanto las manos de los médicos y personas en general como las instalaciones de los centros médicos, en los cuales se acumulan gran cantidad de gérmenes y bacterias. Esta afirmación es respaldada por el autor Xavier Bonafont, en su libro *Antisepsia y desinfección en el hospital*, en el cual expresa:

El alcohol es un antiséptico de nivel intermedio con acción rápida y baja toxicidad. Es un buen bactericida y fungicida, con potencia intermedia frente a virus. Presenta buena actividad frente a las bacterias grampositivas y gramnegativas, *M. tuberculosis* y *M. chelonae*, y diferentes virus con cubierta. (Bonafont, 2011, p. 7)

La Fábrica Nacional de Licores es la única empresa que produce y vende alcohol a nivel nacional, por lo que es el único proveedor de este producto, lo que genera una demanda muy alta y una capacidad instalada muy baja. La implementación de este proyecto es de gran ayuda para la fábrica, ya que mejorará el proceso de envasado de alcoholes y se reducirán desperdicios; como valor agregado, el producto tendrá mayor calidad y se le brindará un mejor servicio al cliente final.

Otros que se verían beneficiados indirectamente son todos los costarricenses, ya que podrán contar con un producto de alta calidad para proteger su salud de muchas enfermedades virales, las cuales se previenen por medio de la limpieza y desinfección de manos e instalaciones con alcohol. Este tipo de alcohol es utilizado en todos los hospitales y clínicas de salud del Estado, por el personal del hospital para la limpieza y desinfección de las instalaciones, además, para desinfectarse las manos en todas las áreas de salud. Este proceso es de suma importancia, ya que ayuda a evitar la propagación de virus y bacterias en todas las personas que se encuentran utilizando los servicios de salud que brinda el gobierno. Además, es utilizado por la industria cosmética, la licorera, para perfumería, entre otras.

Toda empresa se debe enfocar en la mejora continua, maximizar sus recursos, reducir costos y buscar brindarle al cliente un valor agregado.

No es exagerado decir que el rendimiento y la competitividad de la empresa, emanan en una gran medida, de los correspondientes a las actividades de su sistema productivo, ya que, en efecto, según ya ha sido expuesto, el valor

añadido, objetivo básico de la empresa, se genera inicialmente en el sistema productivo y todo aumento del mismo redundaría necesariamente en una mayor competitividad para la empresa. (Cuatrecasas, 2012, p.47)

Es importante que la Fábrica Nacional de Licores mejore sus procesos, específicamente en la línea de envasado de alcoholes, la cual, a pesar de ser la línea de producción más reciente, se ha convertido en una de las más importantes, ya que se encuentra ligada al sector de salud del país. Por otro lado, si se analiza desde el punto de vista tecnológico, hoy en día las empresas deben buscar la manera de innovar y actualizarse, ya que deben competir en un mercado que crece cada día y se innova constantemente.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 La idea del problema.

La línea de envasado de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores es un completo caos, ya que no está estandarizada, se realiza el proceso de manera manual y se desperdician tiempos productivos, debido a la poca cantidad de producto que se puede producir al día.

Esta problemática se genera a raíz de que la línea de producción no es eficiente, existen muchos tiempos muertos, hay más personal del que realmente se necesita, además, no existe un lugar específico para la materia prima ni para el producto terminado, lo que genera un lugar de trabajo desordenado, con obstáculos y aglomerado. Debido a esta carencia, se generan molestias de los clientes, se dan muchos desperdicios y no existen controles.

1.2.2 La pregunta del problema.

¿De qué manera se puede mejorar el proceso de envasado de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general.

Elaborar una propuesta para mejorar el proceso de envasado de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores, mediante la identificación de los desperdicios de la metodología Lean Manufacturing que se presentan en la línea.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Calcular la capacidad actual de la línea por día, con el fin de determinar la situación actual de la línea de producción.
- Conocer la eficiencia actual y determinar los desperdicios presentes en la línea de producción.
- Calcular la nueva capacidad de la línea con las mejoras realizadas en el proceso de envasado de alcoholes.
- Hacer el análisis de factibilidad económica para ver la rentabilidad de modernizar esta línea.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances.

El proyecto se realizará en la línea de envasado de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores, la cual cuenta con una máquina llenadora artesanal (fabricada por el personal del Departamento de Mantenimiento de la empresa), cuyo mecanismo es manual, trabaja por presión ejercida del pistón y del aire interno de la botella. Está unida a un tanque donde se almacena el alcohol, cuya capacidad teórica es de 400 litros, pero su capacidad real es de 326.7 litros. Además, cuenta con siete pistones y con una capacidad por ciclo de máquina llena 35 litros en presentación de cinco litros y de siete litros en presentación de litro.

El objetivo de este estudio es mejorar el proceso de envasado de los distintos tipos de alcoholes que produce y envasa FANAL, dentro de los cuales los más vendidos son: el alcohol de 70° en presentación de cinco y un litro. En este estudio, se analizarán solamente los factores que impactan las salidas de estos productos en la línea de producción.

1.4.2 Limitaciones.

La información que la empresa considere no será suministrada debido a la política de confidencialidad. Además, la recolección de datos y análisis de la línea de envasado tuvieron complicaciones, ya que, por motivos fuera de control de FANAL, esta línea estuvo detenida por un tiempo aproximado de dos meses y no se permitió realizar pruebas con el personal y la máquina, debido a que no es permitido utilizar recursos de

la empresa para beneficio propio, como lo es en este caso utilizar los datos para el proyecto de graduación.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL RELATIVO AL ASPECTO DE LA CARRERA

2.1.1 Estudio de trabajo.

El estudio del trabajo es una forma de realizar un análisis sobre cómo se está realizando actualmente el proceso, el método que se está utilizando en la línea de llenado de alcohol.

El estudio de trabajo es un examen sistemático de los métodos para la realización (sic) actividades con el objetivo de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando. (Kanawaty, 1996, citado por Chacón, 2017)

Por otra parte, Quesada y Villa (2007) definen la medición del trabajo de la siguiente manera:

Es la actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables. (p.125)

Con la elaboración del estudio de trabajo, se pretende analizar todo el proceso que actualmente se lleva a cabo, las técnicas que se aplican y el análisis de los tiempos, esto con el fin de buscar una manera de mejorar el proceso y así aumentar la productividad, con el objetivo de satisfacer la demanda de los clientes.

Esta técnica será utilizada en este proyecto para lograr:

- ✓ Mejorar los tiempos de producción.
- ✓ Analizar la posibilidad de automatizar parte del proceso.
- ✓ Aumentar la producción.
- ✓ Incentivar al personal y brindarles equipos con los cuales puedan trabajar de una manera más fácil y rápida.

2.1.2 Estudio de tiempos y movimientos.

Según Meyers (2000), estos estudios tienen una historia y la relata de la siguiente manera:

Estos estudios surgieron aproximadamente en 1880. Se dice que Frederick W. Taylor fue el primero que utilizó un cronómetro para medir el contenido del trabajo. Su propósito fue definir “la jornada justa de trabajo”. Hacia 1900, Frank y Lillian Gilbreth empezaron a trabajar con estudios de métodos. Su meta era encontrar el mejor método. En 1928, Elton Mayo inició lo que se conoce como el movimiento de las relaciones humanas. Por accidente, descubrió que las personas trabajan mejor cuando tienen mejor actitud. (p.8)

Frederick W. Taylor (1856-1915)

Se le conoce como el padre de la administración científica y de la Ingeniería Industrial. Fue la primera persona que se valió de un cronómetro para estudiar el contenido del trabajo y, como tal, se le tiene como el fundador de los estudios de tiempos.

Frank (1868-1924) y Lillian (1878-1972) Gilbreth.

Son conocidos como los padres de los estudios de movimientos. En su búsqueda de toda la vida del mejor método para llevar a cabo una faena específica, desarrollaron muchas nuevas técnicas de estudio del trabajo. Su título como padres de los estudios de movimientos es de aceptación universal.

Para entender la importancia que tienen los usos del estudio de tiempos, se debe de entender el término estándar de tiempo. De acuerdo a su definición es “el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con las siguientes condiciones: un operador calificado y bien capacitado, que trabaja a una velocidad o ritmo normal y hace una tarea específica. Estas tres condiciones son esenciales para comprender un estudio de tiempos. (Meyers, 2000, p. 19)

Al realizar un estudio de movimientos, se puede potencializar el ahorro de recursos de la empresa, al reorganizar las tareas de un proceso para hacerlo más fácil y ordenado. Además, se pueden facilitar las tareas agregando máquinas o herramientas que ayuden de una manera mecánica. “Los estudios de tiempos y

movimientos están considerados como la espina dorsal de la ingeniería industrial, la tecnología industrial y los programas de gerencia industrial, porque la información que generan afecta otras áreas” (Meyers, 2000, p.5).

En los estudios de tiempos y movimientos, además de ser fundamentales para optimizar procesos y potencializar el ahorro, se considera, principalmente, la seguridad del personal, por lo que se debe tomar en cuenta que cada estación de trabajo debe ser segura y contar con todos los equipos de seguridad que se necesiten. F. Taylor citado por Durán (2007) define y explica el estudio de tiempos de la siguiente manera: “El estudio de Tiempos es, de los elementos de la organización científica del trabajo, el que hace posible la transmisión de conocimientos desde la Dirección hacia los trabajadores” (Durán, 2007, p.6).

El estudio de tiempos iniciado por Taylor, se utilizó para determinar los tiempos estándar para que una persona competente realice el trabajo a marcha normal. Las razones por las que se hace necesario tener estimaciones de tiempo son:

- Las compañías deben cotizar un precio competitivo.
- Para hacer una oferta se debe estimar el tiempo y costo de manufactura.
- Establecer un programa de fabricación.
- Evitar tiempos ociosos de máquinas y operarios.
- Cumplir las fechas de embarque a los clientes.
- Planear la llegada de las materias primas.

- Realizar mantenimiento de equipos, instalaciones, orden y aseo de las plantas.
- Predecir las necesidades de equipo y mano de obra o sea las horas-hombre y horas-máquina.
- Pagar según plan de incentivo:

Tiempo oficial permitido x salario por día/ tiempo real requerido.

Decisión entre hacer o comprar todo o partes. (Palacios, 2009, p. 182)

El estudio de tiempos es el complemento necesario del estudio de métodos y movimientos. Consiste en determinar el tiempo que requiere un operario normal, calificado y entrenado, con herramientas apropiadas, trabajando a marcha normal y bajo condiciones ambientales normales, para desarrollar un trabajo o tarea. Comprende tres fases:

- Diseño de operación nueva o perfeccionada.
- Instalación, ajuste, aprendizaje y verificación.
- Estudio de tiempos estándar o representativo.

Una vez que se establece el estándar, no puede variarse arbitrariamente debido a los contratos obrero-patronales. Sólo se pueden variar cuando se efectúa un cambio considerable en la operación en sí, o si se cometió un error de oficina al determinar el estándar. Estos tiempos se deben actualizar por lo menos cada seis meses. (Palacios, 2009, p. 183)

De acuerdo con este autor, existen varios métodos que se utilizan para estimar el tiempo estándar de una operación, de los métodos más usados en la práctica son:

1. **Deducción de experiencias anteriores:** se puede llevar a cabo de muchas maneras, pero las tres más comunes son:

- Extraer los tiempos directamente de estadísticas de producción pasadas y sacar el promedio: $\text{horas/unidad} = \text{promedio horas/unidad}$.
- Usar los mismos datos, pero ajustados adecuadamente respecto a desempeños, métodos y condiciones normales que caracterizan los datos.
- Hacer una estimación directa, basándose en la experiencia que en tales asuntos tenga quien determine los tiempos estándar. Este método tiene la enorme ventaja de la rapidez y el bajo costo. Se usa para trabajos de poca duración y bajo volumen. (Palacios, 2009, p. 183)

2. **Datos estándares:** se aprovecha el volumen de tiempos estándares disponible:

Se analizan estos estándares para determinar si el tiempo normal para una operación depende de las diversas características de la pieza (tamaño, forma, peso, dureza) en la que se efectúa la operación.

A partir de aquí, el tiempo normal para cualquier nueva operación similar se establece sustituyendo en la fórmula resultante las características particulares de la pieza y calculando el tiempo normal. El tiempo estándar se obtiene añadiendo la tolerancia apropiada por retardos y fatiga. Bajo este sistema no es necesario medir directamente, ni observar la operación para poder establecer el estándar, lo único que se necesita es contar con las especificaciones de la pieza.

$T_s = f(\text{tamaño} + \text{forma} + \text{peso} + \text{dureza} + \text{N de operaciones}) + \text{Suplementos.}$

Los datos estándares se usan para establecer las cuotas para clientes potenciales, para programar producción y para pagar incentivos.

3. **Tiempos predeterminados:** son el resultado de muchos estudios con cronómetro, realizados a operaciones que incluyen la mayoría de movimientos y que pueden usarse en otras operaciones mediante la suma de los tiempos de los movimientos similares que se ejecutan en ella. El método de aplicación de este sistema consiste en:
- Estabilizar la operación.
 - Descomponerla en elementos básicos y asignar el grado de dificultad a cada una.
 - Aplicarle los tiempos normales con anterioridad a otras operaciones.

- Aplicarle los suplementos para obtener el tiempo estándar o de aplicación.
4. **Estudio de tiempos con cronómetro:** consiste en determinar el tiempo para realizar un trabajo a una marcha normal. Se utiliza para medir el trabajo y su resultado es el tiempo en minutos que necesitará una persona adecuada para la tarea e instruida sobre el método especificado para ejecutar dicha tarea, si trabaja a una marcha normal. A esto se le llama tiempo normal para la operación.

Se trata de medir con cronómetro, el tiempo empleado en la operación que un trabajador ejecuta, durante un cierto número de repeticiones consecutivas ajustado por la calificación o ritmo de trabajo. (Palacios, 2009, p. 194)

$$T_N = \frac{\text{Velocidad de trabajo observado} \times \text{tiempo observado}}{\text{Velocidad de trabajo normal}}$$

El procedimiento general del estudio de tiempos con cronómetro tiene los siguientes pasos preliminares:

- Ponerse en contacto con las personas involucradas en el estudio de tiempos (operarios, supervisores, directores, etc.).
- Verificar si el método, el equipo, la calidad y las condiciones corresponden a las especificaciones establecidas. Buscar y remediar las ineficiencias.

- Registrar toda la información concerniente a la operación, operador, producto, método, equipo, calidad y condiciones.
- Desglosar el ciclo de trabajo en distintos elementos.
- Recolectar los datos que se obtienen al medir los tiempos y al calificar al operador.
- Procesar los datos.
- Calcular el tiempo representativo, resultante de la medición.
- Aplicar el factor de calificación.
- Aplicar la tolerancia.
- Presentar los resultados.

Palacios (2009) define los factores en la realización del estudio de tiempos de la siguiente manera:

1. Seleccionar el operario. Se selecciona de común acuerdo con el jefe o supervisor y deber ser un operario de tipo medio, porque tiende a trabajar normalmente en forma consistente y sistemática, lo cual facilita al analista de tiempos aplicar un factor de actuación correcto. Por supuesto, el operario deberá estar bien entrenado en el método y tener gusto por su trabajo e interés en hacerlo bien.
2. Analizar los distintos factores que intervienen en el proceso. Es indispensable conocer todas las especificaciones de:
 - Los materiales (tamaño, forma, peso, calidad, tratamientos previos, etc.).

- Herramientas de mano, galgas, plantillas, palancas, etc.
 - Máquinas.
 - Métodos.
 - Medio ambiente.
 - Seguridad.
3. Puestos de trabajo. Hay que analizar con un croquis, los puestos de trabajo, todos los detalles de ubicación de materiales y herramientas, entrada de materiales y salida de productos, movimientos del operario. En fin, se deben hacer todas las mejoras posibles, como aumentar la velocidad o el avance de las máquinas, aproximar los materiales, mejorar las herramientas, disminuir los movimientos y esfuerzos del operario, etc.
4. Observar las condiciones ambientales. Temperatura, humedad, polución, ruido, operario de pie o sentado, estado y condiciones del piso. Estas observaciones son útiles porque repercuten en la aplicación de las tolerancias.
5. Dividir la operación en elementos uniformes, identificables y medibles. Se hace para facilitar la medición. Debe poderse identificar el principio y el final de cada elemento. Los elementos deben ser tan cortos como sea posible medirlos. Deben separarse los tiempos de máquina y los del operario.
6. Tomar y registrar los tiempos.

7. Calcular el número de ciclos por cronometrar. Puede decidirse mediante el buen criterio del analista o matemáticamente utilizando la ecuación siguiente:

$$N = \left(\frac{K/S \sqrt{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right)^2$$

N=Número de medidas representativas de la muestra.

K=Error estándar.

S= Error aceptable.

K/S=Factor de confianza

n=Número de muestras para producir el nivel confianza deseado.

8. Calificar la actividad del operario. A cada lectura de tiempo debe corresponder un ritmo del operario. Ese ritmo es lo que se llama calificación. La calificación hace variar el tiempo tomado, en vista de que los operarios pueden trabajar a ritmos diferentes. Para determinar la calificación, el analista recurre a una escala graduada entre 0 y 100, donde 0 representa reposo absoluto.

60 o 100 es calificación normal. Equivale a un individuo normal, caminando sobre un piso plano, sin ningún obstáculo y sin carga, a una temperatura normal de 18 grados centígrados y una rapidez de 1.25 metros por segundo o 4.5 kilómetros por hora. Este es el ritmo de trabajo de una persona normal, que ejecuta su tarea sin pérdida de tiempo, con el mínimo de movimientos y el máximo de seguridad. El 98 % de las personas pueden alcanzar este ritmo.

80, 120 es calificación óptima. Es de interés particular porque el 50 % de las personas tienden a trabajar a este ritmo, si son remuneradas con incentivos.

100, 140 es calificación excepcional. Que se da a las personas con ritmo extraordinario. Lo logran solamente el 2 % de ellas.

9. Recolectar la información. Una vez acordada la realización del estudio de tiempos se debe:

- ✓ Asegurar que el método, las condiciones de trabajo y las especificaciones de materiales son los adecuados.
- ✓ Verificar que los operarios hayan sido bien entrenados e informados.
- ✓ Hacer un esquema de la pieza y del lugar de trabajo.
- ✓ Describir las herramientas y equipo que utilizará.
- ✓ Dividir la operación en elementos cortos, identificables y medibles.
- ✓ Apremiar la calificación varias veces.
- ✓ Tomar los tiempos.

Al calcular el tiempo representativo, los datos se deben someter a la prueba:

Tiempo X Calificación = Constante.

Con esta prueba se asegura no haber cometido errores en los tiempos o en las calificaciones.

Tiempo representativo

Para determinar el tiempo representativo existen varios métodos, entre ellos se encuentran:

- Media aritmética.
- Método modal.
- Método gráfico.

Media aritmética: es la más común y fácil, también llamada promedio aritmético, es igual a la suma de las observaciones dividida por el número de ellas en una muestra particular.

La fórmula es la siguiente:

$$X = \frac{\sum X_j}{N}$$

Método modal: consiste en escoger el valor del tiempo que sucede con más frecuencia. Los valores de tiempos altos o bajos no tienen influencia.

Método gráfico: este método consiste en utilizar una hoja de datos.

- ✓ En la primera columna *tiempo*, se describen en orden ascendente todos los tiempos de la operación objeto del análisis.
- ✓ En la segunda columna *operación*, se acumulan en barras las veces que los tiempos se repiten.

- ✓ Luego, en las columnas de *calificaciones*, en orden creciente de izquierda a derecha, se anota una barra frente a la calificación y tiempo correspondiente.
- ✓ Luego se traza la tendencia de la calificación que es la línea recta diagonal que va desde el cuadro inferior izquierdo hasta el cuadro superior derecho, pasando por los cuadros que tengan más observaciones marcadas. Si la recta no pasa por la mayoría de los datos, es porque hay algún error.

En la tabla 3 se presenta un ejemplo de la hoja de datos que se utiliza en este método.

Tabla 3

Hoja de datos del método gráfico

| Tiempo | Operación | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
|--------|----------------|----|----|-----|------|------|-----|----|----|----|----|----|-----|
| 9 | II | | | | | | I | I | | | | | |
| 10 | IIII | | | | | | III | I | | | | | |
| 11 | IIIII | | | | III | IIII | | | | | | | |
| 12 | IIII IIII IIII | | | III | IIII | | | | | | | | |
| 13 | IIII | | II | II | | | | | | | | | |
| 14 | III | II | I | | | | | | | | | | |
| 15 | I | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Palacios (2009)

10. Calcular el tiempo normal. Consiste en obtener para cada elemento el tiempo normal mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo Normal} = \frac{\text{Tiempo representativo} \times \text{Calificación representativa}}{\text{Calificación Normal}}$$

11. Calcular el tiempo estándar. El tiempo estándar de una operación es igual al tiempo normal más el tiempo de recuperación o suplementos.

Tiempo Estándar = Tiempo Normal + Tiempo de recuperación.

TS = TN + Suplementos.

TS = TN X Coeficiente de recuperación.

Frecuencia: para obtener el Ts por pieza, se debe multiplicar el Ts de cada frecuencia por pieza y luego sumar.

12. Aplicar los suplementos o tolerancias. En la práctica, no siempre el operario puede utilizar el tiempo de la jornada normal, muchas veces interrumpe su trabajo por otros factores externos:

- ✓ Personales: tiempo para necesidades personales, 5 %.
- ✓ Por fatiga: se debe tener en cuenta un tiempo de recuperación para que el organismo recupere el esfuerzo hecho, 5 %.
- ✓ Retrasos involuntarios, debido a caída de herramientas o materiales, descomposición de equipos, pérdida del filo de las herramientas, entre 0 y 5 %.

2.1.2. Productividad.

Para una empresa, un factor muy importante es la productividad, ya que este aspecto se traduce en términos de rendimientos. La productividad puede ser calculada

tanto a personas como a máquinas y procesos. Bain (1985) afirma: “La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado. Es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos deseables” (p.3). Con la aplicación de la fórmula correspondiente, se determina el índice de la productividad actual y el índice de la productividad al aplicar las soluciones o cambios propuestos.

La productividad es la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Así pues, la productividad se define como el uso eficiente de recursos – trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información- en la producción de diversos bienes y servicios. (Prokopenko, 1989, p.3)

La fórmula que se utiliza para calcular la productividad es la siguiente:

$$\frac{\text{Producto}}{\text{Insumo}} = \text{Productividad}$$

Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo. La productividad es un instrumento comparativo para la toma de decisiones, ya que compara la producción en diferentes niveles del sistema económico con los recursos consumidos. “La esencia del mejoramiento real de la productividad no se consigue intensificando el trabajo; un trabajo más duro da por resultado aumentos muy

reducidos de la productividad debido a las limitaciones físicas del ser humano”
(Prokopenko, 1989, p.4).

La productividad va de la mano con la calidad del producto o del servicio, de los insumos utilizados y del proceso como tal, no es solamente aumentar la producción. Para mejorar la productividad, se necesita identificar y utilizar los factores principales del sistema de producción, la clasificación sugerida se basa en un trabajo de Mukherjee y Singh, mencionados por Prokopenko, donde mencionan dos categorías principales de factores de productividad, las cuales son:

- Externos (no controlables).
- Internos (controlables).

Los factores externos son los que quedan fuera del control de la empresa y los factores internos son los que la empresa puede controlar, por lo tanto, el primer paso para mejorar la productividad es identificar los problemas que se plantean en esos dos factores. Los factores internos se clasifican en dos grupos:

- Factores duros (no fácilmente cambiables).
- Factores blandos (fáciles de cambiar).

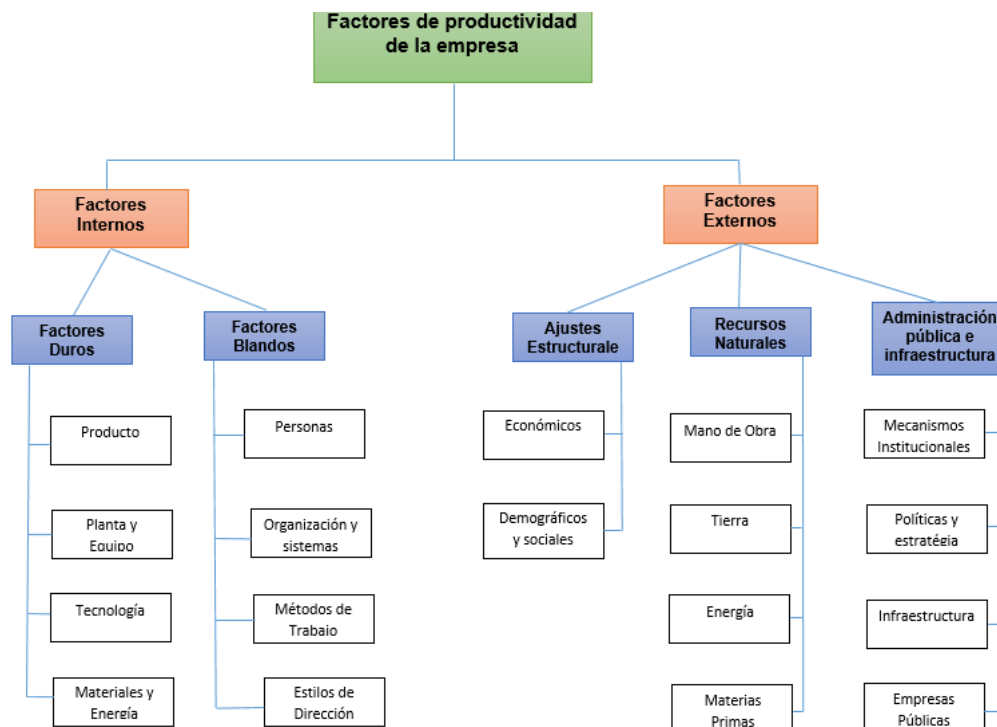


Figura 4

Factores que afectan la productividad

Fuente: Mukherjee y Singh (1975), mencionado por Prokopenko (1989).

Como se muestra en la figura 4, los factores duros y los blandos se subdividen de la siguiente manera:

Factores duros

- ✓ Producto: significa el grado en el que el producto satisface las exigencias de la producción.
- ✓ Planta y equipo: desempeñan un papel central en todo programa de mejoramiento de la productividad mediante un buen mantenimiento, su funcionamiento en condiciones óptimas, aumento de capacidad de la planta,

reducción de tiempos muertos y el incremento del uso eficaz de las máquinas y capacidades de planta disponibles.

- ✓ Tecnología: la innovación tecnológica constituye una fuente importante de aumento de la productividad, con una mayor automatización se puede lograr un mayor volumen de productos y servicios y un perfeccionamiento de la calidad.
- ✓ Materiales y energía: un pequeño esfuerzo por reducir el consumo de materiales y energía puede producir notables resultados.

Factores blandos

- ✓ Personas: es el principal recurso en cualquier intento de mejoramiento de la productividad, todas las personas que trabajan en una organización tienen una función que desempeñar.
- ✓ Organización y sistemas: tiene por objetivo prever la especialización y la división del trabajo, así como la coordinación dentro de la empresa.
- ✓ Métodos de trabajo.
- ✓ Estilos de dirección.

Los factores externos se clasifican en tres grupos:

- Ajustes estructurales.
- Recursos naturales.
- Administración pública e infraestructura.

Ajustes estructurales

- ✓ Cambios económicos: los más importantes son los relacionados con las modalidades de empleo y la composición del capital, la tecnología y la competitividad.
- ✓ Cambios demográficos y sociales.

Recursos naturales

- ✓ Mano de obra: el ser humano es el recurso natural más valioso.
- ✓ Tierra.
- ✓ Energía.
- ✓ Materias primas.

Administración pública e infraestructura

La política, estrategias y programas estatales repercuten fuertemente en la productividad por medio de:

- ✓ Reglamentos.
- ✓ Transporte y comunicaciones.
- ✓ Energía.

2.1.3. Balanceo de líneas.

Escalante y González (2015) definen el balanceo de líneas de la siguiente forma: “Es la asignación de elementos de trabajo a los puestos de trabajo. Un elemento de trabajo es la mayor unidad de trabajo que no puede dividirse entre dos o más operarios sin crear una interferencia innecesaria entre los mismos”.

Dentro del balanceo de líneas existen factores que se deben tomar en cuenta como, por ejemplo:

2.1.3.1. Asignación de operarios o máquinas a procesos.

“El principal objetivo es lograr la colocación del equipo para desarrollar un sistema de producción que permita la fabricación del número de productos requerido con la calidad establecida al costo más bajo posible” (Escalante A. y González, J, 2015).

Definición de términos:

Operación: conjunto de elementos de trabajo asignados a un puesto de trabajo.

Puesto o estación de trabajo: área adyacente a la línea de ensamble, donde se ejecuta una cantidad dada de trabajo (una operación). Usualmente, se supone que un puesto o estación de trabajo está a cargo de un operario, pero esto no es necesariamente así.

Tiempo de ciclo: es el tiempo que permanece el producto en cada estación de trabajo.

Demora de balance: es la cantidad total de tiempo ocioso en la línea que resulta de una división desigual de los puestos de trabajo.

Distribución de una línea de ensamble: en una línea de ensamble, el producto generalmente se mueve por medios automatizados, tal como una banda de transportación, a través de una serie de estaciones de trabajo hasta que se complete.

2.1.3.2. Ritmo o tasa de producción esperada.

También se conoce como: Factor de balance, Tiempo de balanceo, Tiempo de ciclo, Tiempo de estación, Tiempo asignado o Tiempo Takt (Escalante y González, 2015).

Fórmula:

$$TCS = \frac{1}{\text{Tasa de producción (pzs/ hr)}}$$

2.1.3.3 Velocidad y longitud de la línea

Para calcular la velocidad y longitud de la línea, los autores Escalante y González (2015) elaboraron una tabla con los cálculos para determinarlas. En dicha tabla se calcula la velocidad de flujo y la longitud de la estación y se establecen las dependencias de cada una.

Tabla 4
Cálculos para la velocidad y longitud de la línea

| | Depende de: | Ecuación |
|-----------------------------|---|---|
| Velocidad de flujo | <ul style="list-style-type: none"> • La tasa de producción. • El espacio de cada estación de trabajo. | <p>Velocidad de la línea= (tasa de producción) (Longitud de estación)</p> <p>Velocidad de la línea= $\frac{\text{Longitud de estación}}{\text{Tiempo de estación}}$</p> |
| Longitud de estación | <ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de la pieza. • Espacio necesario. • Cantidad de trabajo. | <p>Longitud de línea= (longitud de estación) (número de estaciones)</p> <p>Longitud de línea= $\frac{\text{long. estación} \times (\text{Tiempo total terminar piezas})}{\text{Tiempo de estación}}$</p> |

Fuente: Escalante y González (2015).

2.1.3.4 Programación de requerimientos

Para la programación de requerimientos de materiales, se utilizan los cálculos siguientes.

$$\text{Tasa de producción diaria} = \frac{\text{Producción mensual}}{\text{Días laborados del mes}}$$

$$\text{Necesidades diarias} = (\text{uso por unidad}) (\text{tasa de producción diaria})$$

$$\text{Cantidad de entrega} = (\text{necesidades diarias}) (\text{días entre entrega})$$

2.1.3.5 Determinar el número de operarios

El número de operarios que se necesitan para completar una producción requerida en un periodo determinado se calcula con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(\sum TE)}{(Ef)} \qquad IP = \frac{P}{TD}$$

Dónde:

N= Número de operarios que se necesitan.

TE= Tiempo estándar de la operación.

Ef= Eficiencia planeada de la línea.

IP= Índice de Producción.

P= Producción deseada.

TD= Tiempo disponible de producción.

Salazar (2016) define el balance o balanceo de líneas como:

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

El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.

Para realizar un balance de líneas se utilizan las siguientes variables

Tabla 5
Variables para realizar un balance de línea

| Variables | Fórmulas |
|---------------------------|---|
| Minuto total del operario | $\sum(\text{min} \times \text{op})$ |
| Ciclo de Control | min> |
| N° de Operarios | $\sum \text{op}$ |
| Total minutos por línea | Ciclo de control x N° de op |
| % de Balance | $\frac{\text{Minuto total del operario} \times 100}{\text{Total de minutos por línea}}$ |
| Ciclo de Control Ajustado | $\frac{\text{Ciclo de Control} \times 100}{\text{Desempeño de la línea}}$ |
| Unidades/hora | 60 min/ ciclo de control ajustado |
| Unidades/turno | (unidades/hora) * (horas/turno) |
| Costo por unidad | $\frac{(\text{N}^\circ \text{ de op} * \text{salario diario})}{\text{Unidades/turno}}$ |
| Desempeño de la línea | $1 - (\text{Tolerancia hombre/tiempo por turno}) + (\text{tolerancia máquina/ tiempo por turno})$ |

Fuente: Salazar (2016)

2.1.4. Automatización de procesos.

La automatización tiene su origen desde hace muchos años, donde el ser humano empieza a utilizar el ingenio para crear máquinas que puedan realizar ciertas funciones por sí mismas. García (1999) realiza una breve reseña del origen de la automatización, donde afirma:

La era moderna de la automatización comienza con la aparición, en 1775 de la máquina de vapor de simple efecto inventada por James Watt. La máquina de doble efecto de 1784 estaba provista de dos automatismos: el distribuidor de

vapor y el regulador de bolas, que mantenía constante la velocidad del árbol de salida a pesar de las fluctuaciones de la carga.

En el contexto actual, la AUTOMÁTICA se define se define como la Ciencia y Técnica de la automatización, que agrupa el conjunto de las disciplinas teóricas y tecnológicas que intervienen en la concepción, la construcción y el empleo de los sistemas automáticos. La automática constituye el aspecto teórico de la cibernética. Está estrechamente vinculada con las matemáticas, la estadística, la teoría de la información, la informática y las técnicas de la ingeniería. (p.7)

La automatización de procesos es una muy buena opción para agilizar la producción, ya que reduce el ciclo producción; estandarizar el proceso, identificar y corregir los puntos de ineficiencia, los desperdicios y la mala utilización de los recursos. Los autores Ponsa y Vilanova (2005) indican que:

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales. (p.11)

En un sistema automatizado tiene una estructura que puede clasificarse en dos partes: la parte operativa y la parte de control.

- **Parte operativa:** formada por un conjunto de dispositivos, máquinas o subprocesos, diseñados para la realización de determinadas funciones de fabricación; de forma específica pueden tratarse de máquinas o herramientas para la realización de operaciones de mecanizado más o menos sofisticadas o bien de subprocesos dedicados a tareas tales como destilación, fundición, etc.
- **Parte de control o mando:** independientemente de su implementación tecnológica electrónica, neumática, hidráulica etc., es el dispositivo encargado de realizar la coordinación de las distintas operaciones encaminadas a mantener a la parte operativa bajo control. (García, 1999, pp.10- 11).

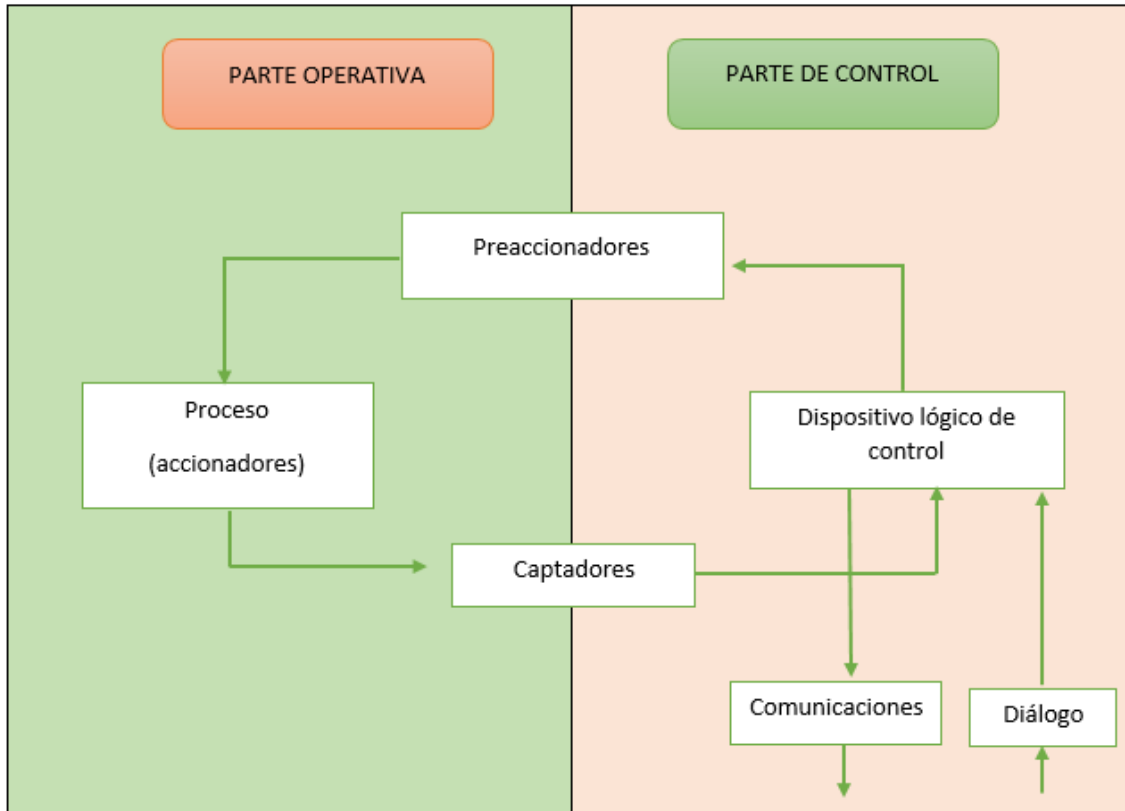


Figura 5

Modelo Estructural de un Sistema Automatizado

Fuente: García (1999).

La Fábrica Nacional de Licores, al ser una industria de procesos y manufactura, se encuentra relacionada con la automatización por la presencia de máquinas y herramientas, de hecho, las líneas de producción de licores se encuentran completamente automatizadas.

2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS

En este proyecto, se utilizará un modelo que facilite la mejora del proceso en estudio, el acrónimo de este modelo es DMAIC, en el cual sus siglas en inglés significan: Definir, Medir, Analizar, Implementar o Mejorar y Controlar. “Un aspecto que ha caracterizado a los programas de Six Sigma es que los proyectos DMAIC realmente logran ahorros y/o incremento en ventas” (Gutiérrez, 2010, citado por Chacón, 2017).

Este modelo es parte de la metodología Six Sigma, la cual es una herramienta de mejoramiento robusta y se desarrolla de una manera rigurosa. En cada una de las etapas se define cada paso y herramienta que se debe utilizar.

Six Sigma es un proceso altamente disciplinado que se enfoca en el desarrollo y la entrega de productos y servicios casi perfectos consistentemente. Además, es también una estrategia de gestión para usar herramientas estadísticas y proyecto de trabajo para alcanzar avances y cuantificar rentabilidad y ganancias en calidad. (Wortman, 2014, p.2)

El Six Sigma es una metodología que tiene como objetivo aumentar la productividad y que la producción sea de alta calidad, con el mínimo de errores para lograr la satisfacción al cliente. Otra definición de esta metodología es la siguiente:

En resumen, Seis Sigma induce a conocer todos los procesos y cada uno de los procesos que integran una empresa manufacturera, de servicios,

gubernamental, etc. y con base en las necesidades de nuestros clientes internos y externos, mejorarlos sistemáticamente de manera continua con la participación de todo el personal que la forma. Los resultados se reflejan en una mayor productividad, productos más robustos en calidad y con una permanencia sólida en los mercados de consumo; mejores bienes y servicios y clientes satisfechos. (Miranda, 2006, citado por Arias, 2016)

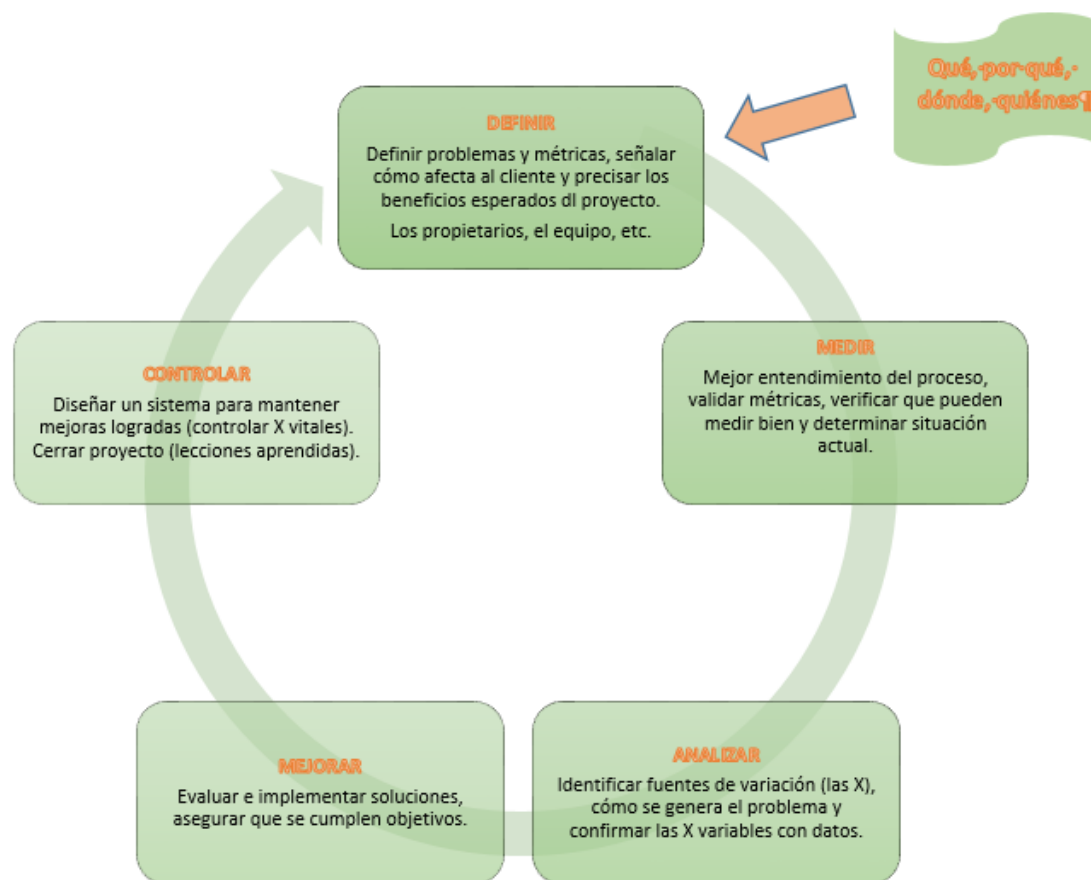


Figura 6

Etapas del DMAIC

Fuente: Gutiérrez & De la Vara. (2013).

En la figura 4, se puede observar de una manera gráfica las etapas o fases por las cuales se encuentra formado el modelo DMAIC, las cuales se explican una a una a continuación:

Definir el problema: en esta fase se debe documentar claramente el problema que se necesita corregir, debe ser conciso y puntual y el enfoque debe estar centrado en las necesidades de la empresa y en los requerimientos de los clientes.

Es la fase inicial de la metodología, en donde se identifican posibles proyectos de mejora dentro de una empresa. De acuerdo con Bersbach (2009), para definir apropiadamente el problema, deben responderse preguntas tales como: ¿por qué es necesario hacer (resolver) esto ahora? ¿Cuál es el flujo de proceso general del sistema? ¿Qué se busca lograr en el proceso? ¿Qué beneficios cuantificables se esperan lograr del proyecto? ¿Cómo sabrá que ya terminó el proyecto (criterio de finalización)? ¿Qué se necesita para lograr completar el proyecto exitosamente?

Los entregables claves por completarse en esta fase para responder a estas preguntas son:

El Charter del Proyecto

Mapa de Proceso SIPOC

Medir: una vez definido el problema por atacar, se debe establecer qué características determinan el comportamiento del proceso, obtener la información

adecuada de las variables críticas del proceso que se necesita mejorar y se deben identificar las causas de los problemas que atenten contra la calidad del producto.

Para esto es necesario identificar cuáles son los requisitos o características en el proceso o producto que el cliente percibe como clave (variables de desempeño) y qué parámetros (variables de entrada) son los que afectan este desempeño. A partir de estas variables, se define la manera en la que será medida la capacidad del proceso, por lo que se hace necesario establecer técnicas para recolectar información sobre el desempeño actual del sistema, es decir, qué tan bien se están cumpliendo las expectativas del cliente. Bersback opina que esta etapa debe permitir responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es el proceso y cómo se desarrolla? ¿Qué tipo de pasos componen el proceso? ¿Cuáles son los indicadores de calidad del proceso y qué variables de proceso parecen afectar más esos indicadores? ¿Cómo están los indicadores de calidad del proceso relacionados con las necesidades del cliente? ¿Cómo se obtiene la información? ¿Qué exactitud o precisión tiene el sistema de medición? ¿Cómo funciona el proceso actualmente?

Entre las herramientas más comúnmente usadas en esta fase se encuentran:

- Diagrama de recorrido
- Estudio de tiempos
- Gráficos de Pareto

Analizar: utilizar herramientas estadísticas que permitan analizar de manera adecuada cada una de las variables críticas identificadas y que conduzcan a soluciones válidas y efectivas.

Esta etapa tiene como objetivo analizar los datos obtenidos del estado actual del proceso y determinar las causas de este estado y las oportunidades de mejora. En esta fase, se determina si el problema es real o es solo un evento aleatorio que no puede ser solucionado usando DMAIC. En esta etapa se seleccionan y se aplican herramientas de análisis relacionadas con los datos recolectados en la etapa de Medir y se estructura un plan de mejoras potenciales a ser aplicado en el siguiente paso. Esto se hace mediante la formulación de diferentes hipótesis y la prueba estadística de las mismas, para determinar qué factores son críticos para el desempeño final del proceso. Las preguntas por contestar durante esta etapa son: ¿Qué variables de proceso afectan más la calidad (variabilidad del proceso) y cuáles se pueden controlar? ¿Qué es de valor para el cliente? ¿Cuáles son los pasos detallados del proceso? ¿Cuántas observaciones necesito para sacar conclusiones?

Entre las herramientas más comúnmente usadas se encuentran:

- Diagramas de causa-efecto
- Estudio de correlación
- Prueba de Chi-Cuadrado, T y F
- Diagrama de flujo

Implementar/ mejorar: optimizar el proceso para mejorarlo, implementando soluciones adecuadas a cada una de las causas encontradas y valorando los resultados.

Una vez que se ha determinado que el problema es real y no un evento aleatorio, se deben identificar posibles soluciones. En esta etapa se desarrollan, implementan y validan alternativas de mejora para el proceso. Para hacer esto se requiere de una lluvia de ideas que genere propuestas, las cuales deben ser probadas usando corridas piloto dentro del proceso. La habilidad de dichas propuestas para producir mejoras al proceso debe ser validada para asegurar que la mejora potencial es viable. De estas pruebas y experimentos se obtiene una propuesta de cambio en el proceso, es en esta etapa donde se entregan soluciones al problema. Algunas de las preguntas que Bersbach sugiere que deben contestarse antes de pasar a la siguiente etapa son:

¿Qué opciones se tienen? ¿Cuáles de las opciones parecen tener mayor posibilidad de éxito? ¿Cuál es el plan para implementar el nuevo proceso (opciones)? ¿Qué variables de desempeño usar para mostrar la mejora? ¿Cuántas pruebas necesito correr para encontrar y confirmar las mejoras? ¿Esta solución está de acuerdo con la meta de la compañía? ¿Cómo implemento los cambios?

Entre las herramientas más comúnmente utilizadas en esta fase se encuentran:

- Lluvia de Ideas
- Modo de Falla y Análisis de Efecto

- Herramientas Lean
- Simulación de Eventos Discretos

Controlar: realizar un efectivo control que permita llevar a cabo un seguimiento de las mejoras realizadas.

Finalmente, una vez encontrada la manera de mejorar el desempeño del sistema, se necesita encontrar cómo asegurar que la solución puede sostenerse sobre un período largo de tiempo. Para esto, debe diseñarse e implementarse una estrategia de control que asegure que los procesos sigan corriendo de forma eficiente. Las preguntas por responder en esta etapa son: ¿Están los resultados obtenidos relacionados con los objetivos, entregables definidos y criterio de salida del proyecto? Una vez reducidos los defectos, ¿cómo pueden los equipos de trabajo mantener los defectos controlados? ¿Cómo se puede monitorear y documentar el proceso?

Para responder a estas preguntas, se requerirá de ciertas herramientas tales como el control estadístico mediante gráficos comparativos y diagramas de control y técnicas no estadísticas, tales como la estandarización de procesos, controles visuales, planes de contingencia y mantenimiento preventivo, herramientas de planificación, etc.

Esta metodología es utilizada para el mejoramiento de los procesos, pueden ser aplicadas de formas distintas y varían de acuerdo con las necesidades presentes en la investigación. Los datos obtenidos deben facilitar la interpretación y el análisis.

2.2.1 Herramientas de calidad.

a) Diagrama de Ishikawa

Este tipo de diagrama es conocido como diagrama de espina de pescado o diagrama de causa y efecto. “El método consiste en definir la ocurrencia de un evento o problema deseable, esto es, el efecto, como la cabeza de pescado y, después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es las causas, como espinas de pescado” (Niebel, 2009, p.19).

Este diagrama es una herramienta de gran ayuda, ya que se pueden identificar fácilmente cuáles son las causas que están ocasionado el problema. Como uno de sus nombres lo dice, este diagrama es muy similar a las espinas de pescado, en la cabeza se coloca el problema o situación que se está presentado y en las espinas las causas que lo pueden estar provocando.

De acuerdo con GEO Tutoriales (2017): “El diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto (conocido también como Diagrama de Espina de Pescado dada su estructura) consiste en una representación gráfica que permite visualizar las causas que explican un determinado problema, lo cual la convierte en una herramienta de la

Gestión de la Calidad ampliamente utilizada, dado que orienta la toma de decisiones al abordar las bases que determinan un desempeño deficiente. (párrafo 1)

Para determinar las causas en este tipo de diagrama, se debe realizar primero una lluvia de ideas, las cuales se van a agrupar en las espinas, donde se clasifican mediante las 6 M (Mano de Obra, Máquina, Materiales, Método y Mediciones), esto ayuda a encontrar la causa principal del problema. Este tipo de diagrama se complementa con un diagrama de Pareto, el cual permite priorizar las medidas de mayor relevancia.

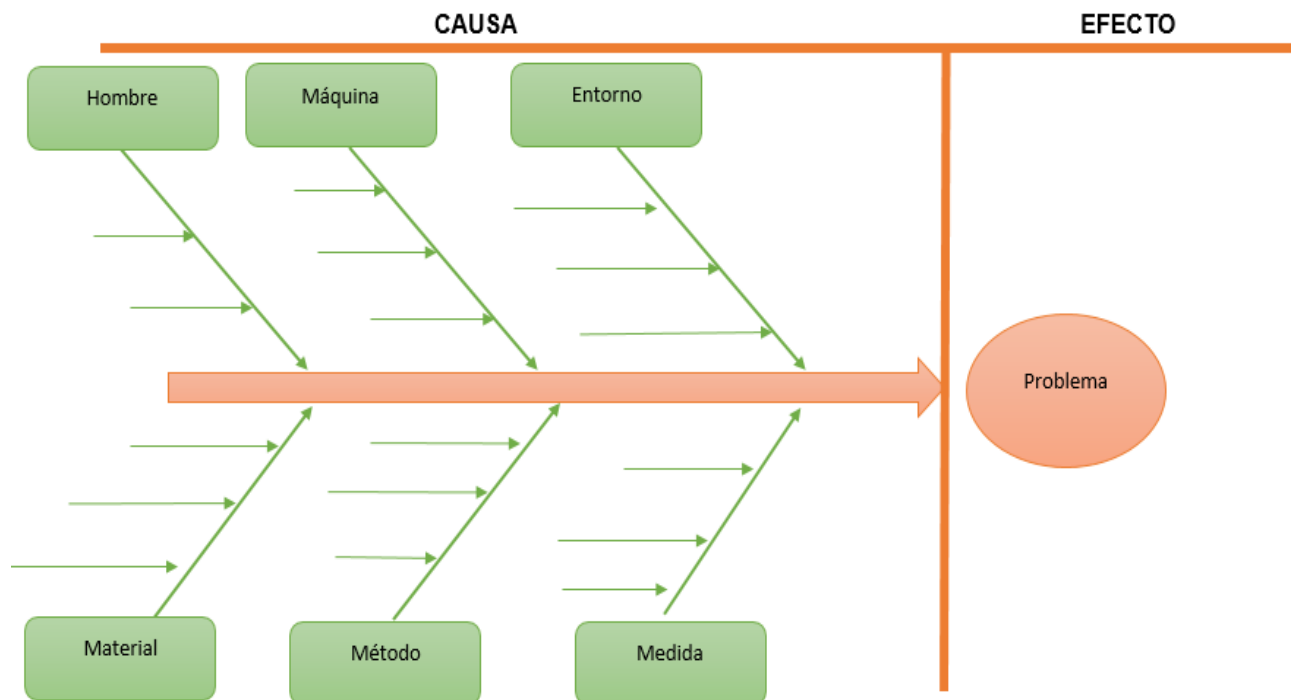


Figura 7

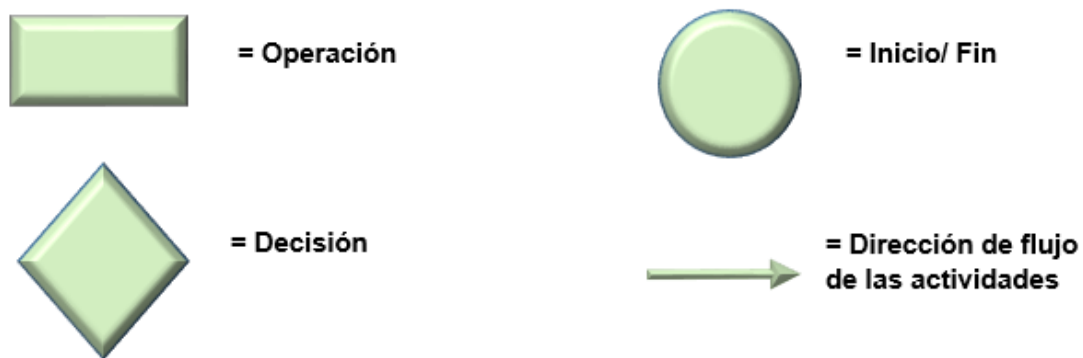
Diagrama de Ishikawa

Fuente: GEO Tutoriales (2017)

b) Diagrama de flujo de procesos

Este tipo de diagrama es una representación gráfica del proceso, el cual se realiza por medio de figuras geométricas, ayuda a visualizar de manera fácil y sencilla los pasos de un proceso para producir un resultado ya sea un producto o un servicio. “Es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, incluidos transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de reproceso” (Gutiérrez, 2010, p.199).

La utilidad de este diagrama es que se logra ver en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las actividades entre sí, son de mucha utilidad para analizar y mejorar procesos. Para este tipo de diagramas se utilizan símbolos, cada uno tiene su significado bien definido, como se puede ver en la figura 8 en la parte superior se encuentran los símbolos más utilizados y en la parte inferior un ejemplo de cómo utilizarlos.



Ejemplo

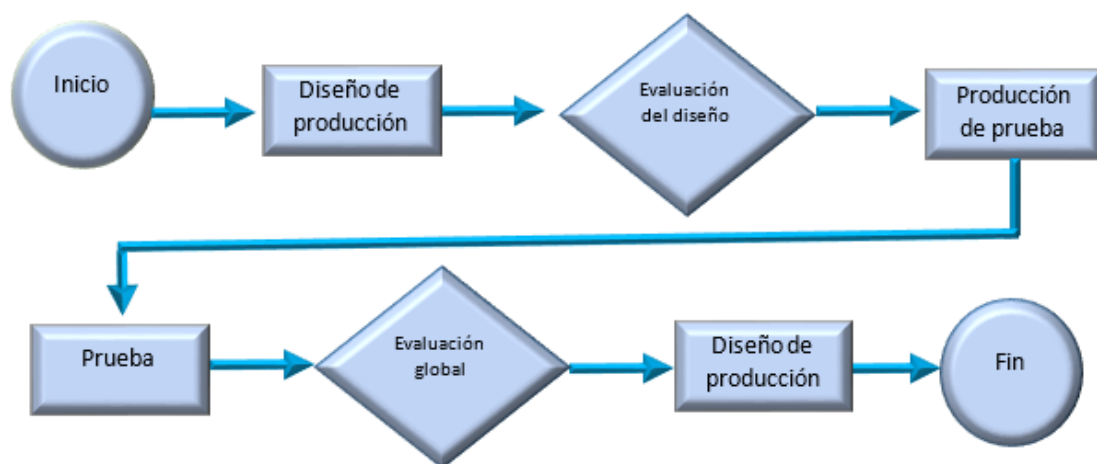


Figura 8

Simbología Diagrama de Flujo

Fuente: Gutiérrez (2010, p.200)

- ✓ El símbolo circular indica el inicio o el final del flujo.
- ✓ Con el símbolo de rectángulo se identifica una tarea del proceso.
- ✓ El rombo significa que se realiza una verificación o hay que tomar una decisión (se realiza por medio de preguntas).

- ✓ La flecha indica la dirección que lleva el flujo de procesos.

Los símbolos mencionados anteriormente son los más utilizados en este tipo de diagramas, sin embargo, existen muchos otros más.

d). Diagrama de Pareto

“El Diagrama de Pareto también es conocido como la Ley 20-80, la cual expresa que “generalmente unas pocas causas (20%) generan la mayor cantidad de problemas (80%)” (González, 2012, párrafo 5). Después de realizar un diagrama de Ishikawa o espina de pescado, se van a tener muchas posibles causas que estén generando un problema, sin embargo, es imposible atacar todas las causas al mismo tiempo, de ahí la importancia de utilizar un diagrama de Pareto para determinar las causas más importantes. Gutiérrez (2010) afirma:

El diagrama de Pareto (DP) es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes, (...)
Este diagrama se sustenta en el llamado Principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20”, el cual reconoce que sólo unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%); el resto genera muy poco del efecto total. (p. 179)

El diagrama de Pareto es aplicable a todo tipo de problemas, ya sean de calidad, eficiencia, ahorro, seguridad, entre otros y, además de ayudar a seleccionar el

problema que es más conveniente atacar, facilita la comunicación, motiva la cooperación y recuerda cuál es la falla principal.



Figura 9

Principio de Pareto

Fuente: Calidad y Gestión (2012)

Dentro de los beneficios que se obtienen al utilizar este tipo de diagrama, se encuentran:

- Canaliza los esfuerzos en puntos específicos.

Ayuda a priorizar y a señalar la importancia de cada una de las áreas de oportunidad.

- Se aplica en todas las situaciones en donde se desee realizar una mejora, ya sea en producto o servicio.

- Permite la comparación entre el antes y el después, ayudando a cuantificar el impacto de las acciones tomadas para lograr mejoras.
- Promueve el trabajo en equipo.

Para realizar un diagrama de Pareto, primero se debe ordenar la lista de las causas, productos o lo que se desee analizar de manera descendiente, de acuerdo con las veces que se presentó cada una. Todas las variables se deben analizar en una misma unidad de medida, es recomendable realizar este análisis en valores monetarios. Dentro de las recomendaciones que se sugieren para realizar este diagrama se encuentran:

- ✓ Definir el periodo de tiempo por evaluar.
- ✓ Establecer la unidad de medida (costo, frecuencia, porcentaje, tiempo, entre otros).
- ✓ Seleccionar a una persona competente para la recopilación de datos.

e) Análisis Costo Beneficio

En este proyecto, tanto los costos como los resultados son económicos, por lo que se utilizará un análisis de Costo Beneficio, con el fin de relacionar ambos términos.

El ACB (Análisis Costo Beneficio) es un principio muy simple: compara los beneficios y los costos de un proyecto particular y si los primeros exceden los segundos entrega un elemento de juicio inicial que indica su aceptabilidad. Si,

por el contrario, los costos superan a los beneficios, el proyecto debe ser en un principio rechazado. (Cohen & Franco, 2006, p. 171)

La cita anterior es reforzada por la de Rus (2008) al expresar lo siguiente: “La evaluación económica puede arrojar luz sobre la idoneidad o la inconveniencia de emprender acciones y acometer proyectos públicos que superan cierto umbral de rentabilidad social, correspondiendo al político decidir qué proyectos emprende y cuáles rechaza” (p.19).

Por lo tanto, realizar un análisis costo beneficio ayuda a determinar desde un principio si un proyecto vale la pena realizarlo o no y así evitar realizar gastos innecesarios.

2.2.2 Lean Manufacturing.

Sus orígenes se dieron en la empresa automovilística Toyota, la cual se originó en Japón en 1937, cuando la familia Toyota decide cambiar su negocio de fábrica textil por el negocio de automóviles.

Tras la Segunda Guerra Mundial, Toyota se enfrentaba con una serie de situaciones que llevaron a sus dirigentes a buscar soluciones, por ejemplo, el mercado era pequeño, sin embargo, demandaba una gran variedad de vehículos, los empleados incluyendo a los inmigrantes, exigían mejores

condiciones de trabajo que las que se ofrecían hasta el momento, no contaban con recursos económicos para comprar tecnologías de producción del occidente y la competencia de productores de automóviles en el extranjero era bastante fuerte. Esto último conllevó a que el gobierno japonés creara una ley que prohibía las inversiones extranjeras en el país.

Con las limitaciones y con la flexibilidad y sencillez de los equipos con los que contaban en la empresa, Taiichi Ohno se dedicó a desarrollar un nuevo enfoque en la producción, ya que conocía las debilidades de la producción en masa y sabía que la producción artesana no convenía cuando se quería producir altos volúmenes. Como resultado de muchos años de labor y aprendizaje surgió el Sistema de Producción Toyota (SPT).

Taiichi Ohno comenzó a trabajar con pequeños lotes, enfocándose en eliminar desperdicios, tanto de materiales como de tiempo. Detenía las máquinas desde que veía un defecto para evitar que continuaran en el proceso, lo que se denomina "jidoka o automoción". Además, utilizó el concepto de reposición de materiales "supermercado". Ohno determinó que los dos pilares del sistema de producción son el Jodoka y el Justo a Tiempo, lo que quiere decir que la mejor manera de trabajar sería teniendo cerca el material necesario cuando vaya a ser utilizado. (Tejeda, 2011, p.283)

Es un sistema integrado socio-tecnológico de mejoramiento de procesos, cuyo objetivo principal es eliminar desperdicios o actividades que no agregan valor al cliente. Al eliminar los desperdicios, la calidad aumenta mientras los tiempos y costos de producción disminuyen en poco tiempo. (Tejeda, 2011, p.282).

Este sistema, en general, se caracteriza porque emplea personal capacitado, los cuales son agrupados en equipos donde son tratados con respeto, se les asignan responsabilidades, tienen derecho a proponer mejoras, autoridad de detener la producción en caso de detectar algún error, se enfocan en obtener productos de alta calidad, logran cortos tiempos de fabricación del producto y buscan la mejora continua (p. 282).

a) 5 S

Es un programa de trabajo para talleres y oficinas que consiste en desarrollar actividades de orden/limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de todos a nivel individual/grupal, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de las personas y equipos y la productividad. (Rey, 2005, p. 17).

Las 5S, de origen japonés, representan el nombre de cinco acciones: separar, ordenar, limpiar, estandarizar y autodisciplina que, aplicadas grupalmente en organizaciones productivas, de servicios y educativas, producen logros trascendentales como los siguientes:

- Un hábitat laboral agradable, limpio y ordenado que trae beneficios directos tales como mejorar la calidad, productividad y seguridad, entre otros.
- El aprendizaje de trabajar grupalmente que rescata los conocimientos de las personas adquiridos en su accionar convirtiendo a la organización en organización de aprendizaje y crea las condiciones para aplicar modernas técnicas de gestión.

Para una correcta aplicación de estas acciones simples y sencillas, es necesario el conocimiento de los múltiples conceptos teóricos y prácticos intervinientes, que interactúan sistemáticamente (Dorbessan, 2000, p.10).

Las 5S son cinco principios japoneses cuyos nombres comienzan por S y que van todos en la dirección de conseguir una fábrica limpia y ordenada. Estos nombres son:

- Seiri (Organizar y seleccionar): se trata de organizar todo, separar lo que no sirve y clasificar esto último. Por otro lado, aprovechamos la organización para establecer normas que nos permitan trabajar en los equipos/máquinas sin sobresaltos.
- Seiton (Ordenar): se tira lo que no sirve y se establecen normas de orden para cada cosa. Se sitúa los objetos/herramientas de trabajo en orden, de tal forma que sean fácilmente accesibles para su uso.

- Seiso (Limpiar): realizar la limpieza inicial con el fin de que el operador/administrativo se identifique con sus máquinas/equipos e indicarle, en una operación conjunta con el responsable, dónde están los focos de suciedad de su máquina/puesto.
- Seiketsu (Mantener la limpieza): a través de gamas y controles, iniciar el establecimiento de los estándares de limpieza, aplicarles y mantener el nivel de referencia alcanzado. Así pues, esta S consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos.
- Shitsuke (Rigor en la aplicación de consignas y tareas): realizar la auto inspección de manera cotidiana, cualquier momento es bueno para revisar y ver cómo estamos, establecer hojas de control y comenzar su aplicación, mejorar los estándares de las actividades realizadas con el fin de aumentar la fiabilidad de los medios y el buen funcionamiento de los equipos. (Rey, 2005, p. 21)

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DE UN PROYECTO

Mediante la realización de este proyecto, se pretende que la línea de envasado de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores se beneficie en los siguientes impactos:

2.3.1 Impacto económico.

El impacto económico es el impacto que cualquier empresa espera que sea positivo después de realizar algún proyecto, ya que se espera que cualquier dinero que se necesite invertir para mejorar o realizar cualquier tipo de proyecto sea recuperado, preferiblemente en un corto o mediano plazo, ya sea por medio del aumento de las ventas, reducción de gastos, reducción de tiempos muertos o reducción de productos defectuosos. En el caso específico de este proyecto, se pretende aumentar la capacidad de producción de la línea de alcoholes y, por consiguiente, aumentar las ventas.

2.3.2 Aumento de capacidad de producción.

Al eliminar o reducir los desperdicios, existe la posibilidad de aumentar la capacidad de producción. “Una de las limitaciones sobre la capacidad de un proceso es la cantidad de producción que puede generar en un periodo establecido, y que esta limitación es conocida como capacidad de producción” (Groover, 1997, citado por Arias, 2016, p. 48).

La capacidad de producción es definida por Groover (1997) como: "... la velocidad máxima de producción que se puede lograr en condiciones dadas de operación" (p.9). Las condiciones a las que se refiere el autor son la cantidad de horas laborales, cantidad de mano de obra, entre otros.

Por medio de la utilización de herramientas y conocimientos propios de la carrera de Ingeniería Industrial adquiridos durante la misma, se analizarán las condiciones mencionadas anteriormente, con el fin de maximizar la capacidad del proceso en estudio y así cumplir los requerimientos de los clientes.

De acuerdo con la definición del Consejo de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología de Estados Unidos de América, la ingeniería es la profesión en la que los conocimientos de matemáticas y ciencias naturales, obtenidos a través del estudio, la experiencia y la práctica, se aplican con juicio para desarrollar diversas formas de utilizar, de manera económica, las fuerzas y los materiales de la naturaleza en beneficio de la humanidad. (Baca et al., 2014, p.1)

La ingeniería industrial también es una relación entre la cantidad de recursos consumidos y la cantidad de productos que se obtienen mediante un proceso.

2.3.3 Impacto en el recurso humano.

El recurso humano es un factor muy importante en cualquier organización, por lo tanto, con este proyecto se pretende explotar el conocimiento y las habilidades de cada operario, con el objetivo de incrementar la eficacia de cada uno.

Las personas son el elemento básico de una organización, cuyas interacciones conforman la organización. Aunque las relaciones entre las personas estén determinadas por la estructura de la organización, la naturaleza cambiante de sus miembros puede provocar un cambio en dichas relaciones. (Gutiérrez & Moreno, 1995, p. 16)

Debido a que el recurso humano es primordial en las organizaciones, es importante que exista motivación en la empresa, para que realice sus tareas de la mejor manera posible. Gutiérrez y Moreno (1995) definen la motivación como: "Aquello que impulsa a una persona a actuar de determinada manera o por lo menos origina una propensión hacia un comportamiento específico. Ese impulso puede ser provocado por un estímulo externo (que proviene del ambiente) o puede ser generado internamente en la mente del individuo" (p.21).

2.4 ANTECEDENTES DE TEORÍAS O PROYECTOS: RESULTADOS DE EXPERIENCIAS ANTERIORES, SIMILITUDES O DIFERENCIAS

Debido a los constantes cambios en la demanda, muchas empresas se han visto presionadas a mejorar y a crecer constantemente, ya sea por la innovación (crear nuevos productos) o cambios en las preferencias de los clientes, para abarcar nuevos sectores del mercado, uno de los aspectos que genera este factor es la producción; existen empresas en las cuales la producción que logran no es suficiente para satisfacer la demanda del mercado.

De acuerdo con la búsqueda realizada, se logró recopilar varios proyectos similares, entre ellos se encuentra uno llamado *Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de calzado* (Yauri, 2015). En el cual se llega a la conclusión de que la empresa debe estar en constante cambio, en busca de mejorar día a día sus procesos, ya que una empresa que crece y se fortalece cada vez más en el mercado, es una empresa cuya demanda tiende a ser mayor. En este proyecto se realizaron las siguientes observaciones:

- ✓ El proceso está mal diseñado.
- ✓ No existen trabajos estandarizados, normados y controlados.
- ✓ Todo esto se refleja en una baja capacidad de producción.

Otro proyecto similar es uno llamado *Análisis y mejora para aumentar la capacidad de producción en el proceso de reparación de medidores, en el Laboratorio*

Nacional de Medidores (Chacón, 2017). En este proyecto se analizó que la cantidad de producción en el proceso de reparación de medidores era deficiente y requería ser mejorada, esto se reflejaba en la cantidad de medidores reparados y despachados a bodega que era muy baja. Durante el análisis de este problema, se detectó que, dentro de las posibles causas, se encontraban: la falta de supervisión, mala programación del trabajo, carencia de tiempos de procesos, falta de estandarización y falta de capacitación.

Se propuso un cambio en la metodología del trabajo, la cual requería ser revisada y actualizada. Además, se buscó un cambio en el diseño del recorrido del medidor para optimizar el proceso y se dio solución a la mala programación del trabajo, con lo cual se espera que la capacidad de producción en el proceso aumente un 73 %.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación está basada en el método científico. “Un método es un procedimiento para tratar un conjunto de problemas” (Bunge, 2000, p.7). Este, además, cuenta con fundamento en la investigación científica, la cual se define como: “Proceso sistemático de indagación que aplica el método científico al estudio de un problema y que, utilizando diferentes medios y técnicas, lleva a la obtención de un conocimiento fidedigno” (Barrantes, 2010, citado por Rojas, 2017, p.35).

En este proyecto se realizará una investigación aplicada, ya que se basa en una práctica en el campo, se aplicarán y utilizarán conocimientos que fueron adquiridos a lo largo de la carrera. Este tipo de investigación es la que soluciona problemas prácticos, por lo que será el tipo de investigación que se utilizará, ya que va más de acuerdo con la naturaleza de la Ingeniería Industrial.

La dimensión temporal será transversal, ya que se recolectarán datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede (Hernández, 2014, p. 154). El marco que se trabajará es el micro, debido a la dimensión del proyecto, el tiempo de estudio es un tiempo corto.

El enfoque de este proyecto será el enfoque cuantitativo, sobre el cual, Hernández (2014) expresa: “Enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de

establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p.4). Este tipo de enfoque es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la otra y no se puede brincar pasos.

Presenta las siguientes características:

- ✓ Refleja la necesidad de medir y estimar problemas de investigación.
- ✓ Se plantea un problema de estudio delimitado y concreto.
- ✓ Se realiza revisión de la literatura y construye un marco teórico.
- ✓ Las hipótesis se generan antes de recolectar y analizar datos.
- ✓ La recolección de datos se fundamenta en la medición.
- ✓ Los datos deben ser analizados con métodos estadísticos.

3.2. METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O IMPLEMENTACIÓN DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

Este proyecto estará basado en la metodología Seis Sigma, específicamente con el método DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar o Mejorar y Controlar), para la línea de envasado de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores. En este proceso, se envasan varios tipos de alcohol en presentaciones de uno y cinco litros, sin embargo, este proyecto se enfocará en los productos con mayor demanda, los cuales son alcohol de 70° en presentación de cinco litros y alcohol de 70° en presentación de un litro.

Utilizando el método DMAIC en este proceso, en primer lugar, se debe definir y medir las causas que están generando desorden, pérdida de tiempos, poca eficiencia, desperdicios, entre otros; el segundo paso es analizar estas causas y definir una propuesta o un plan de acción para atacarlas y luego se evalúa el resultado de la o las propuestas y se establecen controles para asegurar que el proceso se mantenga a lo largo del tiempo.

Para respaldar este método, se utilizarán varias herramientas que son de suma importancia para analizar datos y generar una visión clara de todo el proceso, entre esas herramientas se utilizará:

- **Diagrama de flujo de procesos:** es útil para visualizar de una manera gráfica el proceso que se desea mejorar.

- **Diagrama SIPOC:** ayuda a visualizar las entradas y las salidas en cada tarea.
- **El diagrama de Ishikawa:** ayuda a visualizar gráficamente las causas que explican un problema.
- **Diagrama de recorrido:** muestra gráficamente el proceso y cada una de sus tareas.
- **Estudio de Tiempos:** permite determinar los tiempos de cada tarea y el tiempo total de ciclo.
- **Diagrama de Pareto:** ayuda a priorizar las causas que están generando el problema en la línea de envasado de alcoholes y atacar las que mayores problemas ocasionan.
- **Análisis costo-beneficio:** con ayuda de este análisis, se determinará si vale la pena o no realizar la mejora en el proceso en estudio, además, si se determina que la propuesta de mejora es viable, se podrá determinar el tiempo que se necesita para recuperar la inversión.

La metodología de Seis Sigma es complementaria a ISO 9001, ya que uno de los puntos fuertes de ISO 9001 son los requisitos que hacen que una organización se evalúe ella misma con auditorías internas y una o dos veces al año se realizan auditorías externas, lo que permite que se mantenga el sistema de gestión de calidad

vivo y continuamente buscando la mejora; el Seis Sigma es una metodología de mejora continua.

En este proyecto se utilizará una metodología similar llamada DMAIC, la cual por sus siglas en inglés significa: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar, ya que es una metodología más completa. Este tipo de metodología se eligió para realizar el proyecto, debido a que se acopla muy bien a la finalidad del mismo, al ser aplicada esta metodología, guía paso a paso las fases por las que debe ir la investigación. Además, de acuerdo con la investigación realizada en el capítulo anterior, se encontraron coincidencias con tesis anteriores donde utilizaron la metodología DMAIC para el desarrollo de sus proyectos, ya que tiene un desarrollo ordenado, claro y conciso.

Para realizar este proyecto, es necesario un elemento metodológico de la gestión del proyecto, el cual indique las actividades por seguir y los tiempos en los que se realizarán, por lo que utilizará un diagrama de Gantt para llevar ese control.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

En esta etapa del proyecto se pretende desarrollar un plan de mejoras en el proceso de envasado de alcoholes, tales como:

- Realizar balanceo de la línea de envasado de alcoholes, de manera que se mejore notablemente el proceso y se disminuyan desperdicios.
- Elaborar un procedimiento del proceso, con el fin de estandarizar el proceso de envasado de alcoholes.
- Aplicación de la metodología Seis Sigma a la línea de envasado de alcoholes.
- Analizar la opción de automatizar el proceso.

Es importante mencionar que se realizará un Diagrama Gantt para asegurar que se cumpla con todos los tiempos establecidos para cada tarea, en todo el plan de implementación. Como se muestra en la figura 10, se puede observar la planificación del desarrollo del proyecto, cada tarea tiene un tiempo de duración asignado, con una fecha de inicio y otra para terminarla, las cuales son secuenciales y permiten observar cómo se va a ir desarrollando el proyecto de investigación.

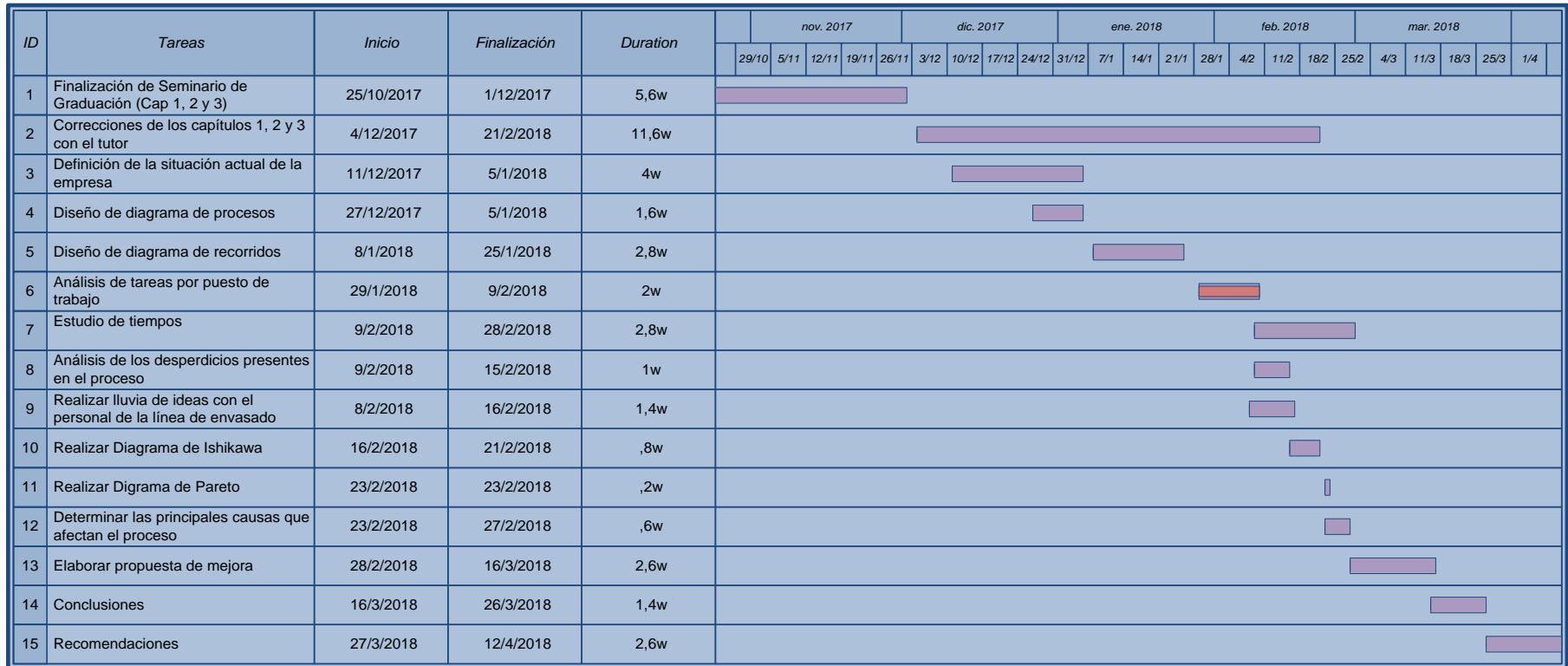


Figura 10

Gráfico de Gantt

Fuente: elaboración propia.

3.4. METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

En esta fase del proyecto se realizarán estandarizaciones en el proceso y se elaborará un procedimiento para que los operarios tengan una guía del mismo, además, se determinarán áreas para el manejo de las materias primas necesarias para el proceso.

Como complemento de este proyecto, se pueden implementar indicadores que determinen la productividad, tanto de la máquina como del recurso humano y tiempo de entrega de fabricación, que es lo que se tarda en producir una unidad o un lote, esto con el fin de implementar gráficos de control que permitan tener un control del proceso todo el tiempo.

Para que todas las soluciones o propuestas que se realicen en este proyecto permanezcan a lo largo del tiempo, es responsabilidad del supervisor del proceso llevar los controles necesarios y de la institución brindar a los operarios capacitaciones constantemente, con el fin de mantenerlos actualizados y motivados y así que ellos también puedan realizar las observaciones necesarias para mejorar continuamente. Si la responsabilidad de mantener las mejoras del proceso recae en una sola persona, es muy probable que se pierdan a lo largo del tiempo, sin embargo, si se involucra a todo el personal, se convierte en una disciplina de todos.

CAPÍTULO IV
DIAGNÓSTICO

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

En la realización de este proyecto, se llevaron a cabo visitas a la Fábrica Nacional de Licores, específicamente en la línea de producción de alcoholes, con el fin de conocer profundamente el proceso donde se llevará a cabo el proyecto. Durante estas visitas, se tuvo la oportunidad de observar a los funcionarios y de conversar con el supervisor de la línea, el señor Pablo Durán Carmona.

4.1.1. Instrumento para un diagnóstico.

Para realizar el diagnóstico correspondiente se hicieron varios pasos previos, con el fin de recolectar información, entre estos se tienen:

- Visitas a la línea de producción.
- Recolección de reportes de producción.
- Toma de tiempos
- Entrevista al supervisor de la línea de envasado.
- Observación del lugar de trabajo (condiciones, estado de mobiliario, piso, iluminación, ventilación).

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS, CARACTERÍSTICAS, PROTOTIPO

La recolección de datos se realizó por medio de una entrevista al supervisor de la línea de producción, el Sr. Pablo Durán Carmona, dicha entrevista fue realizada de forma estructurada y las preguntas se hicieron sobre generalidades del proceso de envasado de alcoholes.

En dicha entrevista se determinó que, en esta línea de envasado, no conocen cuál es la demanda del producto, se envasa un estimado de acuerdo con un programa de producción, pero en la mayoría de las ocasiones no se logra completar. De acuerdo con el Sr. Durán, dentro de los factores que ocasionan que no se cumpla con esta demanda se encuentran los siguientes:

- Falta de comunicación con el cliente.
- Proceso manual.
- Falta de un lugar para almacenamiento de producto terminado.

Otro punto importante que menciona el Sr. Durán es que esta línea de envasado es un proyecto que aún no ha sido completado, aún le falta mucho para poder convertirlo en una línea de producción adecuada. En cuanto a la motivación y el ambiente laboral, se trata de mantener al personal motivado y en las mejores condiciones, sin embargo, se trabaja “con lo que hay” y eso muchas veces produce frustración entre ellos. Además, se aplicó la observación al proceso en estudio, donde se estuvo pendiente de situaciones y comportamientos del personal. En dicha observación se determinaron los siguientes puntos:

- El personal se encontraba trabajando con una eficiencia muy baja, se notaban cansados.

- El lugar estaba desordenado, con materia prima en diferentes lugares, carretas obstaculizando el pasillo, producto terminado estibado dentro del lugar de la línea de producción, entre otros.
- Las sillas que utilizan algunos de los operarios no cumplen con los principios de ergonomía establecidos.
- No se cuenta con una bodega de almacenamiento de producto terminado.
- Todo el proceso que se realiza es manual, solo hay una máquina llenadora que se encuentra en mal estado y trabaja de forma manual.
- El producto se encuentra expuesto al polvo e impurezas, ya que el lugar no cuenta con piso cerámico, los operarios no utilizan redecillas para el cabello ni cubre bocas, por lo que incluso se logró observar a uno de ellos estornudar sobre un envase aún sin tapar.

Lo anterior se puede observar en las siguientes fotografías tomadas en el área de estudio.



Figura 11

Fotografía tomada en el área de envasado de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores

Fuente: elaboración propia.

En la figura 11, se evidencian las tarimas con producto terminado en el área de envasado, las cuales se convierten en obstáculos y producen desorden en el área de trabajo. Además, se puede observar cómo se obstaculiza la salida de emergencia, por lo que, en caso de que surja alguna emergencia, no hay vía libre y los funcionarios deben esquivar las tarimas, a esto se le suma que el contenido de los galones es alcohol, por lo que, en caso de un incendio, se corre un grave peligro.



Figura 12

Fotografía peligros en la línea de envasado de alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 12, las tarimas con el producto terminado obstruyen el libre tránsito dentro del área, además, nuevamente, en caso de una emergencia, el extintor tiene una tarima que obstaculiza su utilización, lo que puede ser fatal en caso de un siniestro.

4.2.1 Procesamiento de la información.

En el análisis que se realizó en la línea de envasado, se identificó cada una de las tareas del proceso, las cuales son las siguientes: colocación de envases, envasado, tapado, etiquetado, sellado y luego embalaje, como se muestra en el siguiente diagrama, en la figura 13.

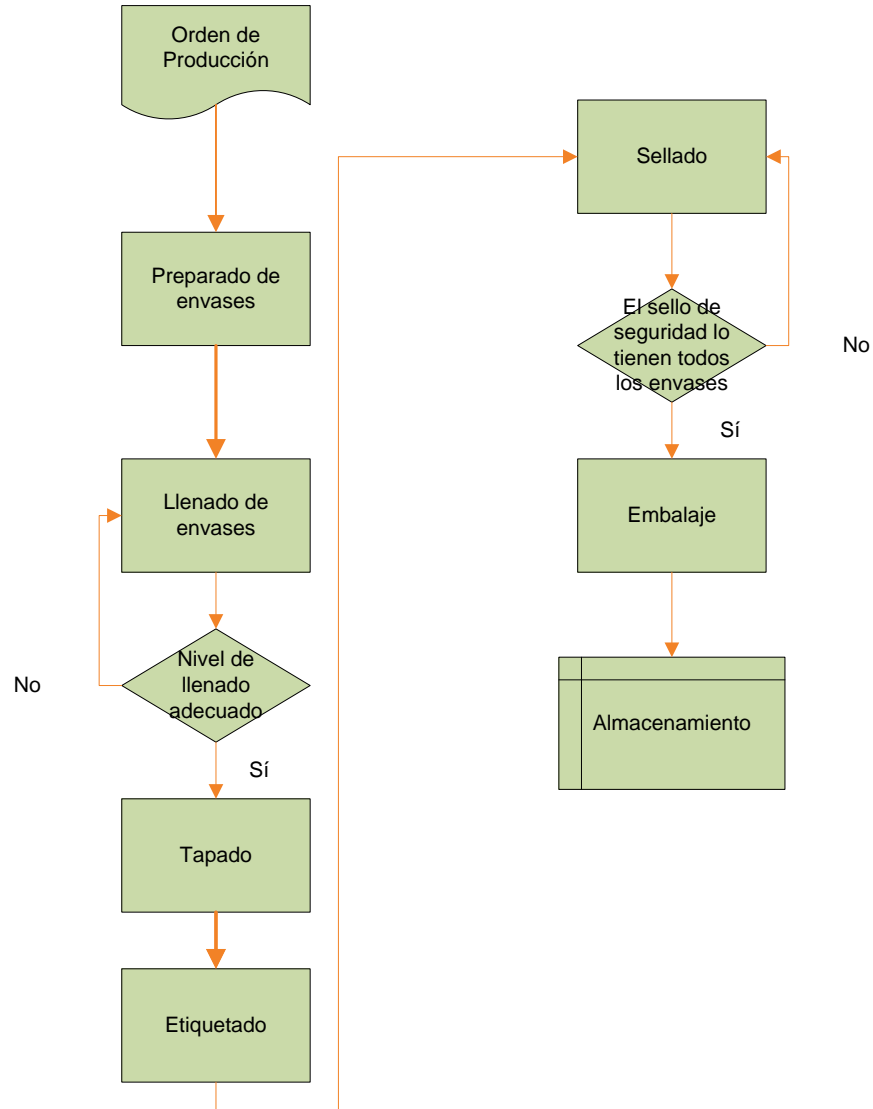


Figura 13

Diagrama de Flujo

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 13, el proceso de envasado de alcoholes se encuentra formado por seis subprocesos: preparado de envases, llenado, tapado, etiquetado, sellado y embalaje, además, se realizan dos revisiones, una en el llenado y otra en el sellado.

Otro factor que se pudo observar es que la medición del contenido (ya sea de uno o de cinco litros) es realizada por cálculo del operario, ya que no existe un método que determine la cantidad exacta de litros.

Como se puede observar en la siguiente fotografía, en la presentación de cinco litros, el operario determina el volumen correcto con una marca que tiene el envase, una línea horizontal en la parte superior, la cual marca precisamente el volumen correspondiente de cinco litros, sin embargo, lo realizan al cálculo, lo que genera que el volumen no sea exacto.



Figura 14

Nivel de llenado de alcohol

Fuente: elaboración propia.

Otra problemática que se encontró en la línea de envasado es el desperdicio de producto, ya que alguno de los pistones de la máquina llenadora gotea constantemente, lo que genera fugas, sin embargo, por ser una línea de envasado relativamente nueva, el Departamento de Producción no lleva un control de las pérdidas de alcohol.



Figura 15

Pistón de la máquina llenadora de alcoholes con fuga

Fuente: elaboración propia.



Figura 16

Fuga de alcohol

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en las figuras anteriores, es un goteo constante, lo que genera un desperdicio de materia prima en cada ciclo del proceso. Además de este desperdicio, cada vez que un envase se llena de más, el producto se riega y al manipular el envase, se producen también pérdidas que no se pueden recuperar, ya que el alcohol al caer en la banda o en el piso no hay forma de reprocesarlo ni de reutilizarlo, como se puede observar en la figura 17.



Figura 17

Pérdidas de alcohol

Fuente: elaboración propia.

Debido a que la metodología que se implementará en este proyecto de graduación es la del DMAIC, en la fase D (Definir), además del diagrama de flujo, se utilizó un diagrama SIPOC, en el cual se aprecian las entradas y salidas de cada proceso, así como de los proveedores y clientes finales.

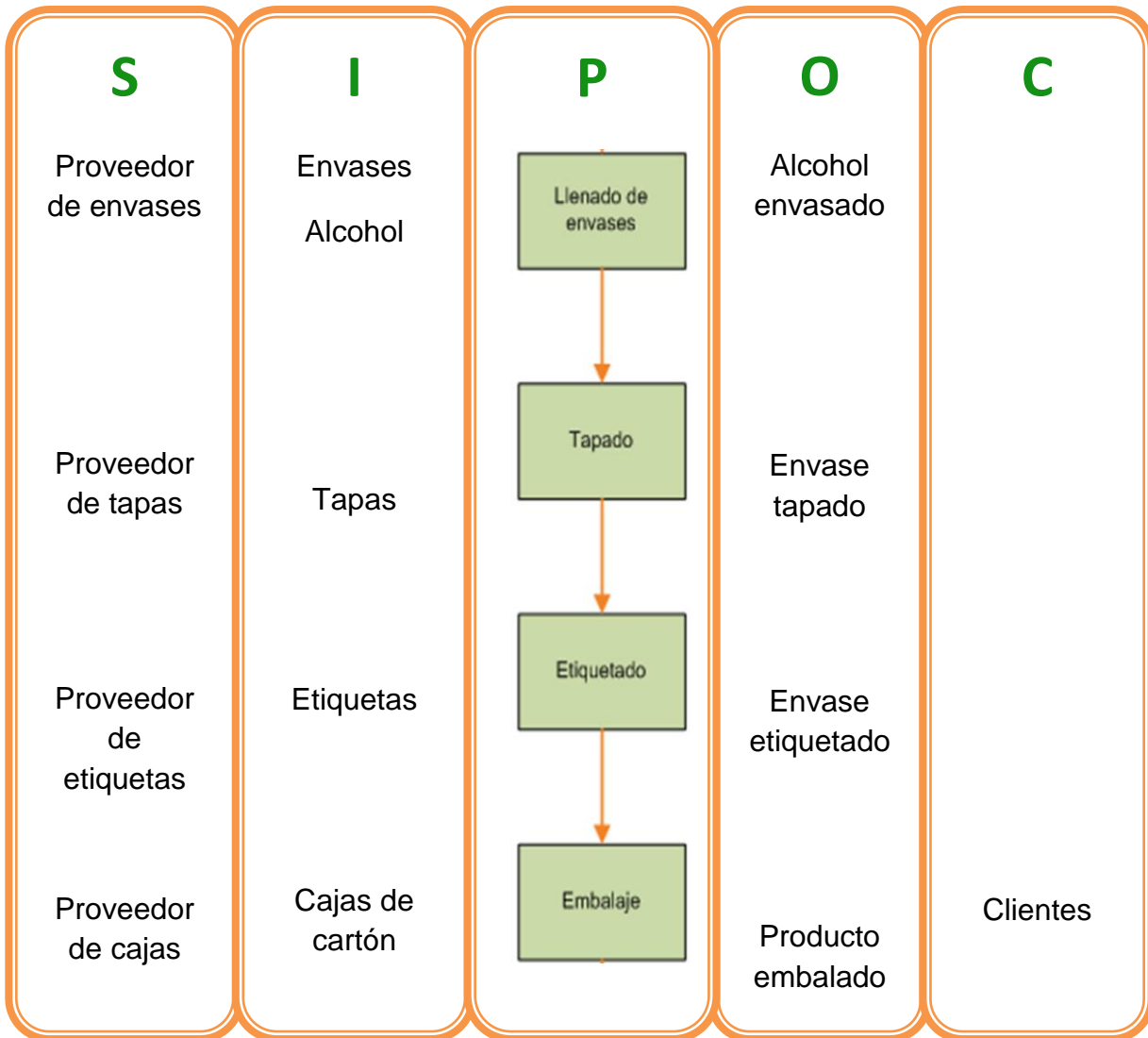


Figura 18

Diagrama SIPOC

Fuente: elaboración propia.

En el diagrama SIPOC, se logran determinar los diferentes proveedores que intervienen el proceso, los cuales suplen todo el material de embalaje, llámese envases, tapas, etiquetas, cajas, entre otros, a los cuales se les realiza una compra anual por

medio de una Contratación Directa; dicha compra debe abastecer las necesidades anuales.

Se elaboraron hojas de descripción para cada uno de los puestos de trabajo, las cuales se pueden observar en la sección de apéndices, con el fin de aplicar las técnicas de estudio de métodos de producción y estudio del trabajo y así analizar rigurosamente cada tarea que se desarrolla en esa línea. En cada puesto se registraron las actividades de cada uno de los operarios, dichas actividades se realizan tanto para el envasado de cinco litros como para el de un litro. En la siguiente tabla 6, se muestra un resumen de la cantidad de actividades que tiene cada uno de los subprocesos de la línea de envasado de alcoholes.

Tabla 6
Cantidad de tareas de cada subproceso

| Subproceso | Cantidad de tareas |
|--------------------|---------------------------|
| Llenado de alcohol | 4 |
| Tapado | 2 |
| Etiquetado | 2 |
| Sellado | 3 |
| Embalaje | 5 |

Fuente: elaboración propia

Otra herramienta que se utilizó para definir el proceso fue un cursograma analítico, el cual es una representación gráfica de los pasos que se realizan en el

proceso de envasado de alcohol, dicho cursograma se realizó tanto para la presentación de envasado de un litro como para el de cinco litros.

Cursograma realizado para la presentación de cinco litros.

| CURSOGRAMA ANALÍTICO | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|-----------|--------------------|-------------------|----------|--|---------------|--|--|--|
| Actividad | Llenado de alcohol | | Resumen | | | | | | | |
| Método | Actual | Propuesto | Actividad | Cantidad | Tiempo | | | | | |
| Producto | Alcohol presentación 5 litros | | | 12 | 2580,2 | | | | | |
| Fecha | 20 de febrero del 2018 | | | 3 | 381,37 | | | | | |
| | | | | 3 | 3012,5 | | | | | |
| | | | | 1 | N/A | | | | | |
| | | | | 2 | 674,5 | | | | | |
| # | Descripción de la Actividad | Cantidad | Distancia (metros) | Tiempo (segundos) | Símbolos | | Observaciones | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 1 | Pedido de etiquetas, tapas y envases al Almacén de Materiales. | 1 | N/A | N/A | | | | | | Se realiza una vez por semana |
| 2 | Despacho de material de embalaje a la línea de envasado. | 1 | 314,25 | 231,49 | | | | | | |
| 3 | Preparación de la línea, limpieza del tanque y purgado. | 1 | N/A | 900 | | | | | | Se realiza solo si hay cambio de producto |
| 4 | Revisión de las etiquetas, se debe revisar la calidad de impresión y la información del producto a envasar | 1 | N/A | 300 | | | | | | Se realiza solo cuando hay cambio de producto |
| 5 | Las tanquetas se envían al área de despacho de alcoholes para su llenado | 2 | 53,8 | 600 | | | | | | Se llenan 2 tanquetas. Mientras una se utiliza, la otra se está llenando |
| 6 | Se llena la tanqueta con 1000 litros | 2 | N/A | 1200 | | | | | | |
| 7 | Se envían con un montacargas hacia el área de envasado de alcoholes. | 2 | 53,8 | 74,5 | | | | | | |
| 9 | Personal del Departamento de Control de Calidad toman una muestra para analizarla y luego aprobar el envasado | 1 | N/A | 2700 | | | | | | Se realiza cada vez que se empieza una tanqueta |
| 10 | Se coloca la bolsa completa de los envases en la mesa de alimentación | 1 | 5 | N/A | | | | | | |
| 11 | Se colocan 7 galones en la guía de la máquina llenadora | 7 | N/A | 25,88 | | | | | | Cantidad por cada ciclo de máquina |
| 12 | Se da inicio al arranque de la máquina llenadora y se monitorea | 1 | N/A | 153,32 | | | | | | |
| 13 | Se revisa el volumen específico del galón | 7 | N/A | 5 | | | | | | |
| 14 | Se tapa el envase manualmente | 7 | N/A | 40,18 | | | | | | |
| 15 | Se etiquetan manualmente de manera alineada y centrada | 7 | N/A | 32,19 | | | | | | |
| 16 | El galón es sellado manualmente por una máquina selladora por electromagnetismo. | 7 | N/A | 16,4 | | | | | | Cantidad por cada ciclo de máquina |
| 17 | Se revisa el sellado de los 7 galones | 7 | N/A | 7,5 | | | | | | |
| 18 | Se colocan los galones terminados en la tarima de Producto Terminado | 7 | 1 | 27,06 | | | | | | |
| 19 | Se paletiza la tarima manualmente | 1 | 1 | 185,17 | | | | | | Cada 120 galones |
| 20 | Se transporta al área de producto terminado | 1 | 11 | 75,38 | | | | | | Dentro de la misma planta |
| 21 | La carga unitaria terminada se almacena | 1 | N/A | N/A | | | | | | |






Figura 19

Cursograma analítico para la presentación de cinco litros

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la figura 19, se presenta un resumen de las principales actividades que se realizan en el proceso de envasado de alcoholes, los tiempos están dados en segundos y en las actividades cada símbolo tiene un significado, el cual se menciona en la tabla 7.






Tabla 7
Simbología del cursograma

| Símbolo | Significado |
|--|---------------------|
|  | Actividad o proceso |
|  | Transporte |
|  | Inspección |
|  | Demora |
|  | Almacenamiento |

Fuente: Salazar (2016)

Del cursograma realizado anteriormente, se obtuvieron los siguientes resultados en la tabla 8.

Tabla 8
Resultados del cursograma analítico para la presentación cinco litros

| Resumen | | |
|---|----------|--------|
| Actividad | Cantidad | Tiempo |
|  | 4 | 3012,5 |
|  | 12 | 2580,2 |
|  | 1 | 674,5 |
|  | 3 | 381,37 |
|  | 1 | N/A |

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados del cursograma que se presentan en la tabla 8, se puede observar que el proceso tiene un total de 12 actividades, las cuales incluyen

pedidos de insumos al Almacén de Materiales, este no es un proceso constante en la línea, ya que se realiza alrededor de una vez por semana; también incluye la preparación de la línea, la cual se realiza solamente cuando se pasa de un producto con color a otro sin color, esto depende del programa de producción y el resto de las operaciones que conforman el proceso de envasado. Lo anterior equivale a un total de 2580.14 segundos, es decir, 43 minutos aproximadamente.

Se contemplaron tres transportes que se realizan del Almacén de Materiales a la línea de producción, cuando se entrega el pedido de material de embalaje, se entregan las tanquetas llenas de alcohol y el traslado del producto terminado para su almacenamiento, lo cual tiene un total de 381.37 segundos, es decir, 6.35 minutos.

En cuanto a las inspecciones, se realiza la inspección de las etiquetas, la cual se lleva a cabo solamente cuando se cambia de producto, de acuerdo con el programa de producción. También se realiza la revisión del nivel de llenado de cada envase y se revisa el sellado de los envases, para un total de 312.5 segundos, es decir, 5.20 minutos se tarda en inspecciones.

Realizando un análisis de las demoras, se determinó que el llenado de las tanquetas es una gran pérdida de tiempo, ya que, al no contar con un tanque que abastezca la línea de producción por medio de una tubería, como se realiza en las otras líneas de producción, cada vez que la tanqueta con alcohol se vacía, se debe enviar al despacho de alcohol en un montacargas, para que sea llenada de nuevo. Esto genera

atrasos increíbles en el proceso, a la hora de la realización de este diagrama, en estos dos puntos se contabilizó un total de 674.5 segundos, es decir, 11.23 minutos. Esto sucede cada 1000 litros, es decir, cada 200 galones.

De acuerdo con la conversación realizada con el supervisor de la Línea, el Sr. Pablo Durán, ese tiempo en ocasiones es mucho mayor, ya que varía debido a que, si se envían las tanquetas para su llenado y se está atendiendo un cliente externo, se debe esperar hasta que el cliente sea atendido y, por otro lado, para analizar la muestra, un colaborador del Departamento de Control de Calidad debe llegar a la línea, llevarse la muestra, analizarla y aprobarla, lo cual ha llegado a tardar incluso horas.

Durante el periodo de observación que se realizó en la línea de envasado, se logró determinar que el tiempo promedio que se pierde en estos dos puntos es aproximadamente de cuatro horas de una jornada de ocho horas diarias, es decir, que en una semana se pierden 20 horas aproximadamente. Al igual que con la presentación de cinco litros, se realizó un cursograma analítico para la presentación de un litro.

Cursograma analítico para la presentación de un litro.

| CURSOGRAMA ANALITICO | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|-----------|--------------------|-------------------|----------|---|---------------|---|---|---|
| Actividad | Llenado de alcohol | | | | Resumen | | | | | |
| Método | Actual | Propuesto | Actividad | Cantidad | Tiempo | | | | | |
| Producto | Alcohol presentación 1 litro | | ○ | 12 | 2465,53 | | | | | |
| Fecha | 20 de febrero del 2018 | | ⇒ | 3 | 381,68 | | | | | |
| | | | □ | 3 | 3012,5 | | | | | |
| | | | ▽ | 1 | N/A | | | | | |
| | | | D | 2 | 674,5 | | | | | |
| # | Descripción de la Actividad | Cantidad | Distancia (metros) | Tiempo (segundos) | Símbolos | | Observaciones | | | |
| | | | | | ○ | ⇒ | □ | ▽ | D | |
| 1 | Pedido de etiquetas, tapas y envases al Almacén de Materiales. | 1 | N/A | N/A | * | | | | | Se realiza una vez por semana |
| 2 | Despacho de material de embalaje a la línea de envasado. | 1 | 314,25 | 231,49 | | * | | | | |
| 3 | Preparación de la línea, limpieza del tanque y purgado. | 1 | N/A | 900 | * | | | | | Se realiza solo si hay cambio de producto |
| 4 | Revisión de las etiquetas, se debe revisar la calidad de impresión y la información del producto a envasar | 1 | N/A | 300 | | * | | | | Se realiza solo cuando hay cambio de producto |
| 5 | Las tanquetas se envían al área de despacho de alcoholes para su llenado | 2 | 53,8 | 600 | | | * | | | Se llenan 2 tanquetas |
| 6 | Se llena la tanqueta con 1000 litros | 2 | N/A | 1200 | * | | | | | Mientras una se utiliza, la otra se está llenando |
| 7 | Se envían con un montacargas hacia el área de envasado de alcoholes. | 2 | 53,8 | 74,5 | | * | | | | |
| 9 | Personal del Departamento de Control de Calidad toman una muestra para analizarla y luego aprobar el envasado | 1 | N/A | 2700 | | | * | | | Se realiza cada vez que se empieza una tanqueta |
| 10 | Se coloca la bolsa completa de los envases en la mesa de alimentación | 1 | 5 | N/A | * | | | | | |
| 11 | Se colocan 7 galones en la guía de la máquina llenadora | 7 | N/A | 26,68 | * | | | | | Cantidad por cada ciclo de máquina |
| 12 | Se da inicio al arranque de la máquina llenadora y se monitorea | 1 | N/A | 31,23 | * | | | | | |
| 13 | Se revisa el volumen específico del galón | 7 | N/A | 5 | | * | | | | |
| 14 | Se tapa el envase manualmente | 7 | N/A | 40,18 | * | | | | | |
| 15 | Se etiquetan manualmente de manera alineada y centrada | 7 | N/A | 32,02 | * | | | | | |
| 16 | El galón es sellado manualmente por una máquina selladora por electromagnetismo. | 7 | N/A | 15,86 | * | | | | | Cantidad por cada ciclo de máquina |
| 17 | Se revisa el sellado de los 7 galones | 7 | N/A | 7,5 | | * | | | | |
| 18 | Se colocan los galones terminados en la tarima de Producto Terminado | 7 | 1 | 31,2 | * | | | | | |
| 19 | Se paletiza la tarima manualmente | 1 | 1 | 188,36 | * | | | | | Cada 528 litros |
| 20 | Se transporta al área de producto terminado | 1 | 11 | 75,69 | * | | | | | Dentro de la misma planta |
| 21 | La carga unitaria terminada se almacena | 1 | N/A | N/A | * | | | | | |






Figura 20

Cursograma analítico para la presentación de un litro.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9

Resultados del cursograma analítico presentación un litro

| Resumen | | |
|---|-----------------|---------------|
| Actividad | Cantidad | Tiempo |
|  | 4 | 3012,5 |
|  | 12 | 2465,56 |
|  | 1 | 674,5 |
|  | 3 | 381,68 |
|  | 1 | N/A |

Fuente: elaboración propia.

El proceso para ambas presentaciones es el mismo, lo único que varía es el tiempo de llenado, ya que es una cantidad inferior, para esta presentación se tomaron en cuenta los mismos elementos que se contemplaron para la presentación de cinco litros. El tiempo total de todas las actividades es de 2465.56, es decir, 41.09 minutos. En los traslados que se realizan, se tarda un tiempo de 381.68 segundos, es decir, 6.36 minutos. En cuanto a inspecciones y demoras sucede lo mismo con la presentación de cinco litros.

En FANAL todas las líneas de producción trabajan con un programa de producción mensual, el cual es aprobado por el coordinador del Departamento de Producción, sin embargo, debido a varios factores como, por ejemplo, la capacidad de producción de la línea de envasado, falta de personal, falta de espacio para almacenar el producto terminado, entre otras, muchas veces no se logra cumplir con la demanda de alcoholes requerida.

Debido a lo ineficiente que es la línea de envasado de alcoholes, se llevó a cabo una reunión con el personal que labora en esa línea, con el fin de realizar una lluvia de ideas para determinar las posibles causas que afectan el proceso de envasado de alcoholes. Con dicha lluvia de ideas se preparó un diagrama de Ishikawa o también conocido como Causa –Efecto, el cual se presenta a continuación en la figura 21.

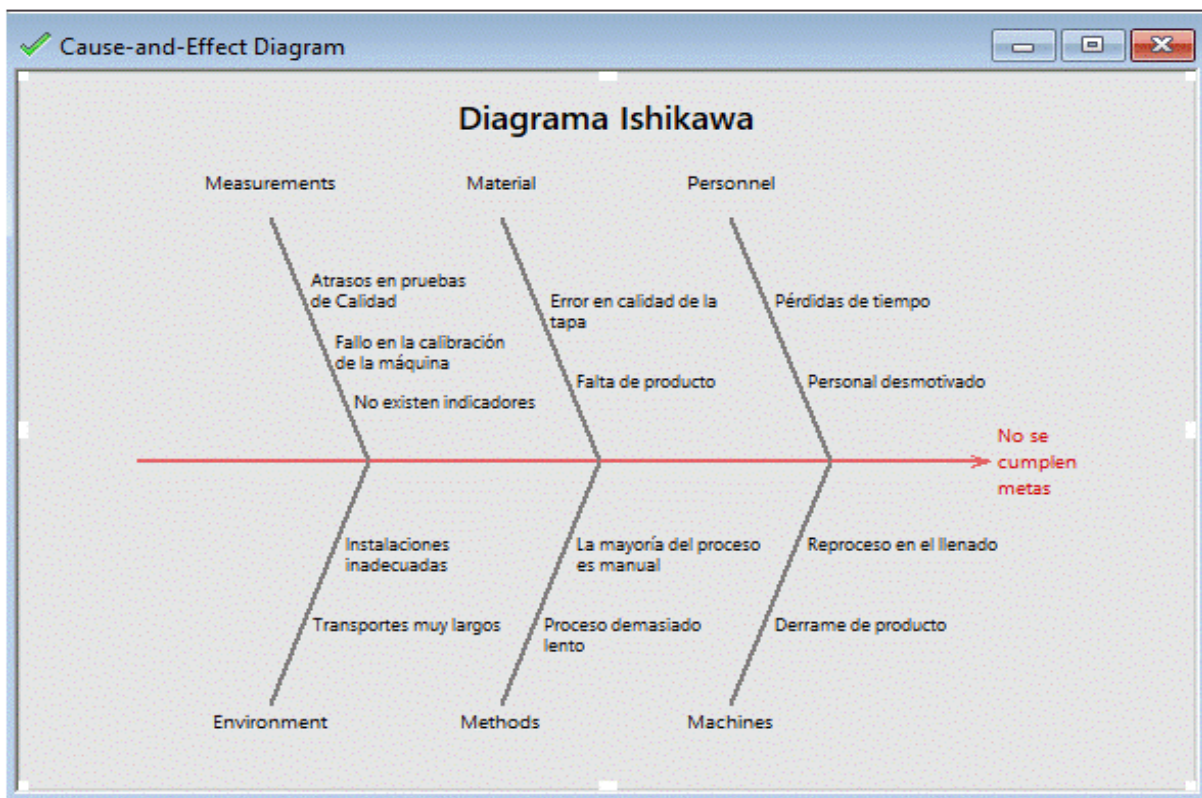


Figura 21

Diagrama Ishikawa

Fuente: elaboración propia.

El diagrama presentado en la figura 21 se realizó basado en un análisis de las principales causas que afectan este proceso, hecho durante un mes en la línea de envasado, para el cual se realizó un estudio de la cantidad de defectos que se

presentan en la línea, donde se determinó en una cantidad total de 4390 defectos, los cuales se especifican en la tabla 10.

Tabla 10
Atrasos generados en el proceso de envasado de alcohol

| Atrasos | Tiempo de atraso (minutos) | Tiempo de atraso acumulado | % Total | % Total Acumulado |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------------------|
| Tiempos ociosos del personal | 1288 | 1288 | 29,34% | 29,3% |
| Atrasos en llenado de tanqueta | 900 | 2188 | 20,50% | 49,8% |
| Transportes muy largos | 840 | 3028 | 19,13% | 69,0% |
| Atrasos por pruebas de Calidad | 580 | 3608 | 13,21% | 82,2% |
| Derrame de producto | 350 | 3958 | 7,97% | 90,2% |
| Reproceso en el llenado | 300 | 4258 | 6,83% | 97,0% |
| Fallo en la calibración de la máquina | 100 | 4358 | 2,28% | 99,3% |
| Pegar mal la etiqueta | 15 | 4373 | 0,34% | 99,6% |
| Caída de etiqueta | 10 | 4383 | 0,23% | 99,8% |
| Reproceso de sellado | 7 | 4390 | 0,16% | 100,0% |
| TOTAL | 4390 | | | |

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con todos los aspectos negativos encontrados en la línea de envasado de alcoholes, se realiza un diagrama de Pareto, con el fin de determinar cuál o cuáles son las causas que se necesitan atacar primero, en las cuales, de acuerdo con el principio de este diagrama, el 80 % de las consecuencias de un problema se determina por el 20 % de las causas. En primer lugar, se realizó durante un mes una observación del proceso y de todo el tiempo que se pierde por los diferentes problemas que se generan durante el proceso.

Con los datos suministrados en la tabla 10, se elaboró un diagrama de Pareto, el cual va a indicar cuáles causas son las que hay que corregir.

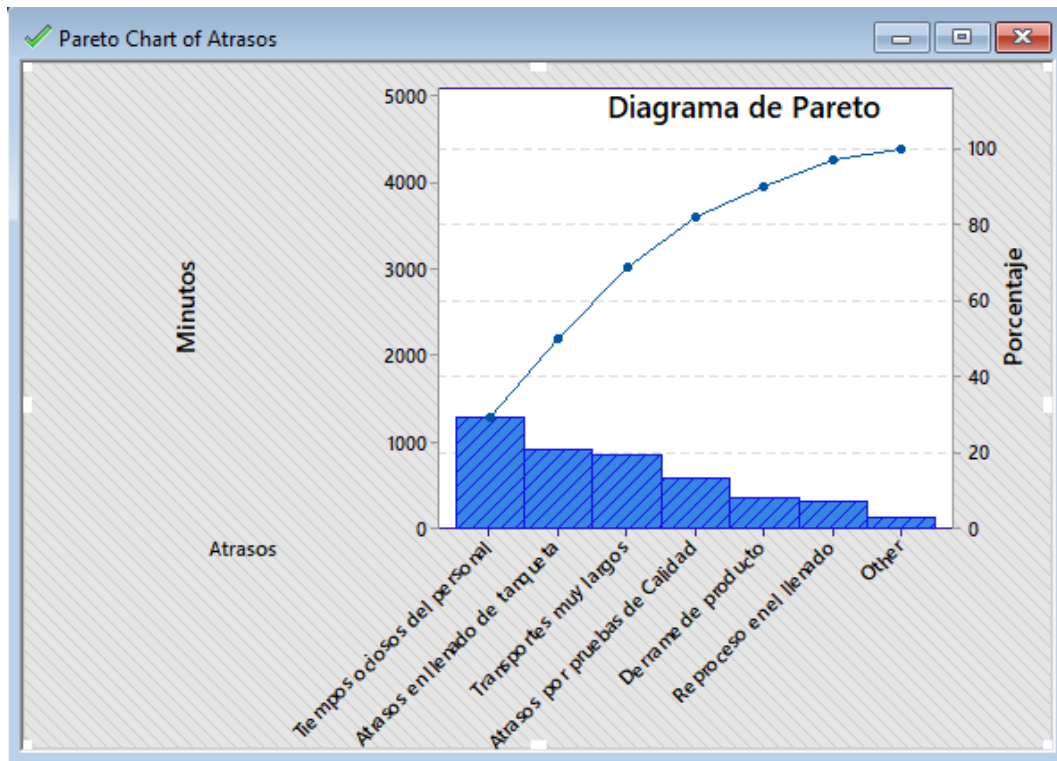


Figura 22

Diagrama de Pareto

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la figura anterior, se determina que los atrasos que se deben resolver en primer lugar son los siguientes:

- Tiempos ociosos del personal.
- Atrasos en llenado de las tanquetas.
- Transportes muy largos.
- Atrasos por pruebas del Departamento de Control de Calidad.

Siguiendo la secuencia de la metodología DMAIC, después de haber definido los problemas que se desean corregir, continúa la etapa de Medición. Para esa etapa se recopiló información sobre las pérdidas económicas que se generan, se tomaron tiempos del proceso de envasado de ambas presentaciones, se calculó la eficiencia del proceso, entre otros.

Para realizar lo anterior, se solicitó información a los Departamentos de Producción (reportes de producción) y al Departamento Financiero (reporte de ventas), con dicha información se realizó un análisis de la producción real a diciembre del 2017.

Tabla 11
Producción Real del 2017

Año 2017

| Tipo de alcohol | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept | Octubre | Noviembre | Diciembre | TOTAL ANUAL |
|------------------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|----------------|------------------|------------------|--------------------|
| Alcohol de 70º con colorante 1 LT. | | | - | 2 112 | 1 584 | - | - | 2 292 | - | 4 224 | 11 616 | - | 21 828 |
| Alcohol de 70º con colorante 5 LT. | | - | - | - | - | - | - | 4 560 | 4 560 | 600 | 2 640 | - | 12 360 |
| TOTAL | - | - | - | 2 112 | 1 584 | - | - | 6 852 | 4 560 | 4 824 | 14 256 | - | 34 188 |

Fuente: elaboración propia

La producción realizada en el año 2017 se comparó con la demanda anual de los clientes y se determina lo mostrado en la tabla 12.

Tabla 12

Comparación entre demanda y producción

| Tipo de alcohol | Demanda Anual | Producción Anual | % Cumplimiento |
|------------------------------------|----------------|------------------|----------------|
| Alcohol de 70° con colorante 1 LT. | 106 740 | 21 828 | 20% |
| Alcohol de 70° con colorante 5 LT. | 120 756 | 12 360 | 10% |
| TOTAL | 227 496 | 34 188 | 15% |

Fuente: Departamento de Producción de FANAL.

En la tabla 12, se puede observar claramente que no se ha logrado cumplir con la demanda, se representa gráficamente lo establecido en la tabla anterior.

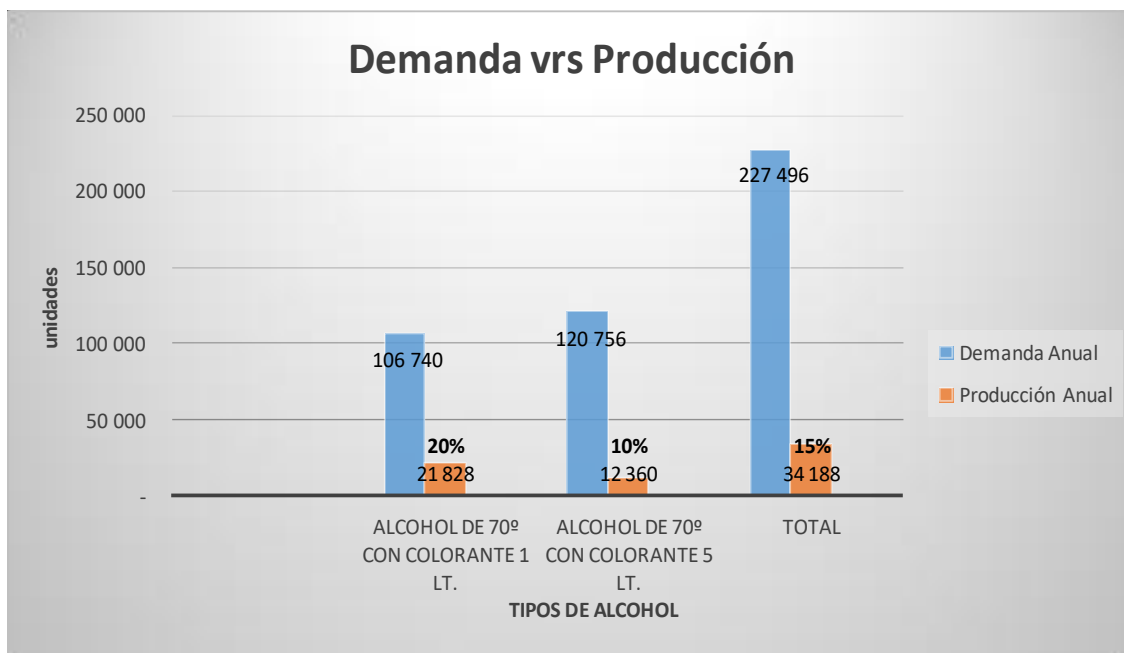


Figura 23

Gráfico comparativo entre demanda y producción real.

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la figura 23, la diferencia entre la demanda y la producción es muy grande, ya que en el año 2017 se logró cumplir con la demanda del alcohol de 70° en presentación de un litro en un 20 %, el de cinco litros solamente en un 10 %, para un nivel de cumplimiento total de un 15 %, las cuales son cifras alarmantes. Debido al nivel de cumplimiento tan bajo, se producen pérdidas económicas para la Fábrica Nacional de Licores, ya que son ventas que se están dejando de realizar por no cumplir con la producción requerida para satisfacer la demanda.

FANAL logra producir 40.000 litros de alcohol diarios, los cuales son almacenados en tanques destinados para dicho producto. El periodo de producción de la destilería de alcoholes es de 20 días, debido a la capacidad de los tanques, es decir, mensualmente se logra producir 800.000 litros de alcohol. La demanda mensual del alcohol envasado en presentación de cinco litros es de 10.000 unidades, es decir, 50.000 litros mensuales. Claramente, se puede determinar que FANAL sí tiene capacidad productiva, pero el cuello de botella que impide cumplir con la demanda es el proceso de envasado.

Dicha problemática genera molestias en los clientes y pérdidas importantes para FANAL, ya que, analizando todo el producto que no se ha logrado producir debido a diferentes factores que se encuentran en la línea de producción, se puede determinar que la Fábrica Nacional de Licores ha dejado de vender millones de colones, como se demuestra en la siguiente tabla 13.

Tabla 13
Pérdidas económicas

| Tipo de Producto | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | TOTAL | PRECIO UNIT | TOTAL DE PERDIDAS |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|----------------|------------------------|
| Alcohol de 70° 5 LT. | -10 063 | -10 063 | -10 063 | -10 063 | -10 063 | -10 063 | -10 063 | -5 503 | -5 503 | -9 463 | -7 423 | -98 333 | 4 406,00 | -433 255 198,00 |
| Alcohol de 70° 1 LT | -8 895 | -8 895 | -8 895 | -6 783 | -7 311 | -8 895 | -8 895 | -6 603 | -8 895 | -4 671 | 2 721 | -53 556 | 1 068,00 | -57 197 808,00 |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | -490 453 006,00 |

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 13, FANAL en el año anterior dejó de percibir $\text{¢}490.453.006,00$ (cuatrocientos noventa millones cuatrocientos cincuenta y tres mil seis colones) en un año, lo cual es una suma alarmante y que debe corregirse lo antes posible.

Con el fin de conocer detalladamente el proceso de producción del envasado de alcoholes, se realizó un estudio de tiempos, para el cual se tomó una muestra inicial de 10 observaciones, con el objetivo de determinar la muestra adecuada para proceder a realizar el estudio de tiempos. Este procedimiento se realizó para ambas presentaciones, a continuación, se presenta un resumen de los datos recopilados para los alcoholes de 70° con colorante en presentación de cinco litros, el estudio completo se puede encontrar en la sección de apéndices.

Alcoholes de 70° en presentación cinco litros

Tabla 14

Cálculo de muestra para estudio de tiempos del alcohol de 70° en presentación de cinco litros

| | Alimentar máquina | Llenado (ciclo de máquina) | Tapado del Envase | Pegar etiqueta | Sellar |
|---------------------------|------------------------------|---|------------------------------|---------------------------|---------------|
| Promedio | 26,16 | 152,53 | 40,18 | 32,08 | 16,33 |
| Desviación Estándar | 1,87 | 4,38 | 0,87 | 1,49 | 0,79 |
| Coefficiente de Variación | 7% | 3% | 2% | 5% | 5% |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 14, se presenta un resumen de los datos obtenidos de las 10 observaciones que se realizaron en la línea de envasado de alcoholes. Como son varias actividades, se escoge la actividad con el coeficiente de variación más alto, en este caso es la actividad de alimentar la máquina envasadora con 7 %. Con ayuda del programa Minitab, se determinó el nivel de confianza de la siguiente manera:

Minitab-Graph-Probability Distribution plot-View probability.

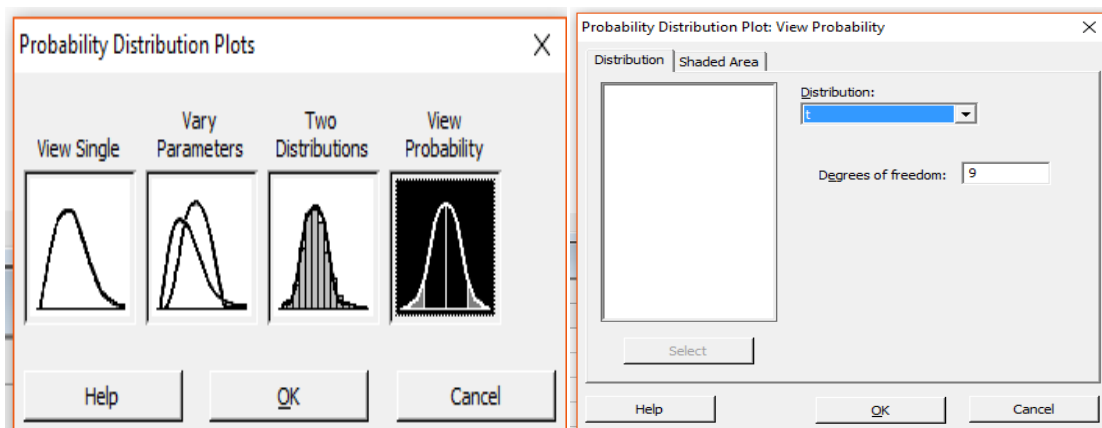


Figura 24

Pasos para calcular el nivel de confianza

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la figura 24, se empleó la distribución T-Student, debido a que la muestra es pequeña (10 observaciones), con una muestra mayor a 30 se utiliza la distribución normal.

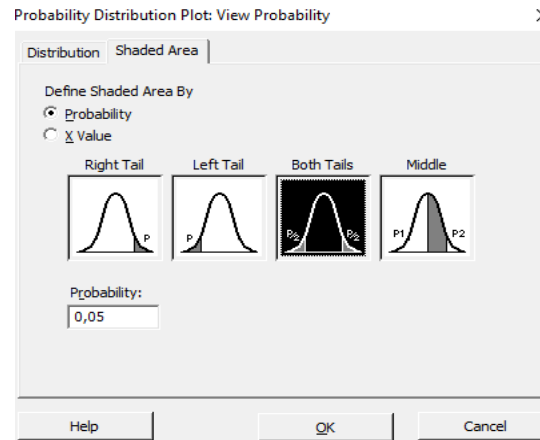


Figura 25

Pasos para determinar el nivel de confianza

Fuente: elaboración propia.

La precisión que se utilizará en este estudio es de un 5 %, por lo que en el programa Minitab se establece un 0.05 en la probabilidad.

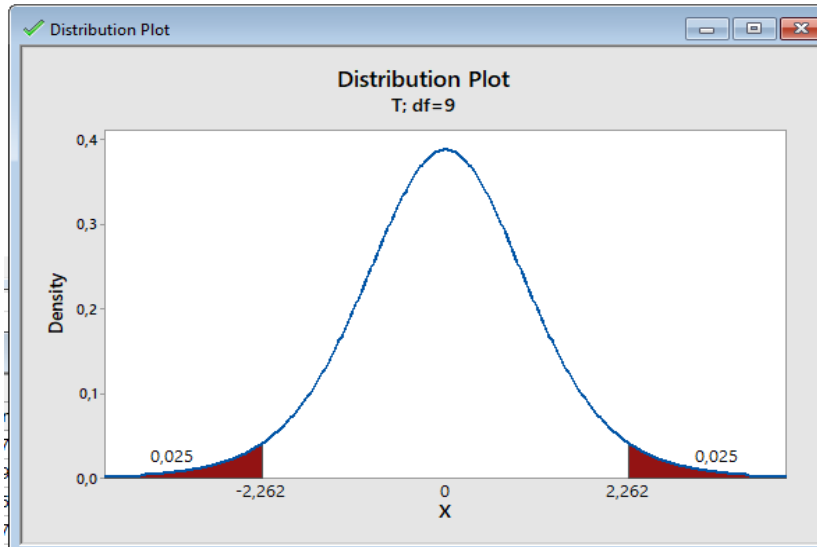


Figura 26

Diagrama de distribución

Fuente: elaboración propia.

Como se están utilizando 10 observaciones, en el gráfico se le quitan 9 grados de libertad para que quede en uno. En este caso, se necesita saber los valores en el percentil 25 y en el 97.5; en el 25 el resultado es -2.262 y en el 97.5 es 2.262 aproximadamente, por lo que un aproximado de 95 % de los datos se encontrarán en ese rango.

Para determinar el tamaño de la muestra que se necesita para realizar el estudio de tiempos, se tiene la siguiente fórmula:

Promedio: 26.16

Desviación estándar: 1.87

Precisión: 0.05

Confianza: 2.262

$$N = \left(\frac{1.87 * 2.262}{0.05 * 26.16} \right)^2 = 10.46$$

De acuerdo con el resultado anterior, se determina que el tamaño de la muestra para la presentación de cinco litros es de 10.46 observaciones, por lo que se trabajará con 11 observaciones en total. Se realizó una prueba de normalidad con el programa Minitab a las observaciones realizadas para dicho estudio, todas ellas resultaron ser normales. La prueba de normalidad de cada una de las tareas se puede encontrar en la sección de apéndices.

Al realizar el estudio de tiempos, el factor de valoración se basó en la siguiente escala mostrada en la figura 27.

| Ritmo de trabajo | |
|------------------|------------|
| 120 | Acelerado |
| 115 | Rápido |
| 110 | Óptimo |
| 105 | Bueno |
| 100 | Normal |
| 95 | Regular |
| 90 | Lento |
| 85 | Muy lento |
| 80 | Deficiente |

Figura 27

Valoración de Ritmo de Trabajo

Fuente: Morales (2011).

De acuerdo con lo observado en la línea de envasado de alcoholes, se asignó a cada tarea el ritmo de trabajo que corresponde y los tiempos suplementarios fueron suministrados por la empresa, los cuales se muestran en la tabla 15.

Tabla 15

Tiempos suplementarios

| Tiempos suplementarios | |
|-------------------------------|------------|
| Interrupciones por demora | 7% |
| Necesidades Personales | 5% |
| Fatiga general | 2% |
| TOTAL | 14% |

Fuente: Departamento de Recursos Humanos de FANAL

Ya definidos los factores de valoración y los tiempos suplementarios, se procede a realizar el estudio de tiempos para la presentación de cinco litros.

Tabla 16

Tiempos finales en segundos de la presentación de cinco litros

| | Alimentar máquina | Llenado | Tapado | etiqueta | Sellar |
|-----------------|------------------------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|
| Tiempo promedio | 25,88 | 152,32 | 40,12 | 32,19 | 16,40 |
| F.V | 1,05 | 0,85 | 0,8 | 0,8 | 0,95 |
| Tiempo normal | 27,17 | 129,48 | 32,10 | 25,75 | 15,58 |
| Tiempo Final | 30,98 | 147,60 | 36,59 | 29,36 | 17,77 |

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 16, se tienen los tiempos totales para cada una de las tareas por las que está formado el proceso de envasado de alcoholes en presentación de cinco litros, de lo anterior se concluye lo siguiente:

En la tarea de alimentación de la máquina, se determina que se tarda 30.98 segundos por ciclo de máquina (siete envases), colocando cada envase se tarda, 4.425 segundos, por lo que tiene una capacidad de 13 envases por minuto.

En el llenado se tiene una duración de 147.60 segundos por ciclo, por lo que, para llenar cada envase de cinco litros, se tarda 21.085 segundos, concluyendo con una capacidad de 2.84 unidades por minuto. Por su parte, en la tarea del tapado, se determinó una duración de 36.59 segundos por ciclo, el tapado de cada unidad tarda 5.227 segundos, por lo que en esta actividad se tiene una capacidad de 11.48 unidades por minuto.

En la actividad del etiquetado, se tiene que el tiempo total es de 29.36 segundos, el tiempo para etiquetar cada envase es de 4.194 segundos, por lo que tiene una capacidad de 14.30 unidades por minuto. Así mismo, en el sellado, el tiempo corresponde a 17.77 segundos, es decir, 2.538 segundos para cada envase, obteniendo una capacidad de 23.64 unidades por minuto. De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se presenta un resumen de la capacidad de cada uno de los procesos en minutos en la siguiente tabla 17.

Tabla 17

Resumen del estudio de tiempos

| | Alimentación de la máquina (7 unidades por ciclo) | Llenado | Tapado | Etiquetado | Sellado | Ciclo total |
|---------------------------------|--|----------------|---------------|-------------------|----------------|--------------------|
| Tiempo segundos (por unidad) | 4,425 | 21,085 | 5,22 | 4,194 | 2,53 | 37,454 |
| Capacidad por minuto | 13 | 2,84 | 11,48 | 14,3 | 23,6 | 1,601965 |

Fuente: elaboración propia.

Dado el estudio anterior, se determina que, en la línea de envasado de alcoholes en la presentación de cinco litros, un ciclo de producción tarda un total de 37.45 minutos por unidad y tiene una capacidad de 1.60 por minuto. El mismo procedimiento se aplicó para la presentación de un litro.

Presentación un litro.

Al igual que con la presentación de cinco litros, se tomó una muestra inicial de 10 observaciones para determinar el tamaño de la muestra con el que se va a trabajar, obteniendo así los siguientes resultados que se muestran en la tabla 18.

Tabla 18

Cálculo de muestra para estudio de tiempos en presentación de un litro

| | Alimentar máquina | Llenado (ciclo de máquina) | Tapado del Envase | Pegar etiqueta | Sellar |
|-------------------------|------------------------------|---|------------------------------|---------------------------|---------------|
| Promedio | 26,68 | 31,23 | 40,18 | 32,23 | 15,86 |
| Desviación Est | 0,78 | 1,07 | 0,52 | 1,14 | 0,44 |
| Coefi. Variación | 3% | 3% | 1% | 4% | 3% |

Fuente: elaboración propia.

Al igual que con la presentación de cinco litros, se escoge la actividad que tenga el coeficiente de variación mayor, en este caso es el pegado de etiquetas con un 4 %, como se observa en la tabla anterior. Con ayuda del programa Minitab, se establece el nivel de confianza de un 95 %, de la misma manera que con la presentación de cinco litros.

Para aplicar la fórmula se tienen los siguientes valores:

| | |
|-----------------|---------------------------|
| Promedio: 32.02 | Desviación estándar: 1.01 |
| Precisión: 0.05 | Confianza: 2.262 |

$$N = \left(\frac{1.01 * 2.262}{0.05 * 32.02} \right)^2 = 2.036$$

En ese caso, como la muestra es muy pequeña, se decide realizar el estudio de tiempos con la muestra inicial de 10 observaciones, para tener una muestra más representativa. Se realizó la prueba de normalidad con el programa Minitab a los datos obtenidos de cada una de las actividades y todas ellas son normales, por lo que se puede proceder a realizar el estudio de tiempos. Las pruebas de normalidad se pueden consultar en la sección de apéndices.

Aplicando los factores de valoración y los tiempos suplementarios que se utilizaron anteriormente, se procede a realizar el estudio de tiempos para la presentación de un litro.

Tabla 19

Tiempos finales de la presentación un litro

| | Alimentar Llenado | | | | |
|-----------------|--------------------------|-------|---------------|-----------------|---------------|
| | máquina | | Tapado | etiqueta | Sellar |
| Tiempo promedio | 26,68 | 31,23 | 40,18 | 32,23 | 15,86 |
| F.V | 1,05 | 0,85 | 0,8 | 0,8 | 0,95 |
| Tiempo normal | 28,01 | 26,54 | 32,14 | 25,79 | 15,06 |
| Tiempo final | 31,93 | 30,26 | 36,64 | 29,40 | 17,17 |

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 19, se tienen los tiempos totales para cada una de las tareas por las que está formado el proceso de envasado de alcoholes en presentación de un litro, por lo anterior se concluye lo siguiente:

En la tarea de alimentación de la máquina, se determina que tarda 31.93 segundos por ciclo de máquina (siete envases), colocando cada envase se tarda 4.561 segundos, por lo que tiene una capacidad de 13 envases por minuto. En el llenado se tiene una duración de 30.26 segundos por ciclo, es decir, para llenar cada envase de un litro se tarda 4.322 segundos, por lo que tiene una capacidad de 13.88 unidades por minuto.

En la tarea del tapado se determinó una duración de 36.64 segundos por ciclo, el tapado de cada unidad tarda 5.23 segundos, por lo que en esta actividad tiene una capacidad de 11.47 unidades por minuto. Por otra parte, en la actividad del etiquetado, se tiene que el tiempo total es de 29.40 segundos y el tiempo para etiquetar cada envase es de 4.2 segundos, por lo que tiene una capacidad de 14.28 unidades por

minuto. En el sellado, el tiempo corresponde a 17.17 segundos, es decir, 2.452 segundos para cada envase, obteniendo una capacidad de 24.46 unidades por minuto.

En la siguiente tabla, se presenta un resumen de los datos obtenidos del estudio de tiempos para la presentación de un litro del alcohol de 70° con colorante.

Tabla 20

Resumen de estudio de tiempos para la presentación de un litro

| | Alimentación de la máquina (7 unidades por ciclo) | Llenado | Tapado | Etiquetado | Sellado | Ciclo total |
|---------------------------------|--|----------------|---------------|-------------------|----------------|--------------------|
| Tiempo segundos (por unidad) | 4,561 | 4,322 | 5,23 | 4,2 | 2,45 | 20,763 |
| Capacidad por minuto | 13 | 13,8 | 11,47 | 14,28 | 24,46 | 2,889756 |

Fuente: elaboración propia.

Dado el estudio anterior, se determina que, en la línea de envasado de alcoholes en la presentación de un litro, un ciclo de producción tarda un total de 20.76 segundos por unidad y tiene una capacidad de 2.88 por minuto.

Otro análisis que se realizó fue un diagrama Hombre Máquina, este diagrama se realizó con el fin de analizar los tiempos muertos de los funcionarios, ya que, cuando se está realizando el proceso de llenado, hay tres operarios que no están haciendo nada. Este diagrama se realizó con los datos de la presentación de cinco litros, ya que es la que tiene mayor tiempo de llenado, por lo que es la más importante de corregir.

| Diagrama Hombre-Máquina | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------|--------|
| | | Resumen | | | |
| | | Tiempo de Ciclo | Actual | Propuesto | Mejora |
| Proceso Envasado de alcoholes | | Hombre | 178,69 | | |
| | | Máquina | 178,69 | | |
| Máquina llenadora de alcohol | | Tiempo de trabajo | | | |
| | | Hombre | 65,95 | | |
| | | Máquina | 147,6 | | |
| | | Tiempo Inactivo | | | |
| | | Hombre | 147,6 | | |
| | | Máquina | 65,95 | | |
| | | Utilización | | | |
| Tiempo: | en segundos | Hombre | 37% | | |
| | | Máquina | 83% | | |
| Tiempo | Operario | Observaciones | Observaciones | Máquina | Tiempo |
| 5 | Alimentar máquina | Se realiza cada ciclo de máquina | Cada ciclo | Máquina inactiva | 5 |
| 10 | | | | | 10 |
| 15 | | | | | 15 |
| 20 | | | | | 20 |
| 25 | | | | | 25 |
| 30 | Tiempo ocioso | Cada ciclo de máquina | Frecuencia 1 vez cada ciclo | Ciclo de máquina | 30 |
| 35 | | | | | 35 |
| 40 | | | | | 40 |
| 45 | | | | | 45 |
| 50 | | | | | 50 |
| 55 | | | | | 55 |
| 60 | | | | | 60 |
| 65 | | | | | 65 |
| 70 | | | | | 70 |
| 75 | | | | | 75 |
| 80 | | | | | 80 |
| 85 | | | | | 85 |
| 90 | | | | | 90 |
| 95 | | | | | 95 |
| 100 | | | | | 100 |
| 105 | 105 | | | | |
| 110 | 110 | | | | |
| 115 | 115 | | | | |
| 120 | 120 | | | | |
| 125 | 125 | | | | |
| 130 | 130 | | | | |
| 135 | 135 | | | | |
| 140 | 140 | | | | |
| 145 | 145 | | | | |
| 150 | 150 | | | | |
| 155 | 155 | | | | |
| 160 | 160 | | | | |
| 165 | 165 | | | | |
| 170 | 170 | | | | |
| 175 | 175 | | | | |
| 180 | 180 | | | | |

Figura 28

Diagrama Hombre-Máquina

Fuente: elaboración propia.

De dicho diagrama se resume la siguiente información:

Tabla 21
Resultados diagrama Hombre- Máquina

| Tiempo de Ciclo | Actual |
|--------------------------|---------------|
| Hombre | 178.69 |
| Máquina | 178.69 |
| Tiempo de trabajo | |
| Hombre | 65.95 |
| Máquina | 147.6 |
| Tiempo Inactivo | |
| Hombre | 147.6 |
| Máquina | 65.95 |
| Utilización | |
| Hombre | 37% |
| Máquina | 83% |

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, en un mismo ciclo de tiempo, la máquina opera 147.6 segundos, mientras que el operario 65.95 segundos, la cantidad de tiempo inactivo es de 2.46 minutos por cada ciclo de producción, lo que genera pérdidas para la empresa. El porcentaje de utilización de la máquina equivale a un 83%, mientras que el del operario es de un 37 %, esto se debe corregir para mejorar esta línea de envasado.

Otra medición que se realizó en este capítulo fue la eficiencia de la máquina que se utiliza en el llenado de los envases, para la cual se utilizó el sistema OEE, cuyas siglas en inglés significan *Overall Equipment Effectiveness*, lo cual en español significa Eficiencia Global de Equipos Productivos. El cual se basa en tres mediciones: disponibilidad, rendimiento y calidad. El tiempo utilizado en los cálculos, tanto el

disponible como el productivo, se da en horas. Dichas mediciones se pueden observar en la siguiente tabla 22.

Tabla 22
Medición de Eficiencia OEE

| Disponibilidad | | Rendimiento | | Calidad | |
|-----------------------|------------|----------------------|------------|-----------------|------------|
| Tiempo Disponible | 7 | Capacidad Productiva | 672 | Producción Real | 288 |
| Tiempo Productivo | 3 | Producción Real | 288 | Piezas buenas | 200 |
| Total | 43% | Total | 43% | Total | 69% |

Fuente: elaboración propia.

Al realizar un análisis de la tabla 22, se obtiene que la disponibilidad de la línea es de un 43 %, esto debido a que no se trabaja la totalidad de tiempo disponible, ya que, cuando se acaba el alcohol de la tanqueta, se debe detener todo el proceso hasta que sea nuevamente llenada; para lo cual el tiempo varía según varios factores, como, por ejemplo, si el encargado del despacho no se encuentra en su tiempo de café o almuerzo o atendiendo a algún cliente. Otro factor que afecta es que, para trasladar la tanqueta de un punto a otro, se necesita un montacargas, el cual no se encuentra disponible específicamente para esa línea de producción.

El último punto que influye en el tiempo disponible son las pruebas que realiza el Departamento de Control de Calidad al alcohol, ya que, al igual que el llenado de la tanqueta, varía el tiempo de atención.

La eficiencia en rendimiento es de un 43 %, ya que, debido a todos los inconvenientes o atrasos que afectan la línea, esta no logra trabajar de manera continua, produce solo 288 de las 672 que podría producir. En el aspecto de calidad, se determinó una eficiencia de 69 %, ya que, durante el proceso, hay envases que se deben reprocesar (vaciar), debido a que el nivel de llenado es mayor al establecido. Solo 200 de 288 no se reprocesan.

Del análisis realizado anteriormente, se determina que la eficiencia actual de la línea de envasado en estudio es de un 13 %, para analizar este resultado, se establece la siguiente tabla 23.

Tabla 23
Análisis Medición del OEE

| Rango | Nivel | Significado | Competitividad |
|-----------------|-------------|--|------------------|
| OEE < 65% | Inaceptable | Se producen importantes pérdidas económicas. | Muy baja |
| 65% < OEE < 75% | Regular | Aceptable sólo si se está en proceso de mejora, pérdidas económicas | Baja |
| 75% < OEE < 85% | Aceptable | Continuar la mejora para superar el 85% y avanzar hacia el World Class (manufactura de clase mundial), ligeras pérdidas económicas | Ligeramente baja |
| 85% < oee < 95% | Buena | Entra en valores World Class. | Buena |
| OEE > 95% | Excelencia | Valores World Class | Excelente |

Fuente: Ibermática, 2013

De acuerdo con la tabla 23, una de las reglas del OEE establece que, si se tiene un resultado menor a un 65 %, tiene un nivel inaceptable, existen importantes pérdidas

económicas y tiene una competitividad muy baja. En este caso un 13 % es un dato inaceptable y alarmante, el cual debe ser atendido inmediatamente.

Otro aspecto que se logró observar durante el desarrollo de este capítulo es la evidente presencia de desperdicios, los cuales son definidos por el sistema Lean Manufacturing como MUDAS, entre ellos se encuentran:

- Transporte: cada vez que transportan una tanqueta de alcohol de un lugar a otro, el producto se puede contaminar con algún factor que se encuentre en el medio.
- Tiempo de espera: el tiempo de espera entre el llenado de la tanqueta y las pruebas de calidad es demasiado grande.
- Defectos en el producto: por cada lote de producción, al menos dos unidades salen defectuosas.
- Personal subutilizado: en esta línea de producción hay cuatro funcionarios, de los cuales, cuando la máquina llenadora está cumpliendo su ciclo, ellos no hacen ninguna actividad.

Como otro punto del DMAIC, después de medir y analizar la situación actual, es claro que la capacidad instalada y la eficiencia de la línea de envasado son datos alarmantes y deficientes, los cuales generan pérdidas millonarias a la Fábrica Nacional de Licores.

CAPÍTULO V

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 DESCRIPCIÓN

En el capítulo anterior, se mencionaron varios problemas que se encuentran actualmente en la línea de envasado de alcoholes, los cuales provocan que sea ineficiente. Además, se determinaron datos importantes para el desarrollo de este capítulo, como lo son:

5.1.1. Capacidad real diaria.

Se realizó un análisis para determinar la capacidad instalada de la línea por día, la cual produce 1.60 galones de cinco litros por minuto, la línea funciona un aproximado de tres horas diarias, debido a problemas de análisis de traslado de producto, por lo que tiene una capacidad instalada de 288 galones diarios.

5.1.2 Eficiencia de la línea de envasado.

Se realizó un análisis de la eficiencia de enero de 2017 a marzo de 2018 por medio del sistema OEE, cuyas siglas en español significan *Eficiencia Global de Equipos Productivos*, dando como resultado un 13 %, el cual se basó en la medición de tres rubros, que se detallaron en la tabla 22.

Tabla 22

Medición de Eficiencia OEE Actual

| Disponibilidad | | Rendimiento | | Calidad | |
|-----------------------|------------|----------------------|------------|-----------------|------------|
| Tiempo Disponible | 7 | Capacidad Productiva | 672 | Producción Real | 288 |
| Tiempo Productivo | 3 | Producción Real | 288 | Piezas buenas | 200 |
| Total | 43% | Total | 43% | Total | 69% |

Fuente: elaboración propia.

5.1.3. Causas detectadas más importantes que se van a atacar.

Otro punto que se mencionó en el capítulo anterior son todas las causas que probablemente hacen que la línea de envasado sea ineficiente, para lo cual se realizó un diagrama de Pareto, con el fin de determinar cuáles son las causas que se van a atacar, las cuales son:

- ✓ Tiempos ociosos del personal.
- ✓ Atrasos en llenado de tanqueta.
- ✓ Transportes muy largos.
- ✓ Atrasos por pruebas de calidad.

Como parte de la metodología Lean Manufacturing, se inició el proyecto realizando un 5 S en el área de estudio, ya que, como se pudo observar en el capítulo anterior, el espacio para producir era demasiado reducido, debido a la cantidad de producto terminado acumulado en el área.

De acuerdo con lo mencionado en el Capítulo II, las 5S son un principio japonés cuyos nombres comienzan por S y van todos en la dirección de conseguir un lugar de trabajo más limpio y ordenado, es por esta razón que se inició el proyecto utilizando esta herramienta. Cada una de las S se aplicó de la siguiente manera:

- *5. Seiri* (Clasificación y Descarte): se procedió a clasificar todos los materiales que se encontraban en el área, tales como producto terminado, tarimas, plástico para paletizar, material de embalaje, entre otros. De los mencionados anteriormente, se procedió a eliminar todo el plástico que se acumula del embalaje de envases vacíos, ya que no aporta ningún valor agregado al producto.
- *Seiton* (Organización): se determinó un lugar para cada cosa en el área, el producto terminado se eliminó del área de trabajo, asignándosele un lugar determinado para almacenarlo. Como se puede observar en la figura 29, antes de implementar el *Seiton*, el lugar se encontraba lleno de producto terminado y no se lograba circular fácilmente por el mismo.



Figura 29

Fotografías de la Línea de envasado antes del *Seiton*

Fuente: elaboración propia.

Luego de ser implementada esta S, el lugar quedó casi desocupado, solamente se encontraba la línea de producción y los materiales necesarios para realizar las tareas diarias, se desocupó un área de 55 m^2 aproximadamente, como se puede observar en la figura 30.



Figura 30

Área de envasado de alcoholes limpia.

Fuente: elaboración propia.

- **Seiso (Limpieza):** entre todos los operarios de la línea de producción limpiaron el área, se utilizaron escobones, agua y jabón, por lo que quedó el área limpia y se acordó que cada uno de los operarios asumirá el compromiso para que el orden y la limpieza se mantenga, para lo cual se realizará una hoja de control que se deberá aplicar todos los días al inicio de la jornada laboral.
- **Seiketsu (Estandarización):** con el fin de mantener los resultados obtenidos con las anteriores S, se deben estandarizar los procesos de limpieza y demarcar las

zonas donde se van a ubicar cada uno de los elementos de la línea. En esta S se demarcaron zonas importantes como el lugar donde se almacenará el producto terminado, para esto se acondicionó una bodega que se encuentra contiguo al área de envasado, con el fin de mantener allí el producto terminado.



Figura 31

Fotografía lugar asignado para producto terminado

Fuente: elaboración propia.

Además de demarcar esta área, también se eliminó todo objeto que interfiriera con la señalización de la misma y se acordó que no se volvería a acumular material cerca de estos rótulos. Como se puede observar en la figura 32, los extintores y las

señales de ruta de evacuación se encuentran libres de cualquier obstrucción, contrario a como se encontraba anteriormente.



Figura 32

Fotografía diferencia entre el antes y el después

Fuente: elaboración propia.



Figura 33

Diferencia entre el antes y el después

Fuente: elaboración propia.

- *Shitsuke* (Compromiso y disciplina): en esta fase se motivó al personal y se les explicaron todos los beneficios que esta disciplina le puede traer a FANAL y hasta para ellos, ya que el lugar de trabajo se convierte en un área agradable para trabajar. Cada uno de ellos debe velar por que el área permanezca limpia y ordenada y que el problema de acumulación de producto terminado no vuelva a suceder.

Como parte de la disciplina y compromiso del personal, se creó una hoja de control o lista de verificación, con el fin de que el encargado del área realice las verificaciones diarias antes de iniciar el proceso de envasado, en esta lista de verificación se evalúan varios aspectos y se definen los pasos diarios para mantener el orden y el aseo en el área, como se muestra en la siguiente figura 34.

Lista de Verificación para las 5'S
Área de Envasado de Alcoholes
Fábrica Nacional de Licores

| EVALUACIÓN | | | | PUNTUACION | | | | |
|------------|-----|--|---|------------|---|---|---|---|
| 5'S | No. | ASPECTOS | QUE VERIFICAR (SUGERENCIAS) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| SEIRI | 1 | Objetos dejados sin uso | Existencia de materiales innecesarios | | | | | |
| | 2 | Área de trabajo identificados | Señales de identificación | | | | | |
| | 3 | Producto terminado acumulado en el área de trabajo | Espacio en el área asignada | | | | | |
| | 4 | Objetos innecesarios | Artículos inservibles u obsoletos | | | | | |
| | 5 | Información oficial actualizada | Si es actualizada por la Dirección | | | | | |
| SEITON | 6 | Lugares para almacenamiento de PT y material de embalaje | Se almacena en lugares apropiados | | | | | |
| | 7 | Cumplimiento de normas o procedimientos | Existen normas | | | | | |
| | 8 | Se deja en cualquier parte los materiales utilizados | Si se regresa a su lugar original | | | | | |
| | 9 | Orden en el área | Que no haya objetos innecesarios | | | | | |
| | 10 | Acumulación de desechos | Papel de etiquetas y plástico acumulado | | | | | |
| SEISO | 11 | Ventilación adecuada | | | | | | |
| | 12 | Iluminación adecuada | | | | | | |
| | 13 | Suciedad y polvo en el área de trabajo | | | | | | |
| | 14 | Suciedad y polvo en la línea de envasado | | | | | | |
| | 15 | Control de basureros | Los basureros contienen el plástico y el papel del día anterior | | | | | |
| SEIKETSU | 16 | Limpieza diaria encima de la línea de envasado | | | | | | |
| | 17 | Limpieza diaria de pisos | | | | | | |
| | 18 | Asignación de limpieza a los empleados | Lista de asignación de tareas | | | | | |
| | 19 | Se vacía basureros antes de salir | Lista de asignación de tareas | | | | | |
| | 20 | Limpieza diaria del tanque | | | | | | |
| SHITSUKE | 21 | Uso permanente de uniformes | | | | | | |
| | 22 | Puntualidad | | | | | | |
| | 23 | Normas de aseo antes de iniciar el proceso | Si se cumple siempre | | | | | |
| | 24 | Uso de redecillas para el cabello | Si se cumple siempre | | | | | |
| | 25 | No uso de celular | Si se cumple siempre | | | | | |

Figura 34

Lista de verificación para las 5s

Fuente: elaboración propia.

Para realizar la aplicación de la herramienta del 5s, se tardó cuatro días y se utilizó la mano de obra de los cuatro operarios de la línea, lo que generó un costo de implementación de $\text{¢}227.818,24$, ya que la hora de cada operario cuesta $\text{¢}1.780$.

5.1.4 Propuesta.

Después de aplicar la herramienta de 5S y como parte de la fase de Mejora del DMAIC, se procedió a realizar un análisis de la línea de envasado, la cual actualmente trabaja con cuatro operarios, en la distribución que se muestra en la figura 35.

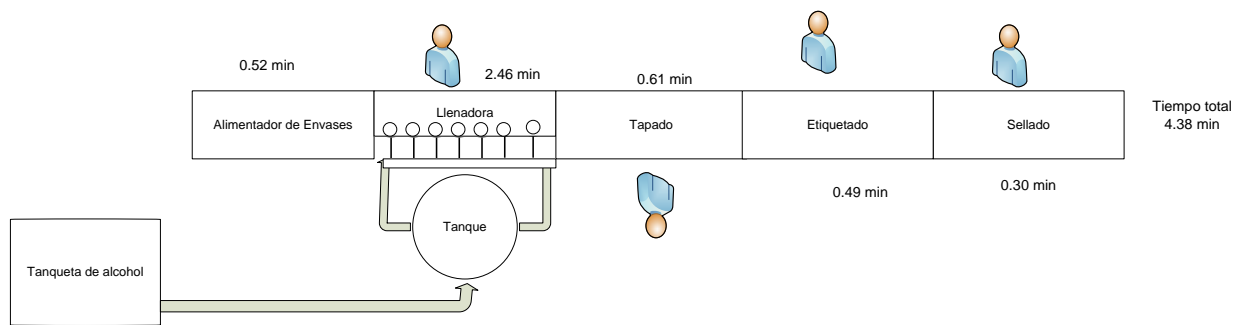


Figura 35

Distribución actual de la línea de envasado

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la figura anterior, el operario ubicado en la máquina llenadora alimenta la máquina y acciona el botón de llenado, el operario que sigue se encarga solamente de tapar los envases, el que sigue solamente etiqueta y el último sella. Cuando la máquina llenadora está realizando su ciclo, los otros tres funcionarios no hacen nada más, por lo que, entre cada ciclo de llenado, hay tres funcionarios

ociosos por un tiempo de 2.97 minutos, cuando se está envasando en la presentación de cinco litros.

Se realizó un análisis del tiempo ocioso diario del personal de la línea y se logró determinar lo mostrado en la tabla 24.

Tabla 24
Tiempo ocioso del personal

| Presentación | Duración llenado | Ciclo total | Tiempo ocioso por hora | Horas ociosas por día (3 horas laborales) |
|---------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| 5 litros | 2,46 (min) | 4,38 (min) | 24,39 (min) | 1,21 (horas) |

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 24, la cantidad de tiempo ocioso del personal es muy alta, en este análisis no se contempló el tiempo que se pierde cuando hay que llenar las tanquetas y realizar las pruebas de calidad, solamente se está considerando el tiempo ocioso durante el proceso productivo. Actualmente, la actividad que tiene mayor tiempo es la del envasado, especialmente en presentación de cinco litros y como son lotes pequeños (7 galones), al operario le queda demasiado tiempo sin realizar ninguna actividad.

Por lo anterior, se propone balancear la línea de envasado de manera que sea una línea de producción que trabaje de forma continua durante la jornada laboral, por este motivo, se plantea la siguiente propuesta mostrada en la figura 36.

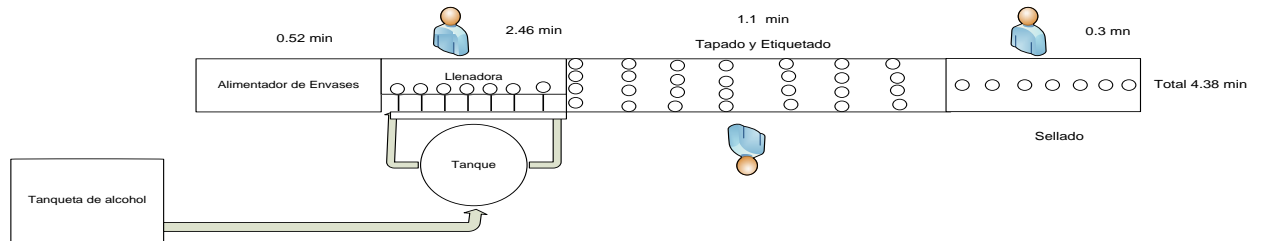


Figura 36

Propuesta para línea de envasado

Fuente: elaboración propia.

La propuesta en la línea de envasado se enfoca en dos aspectos principalmente:

1. De acuerdo con pruebas realizadas en la línea de envasado, se puede eliminar un operario de la línea, ya que cada uno tiene muy pocas tareas, es decir, el personal se encuentra subutilizado, como se puede observar en el capítulo anterior, en la cantidad de tareas por subproceso.

De acuerdo con lo anterior, el operario que se encarga del tapado, también se encargará del etiquetado, es decir, al llegar el envase lleno con alcohol, colocará para lo anterior la tapa y la etiqueta y lo pasará para que sea sellado.

Para llevar a cabo lo anterior, se realizó un análisis de balanceo de línea para la presentación de cinco litros, ya que es la que presenta mayor cantidad de tiempo ocioso. Dicho análisis se realizó de acuerdo con lo establecido en el Capítulo II, para el cual se utilizaron las variables definidas por Salazar (2016), con el fin de escoger la que más se ajuste a las necesidades de FANAL, dicho balance se muestra en la siguiente tabla 25.

Tabla 25
Balance de línea

| Descripción | Balance de línea | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| | Actual | | Itineración 1 | | Itineración 2 | | Itineración 3 | | Itineración 4 | | Itineración 5 | |
| | Tiempo (minutos) | Operarios por proceso | Tiempo (minutos) | Operarios por proceso | Tiempo (minutos) | Operarios por proceso | Tiempo (minutos) | Operarios por proceso | Tiempo (minutos) | Operarios por proceso | Tiempo (minutos) | Operarios por proceso |
| Alimentar máquina | 0,52 | 1 | 0,52 | 1 | 0,52 | 1 | 0,52 | 1 | 0,52 | 1 | 0,52 | 1 |
| Llenado | 2,46 | 1 | 2,46 | 1 | 2,46 | 1 | 1,23 | 2 | 0,82 | 3 | 0,62 | 4 |
| Tapado | 0,60 | 1 | 1,10 | 1 | 1,10 | 1 | 1,10 | 1 | 1,10 | 1 | 1,10 | 1 |
| Etiquetado | 0,49 | 1 | | | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 | 0,00 | 1 |
| Sellado | 0,30 | 1 | 0,30 | 1 | 0,30 | 1 | 0,30 | 1 | 0,30 | 1 | 0,30 | 1 |
| Minuto total del operario | 4,38 | | 4,38 | | 4,38 | | 4,38 | | 4,38 | | 4,38 | |
| Ciclo de Control | 2,46 | | 2,46 | | 2,46 | | 1,23 | | 0,82 | | 0,62 | |
| # de operarios | 4 | | 3 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | |
| Tiempo de línea | 9,84 | | 7,38 | | 12,3 | | 7,38 | | 5,74 | | 4,92 | |
| % balance | 45% | | 59% | | 36% | | 59% | | 76% | | 89% | |
| Ciclo de trabajo ajustado | 3 | | 3 | | 3 | | 1 | | 1 | | 1 | |
| Unidad/hora | 157,98 | | 157,98 | | 157,98 | | 157,98 | | 315,95 | | 473,93 | |
| Unidades/turno | 1105,83 | | 1105,83 | | 1105,83 | | 1105,83 | | 2211,66 | | 3317,49 | |
| Unidades por operario | 276,46 | | 368,61 | | 221,17 | | 184,30 | | 315,95 | | 414,69 | |
| Costo por unidad | ₡51,50 | | ₡38,63 | | ₡64,38 | | ₡77,26 | | ₡45,07 | | ₡34,34 | |

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la tabla anterior, se puede observar que se realizaron cinco iteraciones, donde se puede ver que el cuello de botella siempre se da en el proceso de llenado, esto debido a que es una máquina la que realiza el proceso, ya que en la línea solamente la actividad de llenado es con máquina y el resto es manual, por esta razón, no es conveniente seguir agregando operarios en esta tarea. Los resultados del balance anterior se resumen en la siguiente tabla 26.

Tabla 26
Resumen balance de línea

| | Balance de línea | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Actual | Itineración 1 | Itineración 2 | Itineración 3 | Itineración 4 | Itineración 5 |
| Minuto total del operario | 4,38 | 4,38 | 4,38 | 4,38 | 4,38 | 4,38 |
| Ciclo de Control | 2,46 | 2,46 | 2,46 | 1,23 | 0,82 | 0,62 |
| # de operarios | 4,00 | 3,00 | 5,00 | 6,00 | 7,00 | 8,00 |
| Tiempo de línea | 9,84 | 7,38 | 12,30 | 7,38 | 5,74 | 4,92 |
| % balance | 45% | 59% | 36% | 59% | 76% | 89% |
| Ciclo de trabajo ajustado | 2,66 | 2,66 | 2,66 | 1,33 | 0,89 | 0,66 |
| Unidad/hora | 157,98 | 157,98 | 157,98 | 157,98 | 315,95 | 473,93 |
| Unidades/turno | 1105,83 | 1105,83 | 1105,83 | 1105,83 | 2211,66 | 3317,49 |
| Unidades por operario | 276,46 | 368,61 | 221,17 | 184,30 | 315,95 | 414,69 |
| Costo por unidad | ₡51,50 | ₡38,63 | ₡64,38 | ₡77,26 | ₡45,07 | ₡34,34 |

Fuente: elaboración propia.

De los cinco panoramas que se realizaron, la iteración que estuvo más próxima al 100 % de balance y el costo por unidad más bajo es la # 5, con un 89%, sin embargo, es la opción con mayor cantidad de operarios en la línea, lo cual es lo opuesto a los intereses de FANAL, por lo que dicha opción se debe descartar.

El porcentaje más alto de balance que le sigue con un 76 % es el de la iteración #4, pero, al igual que la #5, la cantidad de operarios es muy alta y el costo por unidad es más alto que otras iteraciones. En orden descendiente, las iteraciones que alcanzaron un 59 % de balance son la # 3 y # 1, de las cuales la mejor opción es la iteración # 1, ya que tiene el menor número de operarios, el mayor número de unidades por operario y menor costo por unidad (con excepción a la iteración # 5). Además, se escoge esta iteración debido a que el interés de FANAL es disminuir personal en esa línea, no aumentar.

2. El otro punto de la propuesta es iniciar el proceso de tapado y etiquetado cuando se hayan acumulado cuatro ciclos de llenado, es decir, 28 galones o un “Súper Mercado”. Mientras se inicia con el proceso de llenado, los otros dos operarios se encargarán de mantener el 5S aplicado al inicio de este capítulo, los cuales revisarán el área con la lista de verificación recomendada, además, realizarán limpieza y mejoras al área.

La cantidad de los 28 litros se determinó por medio de pruebas realizadas en la línea de envasado, se inició con el lote que actualmente se trabaja de siete galones, pero, como se mostró anteriormente, el tiempo ocioso es muy alto. Luego, se probó con lotes de 14 galones y aun así existía un tiempo muerto de 0.26 minutos entre el envasado y el etiquetado, por último, se realizaron pruebas con lotes de 28 galones y se logró eliminar por completo los tiempos ociosos del personal durante el ciclo productivo.

Como se puede observar en las siguientes figuras 37, 38, 39 y 40, en cada una de las pruebas se determinó el tiempo muerto para los lotes de 7, 14, 21 y 28 galones.

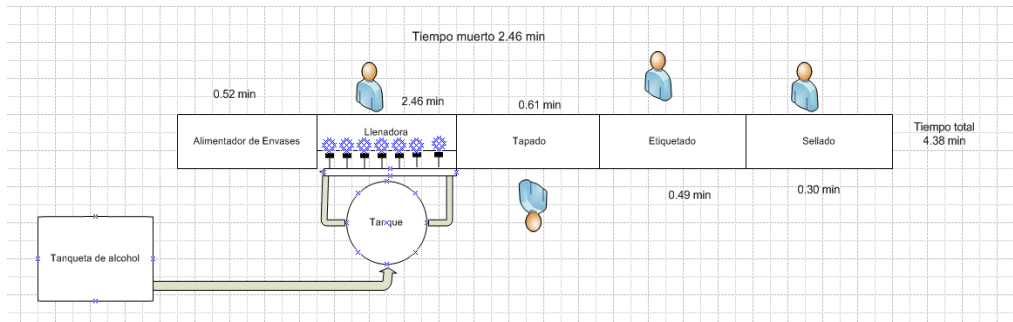


Figura 37
Pruebas realizadas con siete galones
Fuente: elaboración propia.

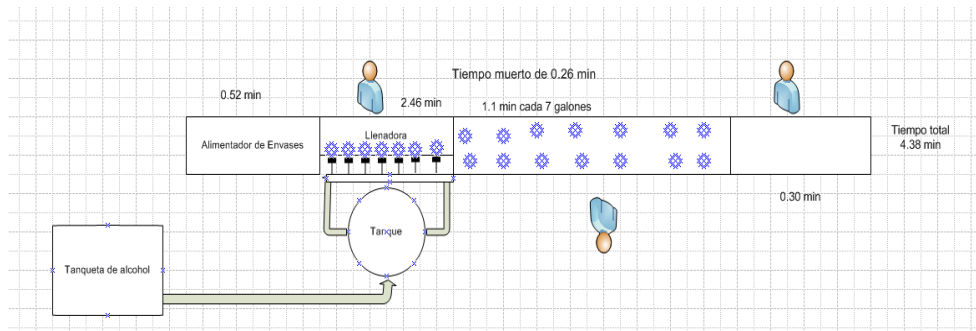


Figura 38
Pruebas realizadas con 14 galones
Fuente: elaboración propia.

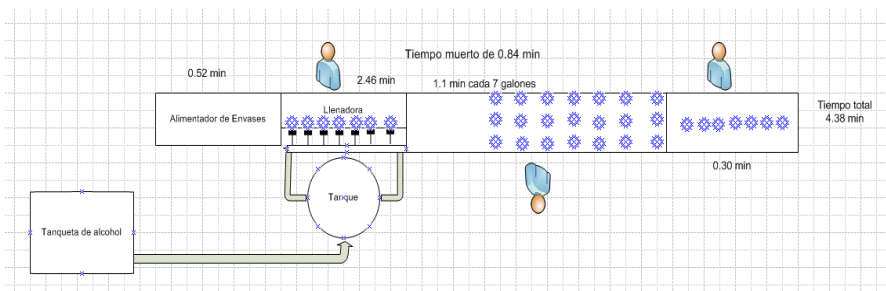


Figura 39
Pruebas realizadas con 21 galones
Fuente: elaboración propia.

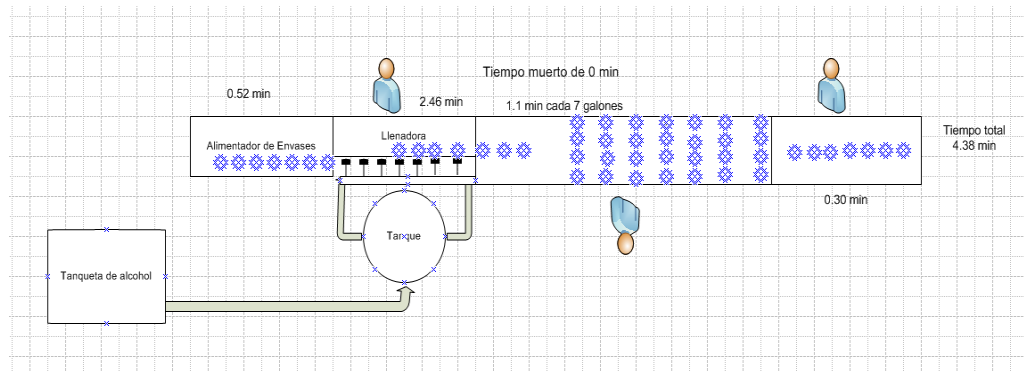


Figura 40

Pruebas realizadas con 28 galones

Fuente: elaboración propia.

Al realizar esta acumulación y eliminar un operario en el momento que inicien las tareas de tapado y etiquetado, la línea correrá a un ritmo adecuado, ya al iniciar el proceso el operario tarda 3.3 minutos para realizar las tareas de tapado y etiquetado para el lote de 28 galones y el envasado que, anteriormente era el cuello de botella, tarda 2.46 minutos, es decir, el operario 2 y 3 siempre van a tener unidades para trabajar, ya que, aunque ahora el proceso de tapado y etiquetado tarda 0.84 minutos más que el envasado, no se hace cuello de botella, debido a que ya ha salido un lote de siete galones y otro se encuentra en proceso. Al eliminar un operario, cuyo salario mensual es de $\text{¢}313.250,00$, para FANAL significa un ahorro anual de $\text{¢}3.759.000,00$, por lo que es otro punto positivo en reducir costos.

Con la propuesta anterior, se elimina la problemática existente del tiempo ocioso del personal, además de hacerla más eficiente, sin embargo, aún quedan dos

problemas más por resolver de acuerdo con el diagrama de Pareto desarrollado en el capítulo anterior, por lo tanto, queda por resolver:

- ✓ Atrasos en llenado de tanqueta.
- ✓ Transportes muy largos.
- ✓ Atrasos por pruebas de calidad.

Estos tres problemas se originan, principalmente, debido a la distancia que se debe recorrer cada vez que se necesita llenar la tanqueta, para lo anterior, se propone aprovechar la distancia existente entre el Área de Confección de Licores y Alcoholes y el Edificio de envasado de alcoholes, ya que quedan al frente.

Otro aspecto importante es que se aprovecharía un tanque de almacenamiento con una capacidad de 50.000 litros que se encuentra a la par del edificio de envasado y que desde hace mucho tiempo no se utiliza, pero se encuentra en buen estado. La propuesta se muestra en la figura 41.

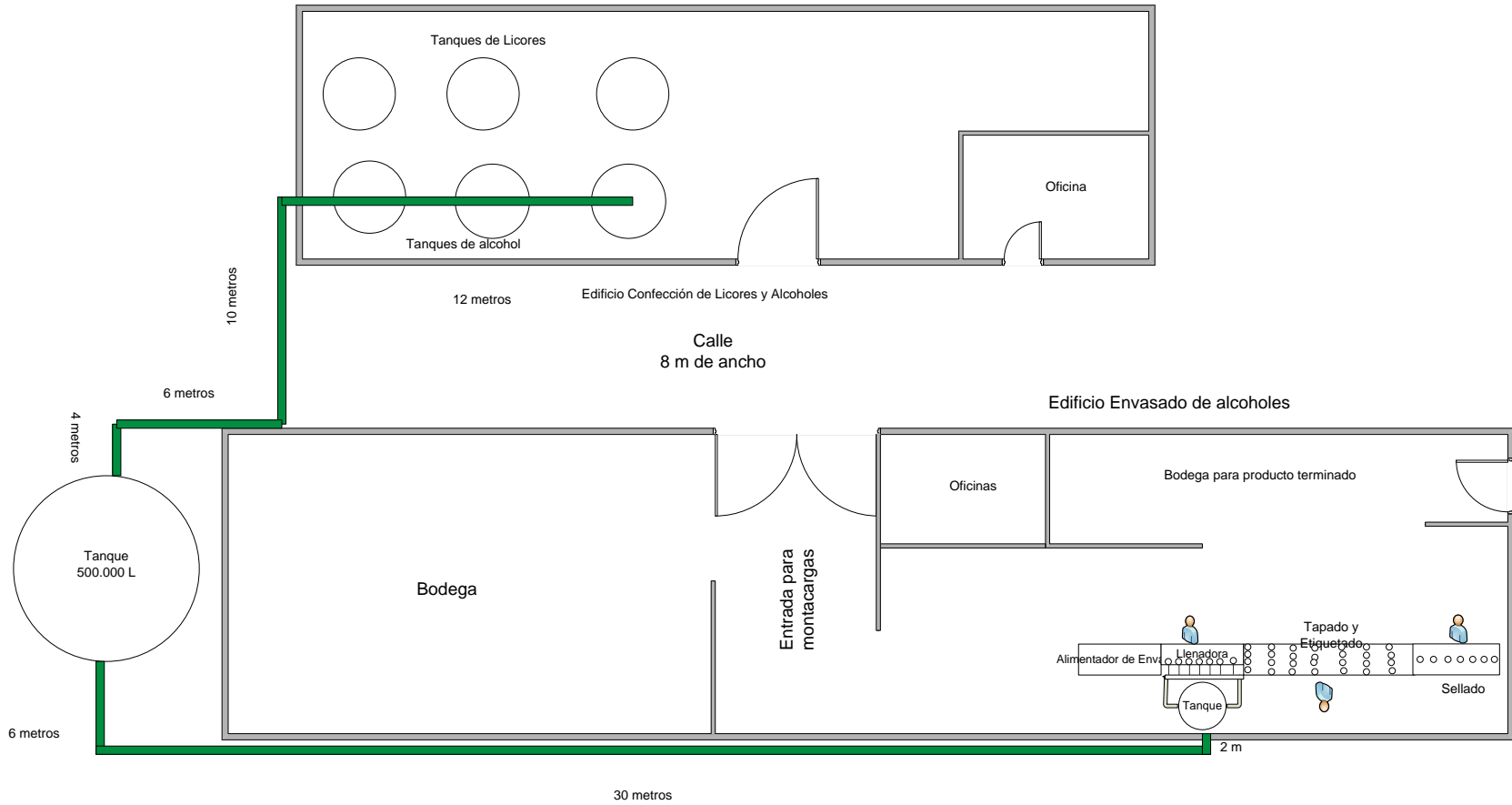


Figura 41 Propuesta trasiego de alcohol por medio de tuberías

Fuente: elaboración propia.

Con esta propuesta se eliminarían los transportes de la tanqueta y los tiempos muertos esperando a que sea llenada, ya que el alcohol que se produce en el Área de Producción sería enviado al tanque de almacenamiento que se encuentra a un costado del edificio y el mismo enviaría por medio de tubería al tanque de la máquina llenadora.

Otro ahorro para FANAL es el combustible que se gasta en los montacargas para realizar los traslados de las tanquetas. Un montacargas tiene una capacidad de 48 litros de gasolina y una capacidad de consumo de cuatro litros de combustible por hora. Si se realiza ese cálculo, de acuerdo con el cursograma analítico realizado en el capítulo anterior, se determinó que el montacargas recorre cada vez que se necesita llenar una tanqueta 53.8 metros, con una duración de 74.5 segundos.

Para dicho proceso se tiene un total de 107.6 metros (ida y vuelta) y un tiempo de 2.48 minutos y si se realizan dos viajes diarios, calculando dicho tiempo anualmente, se tienen 10.91 horas, por lo que con este cambio FANAL se ahorraría aproximadamente ¢30.000 al año en el combustible del montacargas que se utiliza para esa tarea. También se eliminarían los atrasos generados por las pruebas de calidad, ya que, en lugar de realizar pruebas a cada tanqueta, se realizarían a los tanques principales ubicados en Confección, los cuales se realizan solamente una vez, al ser confeccionado cada tipo de alcohol.

Debido a que lo que se va a trasegar es alcohol, la tubería no necesita limpiarse al pasar de un producto a otro; en el caso del alcohol que se envasa con colorante, la tinta que se utiliza se le agregaría, pero al tanque de la máquina llenadora y cuando se

vaya a pasar a otro tipo de alcohol sin colorante, se le realiza la limpieza adecuada para que no deje rastros. Aplicando ambas propuestas a la línea de envasado, el tiempo productivo de esta línea pasaría de tres horas a siete horas, con estos nuevos datos se procede a calcular la capacidad de la línea con las propuestas planteadas.

5.1.5. Nueva capacidad de la línea.

Con respecto a la duración en cada actividad, se mantienen los mismos tiempos, debido a que el tiempo de inicio del proceso se tomará a partir de que se hayan acumulado las 28 unidades y al tener un operario menos, tampoco se pueden reducir por el momento los tiempos de tapado y etiquetado, por lo que la duración del ciclo de producción es el mismo, produciendo 1.60 galones por minuto. Sin embargo, al eliminar los tiempos de transporte, llenado de tanqueta y pruebas de calidad, la línea puede producir durante siete horas en lugar de tres, por lo que la nueva capacidad diaria es de 672.53 galones. La capacidad se logró aumentar en un 57 %.

5.1.6 Nueva eficiencia.

Realizando los nuevos cálculos para averiguar la eficiencia de la línea con las propuestas dadas, se tiene lo mostrado en la tabla 27.

Tabla 27

Cálculo de eficiencia OEE con las propuestas

| Disponibilidad | | Rendimiento | | Calidad | |
|-----------------------|------------|----------------------|------------|-----------------|------------|
| Tiempo Disponible | 7 | Capacidad Productiva | 672 | Producción Real | 672 |
| Tiempo Productivo | 6,5 | Producción Real | 650 | Piezas buenas | 480 |
| Total | 93% | Total | 97% | Total | 71% |

Fuente: elaboración propia.

Calculando la nueva eficiencia con el método OEE, se puede determinar que la nueva eficiencia para la línea de envasado de alcoholes es de un 64 %, es decir, aumentó en un 51 % con respecto a la situación actual. A pesar de que se logró aumentar un porcentaje tan significativo, de acuerdo con la tabla 23 del capítulo anterior, aún se continúa posicionando en el nivel de inaceptable, ya que el resultado es de un 64 %.

Tabla 28

Análisis Medición del OEE

| Rango | Nivel | Significado | Competitividad |
|-----------------|--------------|--|-----------------------|
| OEE < 65% | Inaceptable | Se producen importantes pérdidas económicas. | Muy baja |
| 65% < OEE < 75% | Regular | Aceptable sólo si se está en proceso de mejora, pérdidas económicas | Baja |
| 75% < OEE < 85% | Aceptable | Continuar la mejora para superar el 85% y avanzar hacia el World Class (manufactura de clase mundial), ligeras pérdidas económicas | Ligeramente baja |
| 85% < oee < 95% | Buena | Entra en valores World Class. | Buena |
| OEE > 95% | Excelencia | Valores World Class | Excelente |

Fuente: Ibermática (2013).

Con las propuestas presentadas anteriormente, se solucionan los principales problemas presentados en el capítulo anterior, sin embargo, hay otros problemas que no se logran solucionar con un balance de línea y eliminando los transportes y tiempos muertos. En las fotografías presentadas en el capítulo IV, se podían observar fugas en los pistones de la máquina de envasado y pérdidas de producto al vaciar de un envase a otro, estos problemas se deben a que la máquina envasadora es muy antigua y no fue creada para ese fin, por necesidades de la línea de envasado de alcoholes se le realizaron modificaciones y ajustes para este objetivo, sin embargo, no se puede ajustar de manera adecuada al tipo de envase que se utiliza actualmente.

Con el fin de modernizar esta línea y eliminar por completo estos desperdicios, otra propuesta que se plantea en este capítulo es adquirir una máquina envasadora moderna, que logre aumentar la capacidad de producción instalada y se reduzcan las unidades defectuosas al mínimo.

Se solicitó una cotización a una empresa de servicio que está dedicada desde hace más de 25 años a dar asesoramiento técnico, industrial e ingenieril a diferentes empresas nacionales e internacionales, principalmente a las industrias de envasado y embotellado de todo tipo de producto. La oferta presentada por esta empresa se encuentra en la Sección de Anexos. Dicha máquina tiene la siguiente capacidad:

- Envases de cinco litros: 9 unidades por minuto.
- Envases de un litro: 37 unidades por minuto.

- Envases de 500 ml: 50 unidades por minuto.
- Envases de 500 ml gel: 30 unidades por minuto.
- Envases miniatura: 24 por minuto.

En caso de adquirir esta máquina llenadora, se abren muchas posibilidades de mejora para FANAL, ya que no solamente se envasarían dos presentaciones, se podrían envasar más presentaciones, además, la solución antiséptica que actualmente se paga a maquilar se podría envasar en la misma línea de envasado. Otra característica importante de esta máquina es que llena envases de vidrio, plástico y metal de todo tamaño y forma, por lo que es muy versátil para innovar con productos nuevos.

Si se calcula la capacidad diaria de esta máquina, se obtiene un total de 3780 unidades diarias para la presentación de cinco, es decir, se aumentaría en un 92 % en comparación con la capacidad actual de la línea. Se realizó el cálculo de la eficiencia con esta propuesta y se determinó lo mostrado en la tabla 29.

Tabla 29

Eficiencia OEE con máquina nueva

| | | | | | |
|-------------------|------------|----------------------|------------|-----------------|------------|
| Tiempo Disponible | 7 | Capacidad Productiva | 3780 | Producción Real | 3780 |
| Tiempo Productivo | 6,5 | Producción Real | 3500 | Piezas buenas | 3400 |
| Total | 93% | Total | 93% | Total | 90% |

Fuente: elaboración propia.

Al eliminar los tiempos muertos de transporte y las unidades defectuosas, se lograría una eficiencia del 78 % con la nueva máquina y el trasiego por tubería, logrando una eficiencia del 64 % mayor a como se encuentra la línea actualmente y un 14 % mayor con la propuesta del balance de línea y trasiego del alcohol por tuberías. Con los cambios realizados anteriormente, se logra posicionar la eficiencia en el nivel aceptable, esto quiere decir, de acuerdo con la tabla 23 del capítulo anterior, que se puede continuar la mejora para alcanzar una manufactura de clase mundial y la competitividad es ligeramente baja.

Tabla 30 Análisis medición del OEE

| Rango | Nivel | Significado | Competitividad |
|-----------------|-------------|--|------------------|
| OEE < 65% | Inaceptable | Se producen importantes pérdidas económicas. | Muy baja |
| 65% < OEE < 75% | Regular | Aceptable sólo si se está en proceso de mejora, pérdidas económicas | Baja |
| 75% < OEE < 85% | Aceptable | Continuar la mejora para superar el 85% y avanzar hacia el World Class (manufactura de clase mundial), ligeras pérdidas económicas | Ligeramente baja |
| 85% < oee < 95% | Buena | Entra en valores World Class. | Buena |
| OEE > 95% | Excelencia | Valores World Class | Excelente |

Fuente: Ibermática (2013).

Con el objetivo de optimizar el proceso de envasado de alcoholes, se propone implementar las tres propuestas, es decir, trasegar el alcohol por medio de tuberías, cambiar la máquina llenadora actual por una nueva y mantener el balanceo de línea que se realizó para la propuesta 1.

Como parte de Control de la metodología del DMAIC, se establecen indicadores de productividad, ya que actualmente no existen. Dentro de los indicadores establecidos, se encuentran los mostrados en la tabla 31.

Tabla 31
Indicadores para máquina nueva

| Indicador | Mayor Alcanzado | Mínimo permitido |
|---------------------|------------------------|-------------------------|
| Disponibilidad | 100% | 98% |
| Rendimiento | 100% | 98% |
| Calidad | 100% | 98% |
| Balance de línea | 82% | 80% |
| Capacidad Instalada | 9 uni/min | 7 uni/min |

Fuente: elaboración propia.

Dichos márgenes de error o de pérdidas se establecen de acuerdo con los límites permitidos para las máquinas de las otras líneas que posee FANAL, en las cuales el nivel de pérdidas permitidas es de un 2 %. Además de establecer estos controles, también se estableció anteriormente una lista de verificación para la aplicación y mantenimiento de la herramienta de 5S, la cual debe aplicarse todos los días para mantener el área limpia y realizar las mejoras que se consideren necesarias.

5.1.7 Costos de implementación.

El costo de implementación de la herramienta de 5S fue un total de ¢227.818,24, por la mano de obra utilizada durante los días de clasificación y limpieza.

Para realizar estas propuestas, específicamente la propuesta del trasiego de alcohol por medio de tuberías, implica costos elevados para la Fábrica Nacional de Licores. Se deben contemplar los costos de materiales para las tuberías, las cuales deben ser en acero inoxidable de grado sanitario por el tipo de producto que debe trasegar, además, se debe tomar en cuenta la mano de obra que se debe pagar para realizar estos trabajos.

Se realizó una investigación en el mercado nacional sobre los precios del tubo en acero inoxidable sanitario de 6" y la mano de obra, cada tubo mide 6 metros y de acuerdo con las medidas establecidas en la figura 41, se debe cubrir un total de 70 metros lineales, por lo que se necesitan 12 tubos.

Tabla 32

Costos de implementación de la propuesta

| | | | |
|---------------------------|---------------|----|----------------------|
| Tubo acero inoxidable 6" | ¢56 000,00 | 12 | ¢672 000,00 |
| Codos acero inoxidable 6" | ¢9 000,00 | 5 | ¢45 000,00 |
| Mano de Obra | ¢5 000 000,00 | | ¢5 000 000,00 |
| TOTAL DE INVERSIÓN | | | ¢5 717 000,00 |

Fuente: elaboración propia con base en cotizaciones en el mercado

La máquina envasadora tiene un costo total de \$30.363.10, es decir, un aproximado de ¢17.400.000,00 (diecisiete millones cuatrocientos mil colones). El costo de implementación de las propuestas anteriores tienen un costo total de **¢ 23.344.818,24** (Veintitrés millones trescientos cuarenta y cuatro mil ochocientos dieciocho colones).

5.1.8 Análisis de factibilidad económica.

Si se realiza un análisis anual de la producción con ambas opciones (trasegar el alcohol por medio de tuberías y la compra de una máquina nueva), se puede realizar un pronóstico de la producción anual como la que se desglosa en la siguiente tabla 33.

Tabla 33
Ingresos proyectados

| | Unidades por minuto | Unidades diarias | Producción Mensual | Precio unitario | Ingresos Mensuales | Ingresos Anuales |
|-----------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|
| Alcohol 70° 5 litros | 3 | 1 092 | 24 024 | ₡ 4 406,00 | ₡ 105 849 744,00 | ₡ 1 270 196 928,00 |

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, los ingresos para FANAL son millonarios y solamente con el producto de alcohol 70° en presentación de cinco litros, si se incluyen los otros productos, además de la solución antiséptica que actualmente se contrata el servicio de maquila, las ganancias serían billonarias.

Si se analizan los ingresos anuales que obtiene FANAL actualmente y se comparan con los ingresos que se obtendrían si se realizan las mejoras, se obtiene la siguiente comparación mostrada en la tabla 34.

Tabla 34

Comparación de ingresos actuales con propuestas realizadas

| | Unidades por minuto | Unidades diarias | Producción Mensual | Precio unitario | Ingresos Mensuales | Ingresos Anuales |
|---------------------------|---------------------|------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Ventas actuales | 1,6 | 288 | 6 336 | ₡ 4 406,00 | ₡ 27 916 416,00 | ₡ 334 996 992,00 |
| Ventas Proyectadas | 2,6 | 1 092 | 24 024 | ₡ 4 406,00 | ₡ 105 849 744,00 | ₡ 1 270 196 928,00 |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior, se puede observar la diferencia de las ventas actuales de 1.6 unidades por minuto con un tiempo productivo de tres horas diarias y las ventas proyectadas con las propuestas realizadas, donde las unidades por minuto son 2.6, ya que se toman en cuenta todos los procesos, no solamente la máquina llenadora (tiene una capacidad de nueve unidades por minuto), con un tiempo productivo de siete horas laborales. Dicha diferencia se muestra gráficamente de la siguiente manera en la figura 42.

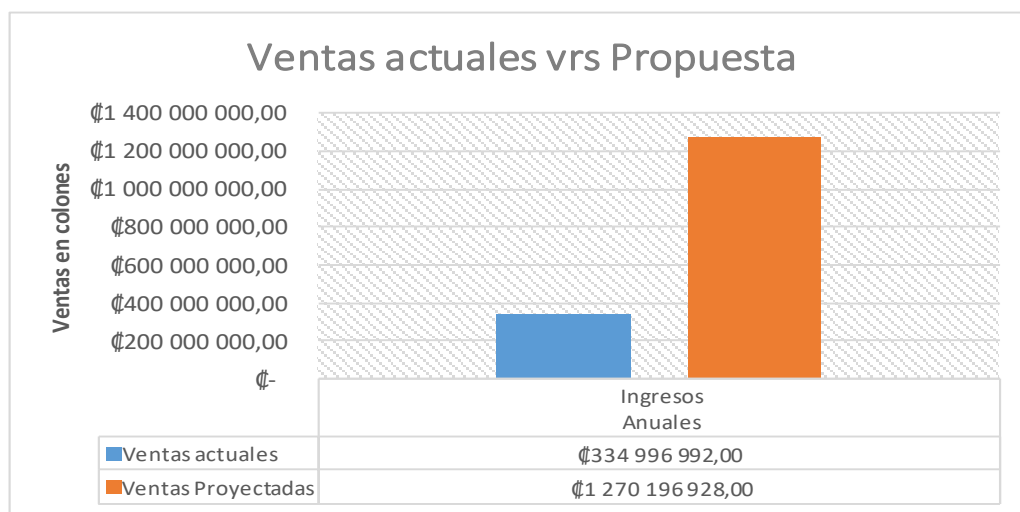


Figura 42

Gráfico comparativo de ventas

Fuente: elaboración propia.

Con las propuestas mencionadas anteriormente, las ventas aumentarían por año ₡935.199.936,00 (novecientos treinta y cinco millones ciento noventa y nueve mil novecientos treinta y seis colones).

Tomando en cuenta los costos productivos que se incrementarían con esta nueva capacidad a los cuales se les asignará un 40% de las ganancias netas, los cuales corresponden a ₡31.173.331,20 mensuales. Por lo tanto, se obtiene una ganancia mensual de ₡46.760.026,80, por lo que la inversión de ₡23 344 818,24 se recupera dos veces al cabo de un mes.

La inversión que se necesita realizar para la compra de la máquina y la adaptación de las tuberías es mínima en comparación con las ventas extra que se obtendrán y se recuperaría en menos de un mes, lo que es una gran oportunidad para FANAL.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Se lograron determinar las principales causas que estaban ocasionando no cumplir con las metas establecidas, las cuales son:

- Tiempos ociosos del personal.
- Atrasos en el llenado de las tanquetas.
- Transportes muy largos
- Atrasos por pruebas del Departamento de Control de Calidad.

Se realizó un estudio de tiempos para el producto de alcohol de 70° con colorante en presentación de cinco litros y un litro, con el cual se logró determinar el tiempo que tarda el ciclo completo y el tiempo de cada una de las tareas. Con estos datos también se logró determinar la capacidad instalada de la línea de envasado para cada uno de estos productos: 1.60 unidades por minuto para la presentación de cinco litros, es decir, 288 unidades diarias y 2.88 unidades por minuto para la presentación de un litro, 518 unidades diarias.

Se determinó que nivel de cumplimiento anual de la producción con respecto a la demanda es solamente de un 15 %, lo que genera pérdidas económicas de aproximadamente ¢490.000.000,00 al año. Con base en los cálculos de capacidad, observaciones y pruebas realizadas durante un mes en la línea de envasado, se realizó la medición de la eficiencia actual de la línea mediante el sistema OEE, lo cual en español significa Eficiencia Global de Equipos productivos, con el cual se determinó que

la eficiencia de la línea actual es de un 13 %, la cual corresponde a un nivel inaceptable.

Como parte de la metodología de Lean Manufacturing, se implementó en el área de estudio la herramienta del 5S, esta fue de gran ayuda, ya que se logró organizar y limpiar el área de la línea, la cual en un inicio se encontraba con producto terminado por todos lados, no se podía caminar libremente, ya que había tarimas acumuladas y el lugar en general tenía muy mal aspecto. Con esto se logró motivar al personal y brindarles un lugar de trabajo más adecuado, limpio y ordenado, además, se logró acondicionar un espacio contiguo a la línea de envasado para utilizarlo como bodega de producto terminado y se elaboró una lista de verificación para mantener el área limpia y ordenada. Como propuesta se plantearon tres opciones:

1. Se elimina un operario y como el cuello de botella se da en la máquina llenadora, se propone acumular cuatro lotes de producción, es decir, 28 galones. Mientras estos galones se llenan, los otros dos funcionarios se encargarán de aplicar la lista de verificación de las 5S, así como de ordenar y limpiar el área, cuando ya se hayan llenado los 28 galones, se inicia el proceso completo, eliminado el cuello de botella, ya que mientras se va tapando, etiquetando y sellando un lote de siete galones, entra otro igual, por lo que los operarios no van a tener tiempos ociosos.

Con esta propuesta se realizó un balance con cinco iteraciones, de las cuales se escogió la que más se adaptaba a los intereses de FANAL, la misma logró un balance

de un 59 %, el costo por unidad disminuyó $\text{¢}12.87$. Además, se ahorra el salario de un operario que al término de un año significan $\text{¢}3.759.000,00$. Con esta propuesta, además de aumentar el balance y disminuir el costo de producción, también se elimina uno de los más grandes desperdicios que se encontraron en la línea, que son los tiempos ociosos del personal.

2. Conectar por medio de tuberías los tanques de producto que se encuentran en el área de confección de licores con un tanque con una capacidad de 50.000 litros que se encuentra ubicado a un costado del edificio de envasado de alcoholes y este conectarlo al tanque de la máquina llenadora.

Con esta propuesta se eliminan las otras causas principales de no alcanzar las metas, ya que se eliminan los transportes de las tanquetas, las esperas para que las mismas sean llenadas y las esperas para las pruebas de calidad cada vez que se llena una tanqueta. Por lo que, en lugar de producir solamente tres horas al día, se lograría ampliar ese tiempo de producción a siete horas.

Se realizó nuevamente el cálculo de la capacidad de la línea con ambas propuestas y se determinó que la nueva capacidad sería de 672 unidades diarias para la presentación de cinco litros, es decir, de 288 unidades se aumentó a 672, una diferencia de 384 unidades diarias. También se calculó nuevamente la eficiencia por el Sistema OEE con las propuestas y se obtuvo una eficiencia de 64 %, la cual se logró aumentar en un 51 %, sin embargo, de acuerdo con el Sistema OEE continúa teniendo un nivel inaceptable.

3. Modernizar la línea con una máquina llenadora nueva, con lo cual se lograría eliminar completamente los desperdicios de producto presentados en la línea de envasado, ya que la actual es muy antigua y no fue elaborada para este proceso.

Con dicha máquina se lograría reducir las unidades defectuosas y los desperdicios, ya que se eliminan los derrames y se lograría obtener una capacidad de máquina de nueve unidades por minuto y la nueva capacidad de la línea sería de tres galones por minuto, 1.092 diarias para la presentación de cinco litros. Con lo que se lograría un aumento de 1614 unidades diarias en comparación con la situación actual.

Con esta nueva capacidad, se lograría cumplir la demanda del mercado, ya que, como se explicó en el Capítulo I de este proyecto, el alcohol de 70° en presentación de cinco litros es el de mayor demanda con 10.063 galones mensuales; con la nueva capacidad de la línea de envasado, se pueden envasar 24.024 galones mensuales, lo que genera la oportunidad de buscar nuevos clientes.

Para realizar la implementación de estas propuestas, se deben realizar inversiones importantes para la empresa. Para la propuesta 1, no se necesita inversión, pero el problema de desperdicios continuaría, ya que la máquina no se puede regular ni modificar para eliminar este problema.

Para la propuesta 2, se deben realizar trabajos que implican la rotura de calle de la institución, por lo que hay que contratar mano de obra más los materiales. En

consulta con un experto, se realizaron cotizaciones de materiales y mano de obra, y para implementar esta mejora se requiere un costo de inversión de ¢5.717.000,00.

Para la propuesta 3, se cotizó una máquina llenadora nueva, con más tecnología que la existente y se adapta perfectamente a las necesidades de FANAL, se pueden envasar diferentes presentaciones y también envasa gel, lo que implica que FANAL dejaría de maquilar uno de sus productos. Esta máquina llenadora tiene un costo de \$30.363.10, aproximadamente ¢17.400.000,00.

En busca de una mejor optimización de la línea de envasado, se propone implementar las tres propuestas, es decir, trasegar el alcohol por medio de tuberías, cambiar la máquina llenadora actual por una nueva y mantener el balanceo de línea que se realizó para la propuesta 1, con estas propuestas se logra un OEE de 78% con el cual se logra un nivel aceptable y competitividad ligeramente baja, lo cual permite continuar con las mejoras para alcanzar una manufactura de aceptación mundial. El costo total de implementación de estas propuestas tiene un costo total de ¢23.117.000,00.

Al realizar el análisis de factibilidad implementando las propuestas anteriores se obtiene que las ventas anuales aumentarían ¢935.199.936,00 y mensualmente el panorama es el mostrado en la tabla 35.

Tabla 35

Ganancias generadas en el lapso de un mes

| Ventas | |
|-----------------------------|-----------------|
| Actuales | ¢27 916 416,00 |
| Proyectadas | ¢105 849 774,00 |
| Ganancia | ¢77 933 358,00 |
| Costos de Producción | ¢31 173 343,20 |
| Ganancia Bruta | ¢46 760 014,80 |

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los datos anteriores, lo invertido en la implementación se lograría recuperar tres veces en un mes, lo que es una gran oportunidad para FANAL.

6.2 RECOMENDACIONES

- Acondicionar una bodega más grande para que se pueda almacenar el producto terminado, ya que el lugar que se acondicionó por el momento es adecuado, sin embargo, si se aumenta la capacidad diaria, el lugar no tiene la capacidad para almacenar tanto producto.
- Realizar mejoras en el piso y en las paredes, ya que el piso se encuentra agrietado y las paredes son de cemento y no están pintadas.
- Si FANAL no compra la máquina nueva, se podrían cambiar los empaques de las boquillas de la llenadora por unas de *Nylon* grado alimenticio, ya que las que tiene el alcohol las corroe y desgasta, lo que genera el goteo constante.
- Capacitar al personal en programas de 5S y trabajo en equipo, con el fin de incentivarlos para que mantengan el área de trabajo limpia y ordenada y se convierta en un lugar de trabajo agradable.
- Mejorar la ventilación del área, ya que hay pocas ventanas que se logran abrir y el calor en ocasiones es insoportable.
- Crear incentivos para los operarios, con el fin de que el personal esté motivado y desee realizar cada día mejor su trabajo.

REFERENCIAS

- Ansgar. (2013). *Minería de Datos en entornos de Análisis de Datos en Planta. ¿Qué ocurre en la producción?* Disponible en <http://rtdibermatica.com/?tag=analisis-oe>
- Arguedas, J. (2018). *Mejora del proceso de elaboración de llantas en Bridgestone de Costa Rica, Belén.* (Tesis inédita de Licenciatura). Universidad Hispanoamericana, Heredia, Costa Rica.
- Arias, K. (2016). *Aumento de la capacidad de producción del proceso de archivo de documentos de la empresa de dispositivos médicos Santa Lucía.* (Tesis inédita de Bachillerato). Universidad Hispanoamericana, Heredia, Costa Rica.
- Baca, G; et al. (2014). *Introducción a la Ingeniería Industrial.* 2^a ed. México: Grupo Editorial PATRIA.
- Bain, D. (1985). *Productividad: la solución a los problemas de la empresa.* México: McGraw-Hill Interamericana.
- Bonafont, X. (2011). *Antisepsia y desinfección en el hospital.* Barcelona, España.
- Blog IKOR. (2014). *El ciclo DMAIC como método para la mejora de los procesos de producción.* Disponible en <http://blog.ikor.es/es/el-ciclo-dmaic-como-metodo-para-la-mejora-de-los-procesos-de-produccion/>
- Cohen, E., & Franco, R. (2006). *Evaluación de Proyectos Sociales.* México: SIGLO XXI.
- Cuatrecasas, L. (2012). *La producción: procesos: relación entre productos y procesos.* Madrid, España.
- Chacón, D. (2017). *Análisis y mejora para aumentar la capacidad de producción en el proceso de reparación de medidores, en el Laboratorio Nacional de medidores (2017).* (Tesis inédita de Bachillerato). Universidad Hispanoamericana, San José, Costa Rica.

- De la Rus, G. (2008). *Análisis Coste-Beneficio. Evaluación económica de políticas y proyectos de inversión*. 3ª ed. Barcelona: Ariel Economía.
- Dorbessan, J. (2000). *Las 5S, herramientas de cambio, convierten la organización en una organización de aprendizaje*. Argentina.
- Escalante, A. & González, J. (2015). *Ingeniería Industrial. Métodos y Tiempos de con Manufactura ágil*. México: Alfaomega.
- Esquivel, O. (2014). *Mejoramiento de la producción del limpiador desinfectante en el Laboratorio de Reactivos Químicos de la Caja Costarricense de Seguro Social (LABREQUI)*. (Tesis inédita de Licenciatura). Universidad Hispanoamericana.
- García, E. (1999). *Automatización de Procesos Industriales*. Valencia.
- GEO Tutoriales. (2017). *Qué es el Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Causa Efecto*. Disponible en <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>
- González, H. (2012). *Diagrama de Pareto*. Disponible en <https://calidadgestion.wordpress.com/tag/diagrama-de-pareto/>
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2013). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. 3ª ed. México.
- Gutiérrez, M., & Moreno, A. (1995). *Factor humano en el desarrollo organizacional*. (Tesis inédita de Maestría). Universidad Autónoma, Nuevo León.
- Groover, M. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. México: Pearson.
- Hernández, R.; et al. (2010). *Metodología de la investigación*. 5a. ed. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Meyers, E. F. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. 2ª ed. México: Pearson Educación.

- Morales, V K. (2011). *Estudio del Trabajo. Tiempo Suplementario. Fatiga*. Disponible en <https://es.slideshare.net/ingkarent84/medicion-del-trabajotiempos-suplementariosfatiga>
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12 ed. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Oficina Internacional del Trabajo. (1989). *Gestión de la Productividad. Manual práctico*. Ginebra, Suiza.
- Palacios, L. (2009). *Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Pere, A., & Vilanova, R. (2005). *Automatización de procesos mediante la guía GEMA*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Quesada, M., & Villa, W. (2007). *Estudio del Trabajo: Notas de clase*. Medellín: ITM.
- Rey, F. (2005). *Las 5S. Orden y limpieza en el puesto de trabajo*. Madrid: Fundación CONFEMETAL.
- Rojas, J. (2017). *Reducción del tiempo de proceso de laminado de Sidewall en el área de acabados del alistado de aviones de la empresa COOPESA R.L., para diciembre del año 2016*. (Tesis inédita de Licenciatura). Universidad Hispanoamericana, Heredia, Costa Rica.
- Salazar, B. (2016). *Técnicas para registrar los hechos (información referente al método)*. Disponible en <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingeniería-de-metodos/técnicas-de-registro-de-la-información/>

- Salazar, B. (2016). *Balanceo de línea*. Disponible en <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/produccion/balanceo-de-linea/>
- Tejeda, A. (2011). *Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos*. República Dominicana.
- Vargas, F. (2014). *Análisis y propuestas de mejora para el proceso productivo en inversiones Iragazzi, S.A.* (Tesis inédita de Licenciatura). Universidad Hispanoamericana. Heredia, Costa Rica.
- Vega, B. (2011). *Propuesta de diseño para la puesta en marcha de una nueva línea de producción en la empresa ropa del Caribe S.A.* (Tesis inédita de Licenciatura). Universidad Hispanoamericana San José, Costa Rica.
- Wortman, B. (2014). *The Six Sigma Green Belt Primer*. Indiana: Quality Council of Indiana.
- Yauri, L. (2015). *Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de calzado*. (Tesis inédita de Bachillerato). Lima, Perú.

APÉNDICES

Apéndice A

Entrevista realizada al señor Pablo Durán Carmona, supervisor de la línea de Envasado de Alcoholes de la Fábrica Nacional de Licores.

Realizada el día 22 de noviembre del 2017

1. ¿Conoce usted cuál es la demanda mensual de alcoholes que requiere el mercado?

No hay parámetros establecidos, se trabaja con un programa de producción que no es exacto, es un estimado

2. ¿Se está cumpliendo con la producción de acuerdo con la demanda?

No, hay muchos atrasos para lograr cumplir con la demanda.

3. ¿Cuáles factores cree usted que ocasionan el no cumplimiento de las metas de producción?

Falta de comunicación con los clientes.

Proceso de producción es en gran parte manual.

Hay problemas con el espacio para el almacenamiento, lo que provoca que se quede en producto en el área, lo cual entorpece el proceso ya que no hay espacio para seguir produciendo.

4. ¿Está satisfecho con las condiciones en las que trabaja actualmente esta línea de producción?

Esta línea es un proyecto que inició pero aún no ha arrancado

5. ¿Existe motivación y buen ambiente laboral en esta área de trabajo?

Se trata de mantenerlos motivados con lo que hay, trabajamos con las uñas.

6. ¿Los operarios trabajan de acuerdo con los principios de ergonomía necesarios?

Aquí se trabaja con lo que hay, se ha tratado en la medida de lo posible buscar las condiciones adecuadas para ellos.

Apéndice B

HOJA DE DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE SUBPROCESOS EMPRESA: FÁBRICA NACIONAL DE LICORES

| REV# 1.0 | Hoja# 1 | Fecha: 15/02/18 | Elaborado por: Natali Jiménez S. | Operario/ Material/ Equipo |
|---------------------|--|-------------------------|---|---|
| Objeto de Estudio: | Alcohol presentación 5 litros y 1 litro. | | | |
| Nombre del proceso: | Envasado de Alcoholes | | Método: Actual / Propuesto | |
| Subproceso | Puesto1. Llenado | | | |
| Elementos | Descripción del Elemento | Herramientas utilizadas | Inicio | Final |
| 1 | Se reciben los envases vacíos y se colocan en la mesa | N/A | Se coloca la tarima de envases en su posición, o si se agota el contenido de la tarima se busca otra. | Se coloca la bolsa en la mesa de alimentación |
| 2 | Abrir la bolsa para sacar los envases cada bolsa contiene 24 envases | Cúter | La bolsa está sobre la mesa | Termina el corte de la bolsa |
| 3 | Alimentación de la máquina llenadora, se llenan los pistones con 7 envases. | N/A | Sostiene 3 envases | Presiona el botón de inicio de la máquina. |
| 4 | Ciclo de la máquina llenadora | N/A (Mecánico) | Accionar la Máquina | Desplazar los envases al puesto 2. |

HOJA DE DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE SUBPROCESOS
EMPRESA: FÁBRICA NACIONAL DE LICORES

| REV# 1.0 | Hoja# 1 | Fecha: 15/02/18 | Elaborado por: Natali Jiménez S. | Operario/ Material/ Equipo |
|---|--------------------------|-------------------------|----------------------------------|---|
| Objeto de Estudio: Alcohol presentación 5 litros y 1 litro. | | | | |
| Nombre del proceso: | | Envasado de Alcoholes | | Método: Actual/ Propuesto |
| Subproceso Puesto2. Tapado | | | | |
| Elementos | Descripción del Elemento | Herramientas utilizadas | Inicio | Final |
| 1 | Alcance de la tapa | N/A | Alcanza la tapa | Coloca la tapa en la boca de la botella |
| 2 | Tapado del envase | N/A | Coloca la tapa del envase. | Finaliza el tapado, suelta el envase para enviarlo al puesto 3. |

HOJA DE DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE SUBPROCESOS
EMPRESA: FÁBRICA NACIONAL DE LICORES

| REV# 1.0 | Hoja# 1 | Fecha: 15/02/18 | Elaborado por: Natali Jiménez S. | <u>Operario</u>/ Material/ Equipo |
|---------------------|--|--------------------------------|---|--|
| Objeto de Estudio: | Alcohol presentación 5 litros y 1 litro. | | | |
| Nombre del proceso: | Envasado de Alcoholes | | | Método: <u>Actual</u> / Propuesto |
| Subproceso | Puesto3. Etiquetado | | | |
| Elementos | Descripción del Elemento | Herramientas utilizadas | Inicio | Final |
| 1 | Alcanza el envase y coloca cualquiera de las caras en posición frontal con las manos | N/A | Colaboradora sujeta el envase | Alcanza la etiqueta |
| 2 | Pegado de la etiqueta en el envase | N/A | Colaboradora sujeta la etiqueta | Termina de pegar la etiqueta, suelta el envase para transportarlo al puesto 4. |

HOJA DE DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE SUBPROCESOS

EMPRESA: FÁBRICA NACIONAL DE LICORES

| REV# 1.0 | Hoja# 1 | Fecha: 15/02/18 | Elaborado por: Natali Jiménez S. | Operario/ Material/ Equipo |
|---|---|----------------------------------|---|---|
| Objeto de Estudio: Alcohol presentación 5 litros y 1 litro. | | | | |
| Nombre del proceso: | Envasado de Alcoholes | Método: Actual/ Propuesto | | |
| Subproceso | Puesto 4. Sellado de Seguridad | | | |
| Elementos | Descripción del Elemento | Herramientas utilizadas | Inicio | Final |
| 1 | Se sujeta el envase y es acomodado, alcanza la pistola para sellar la boca del envase | Máquina selladora | Se sujeta el envase proveniente del puesto 3. | Coloca el envase en posición para su sellado. |
| 2 | Verificación del sello | N/A | Sujeta la selladora | Coloca la selladora en otro envase |
| 3 | Transporta 2 envases hacia la tarima, los acomoda y regresa para completar el ciclo | N/A | Sujeta los dos envases | Regresa al puesto de la selladora. |

HOJA DE DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE SUBPROCESOS
EMPRESA: FÁBRICA NACIONAL DE LICORES

| REV# 1.0 | Hoja# 1 | Fecha: 15/02/18 | Elaborado por: Natali Jiménez S. | Operario/ Material/ Equipo |
|---------------------|---|-------------------------|--|--|
| Objeto de Estudio: | Alcohol presentación 5 litros y 1 litro. | | | |
| Nombre del proceso: | Envasado de Alcoholes | | | Método: Actual/ Propuesto |
| Subproceso | Puesto 4. Entarimado | | | |
| Elementos | Descripción del Elemento | Herramientas utilizadas | Inicio | Final |
| 1 | Se amarra el plástico de una esquina de la tarima | N/A | Se sujeta el rollo de plástico para paletizar | Se coloca en la esquina de la tarima |
| 2 | Envoltura de la parte lateral de la tarima | N/A | Primer paso para paletizar | Termina 10 vueltas y se coloca donde inició. |
| 3 | Envoltura de la cara superior de la tarima | N/A | Primer movimiento de pies una vez finalizado en primer ciclo | Aplasta el plástico luego de 12 ciclos |
| 4 | Último recubrimiento en la parte lateral de la carga unitaria | N/A | Primer movimiento de pies para desplazamiento lateral | Corta el plástico para paletizar |
| 5 | Trasporte hacia despacho | Carretilla Hidráulica | Termina paletizado y busca la carretilla | Coloca cartones sobre la tarima previamente. |

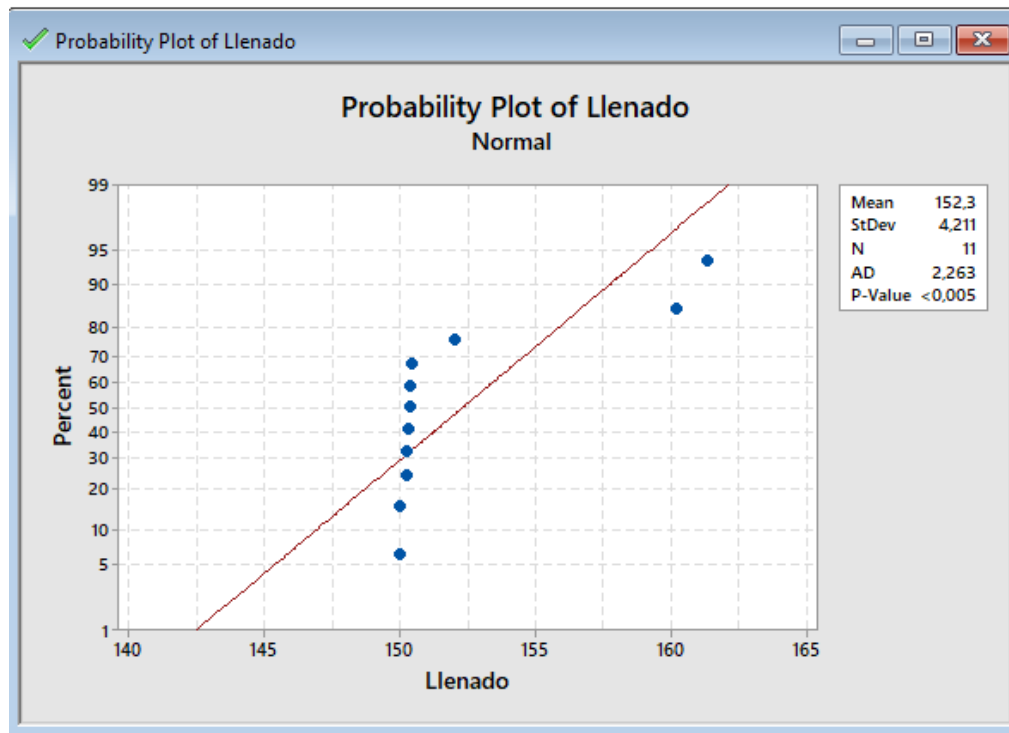
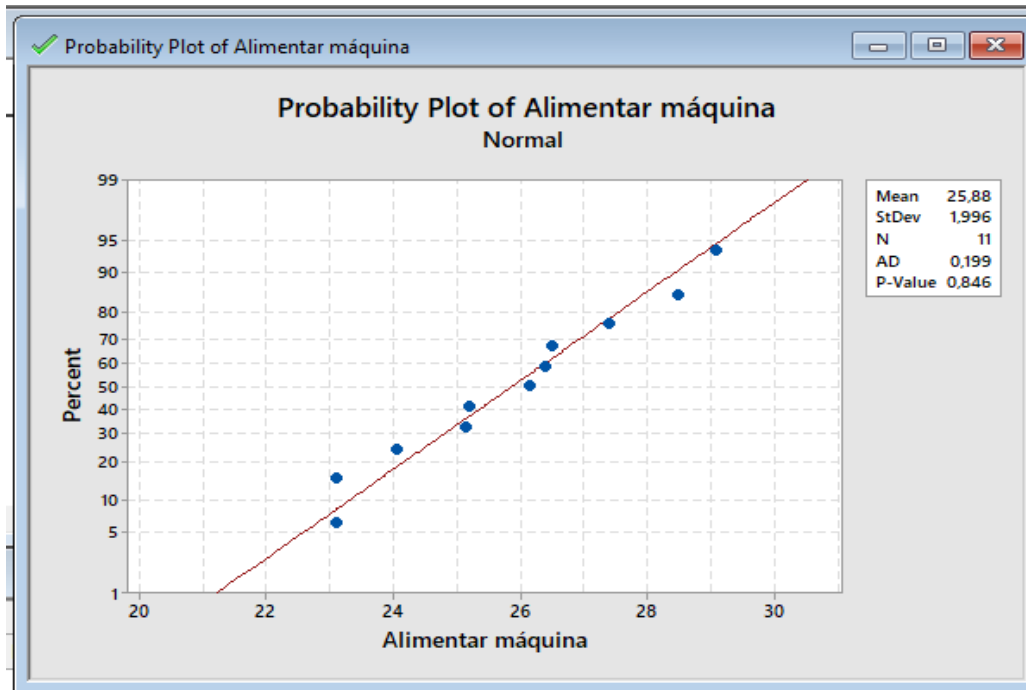
Apéndice C

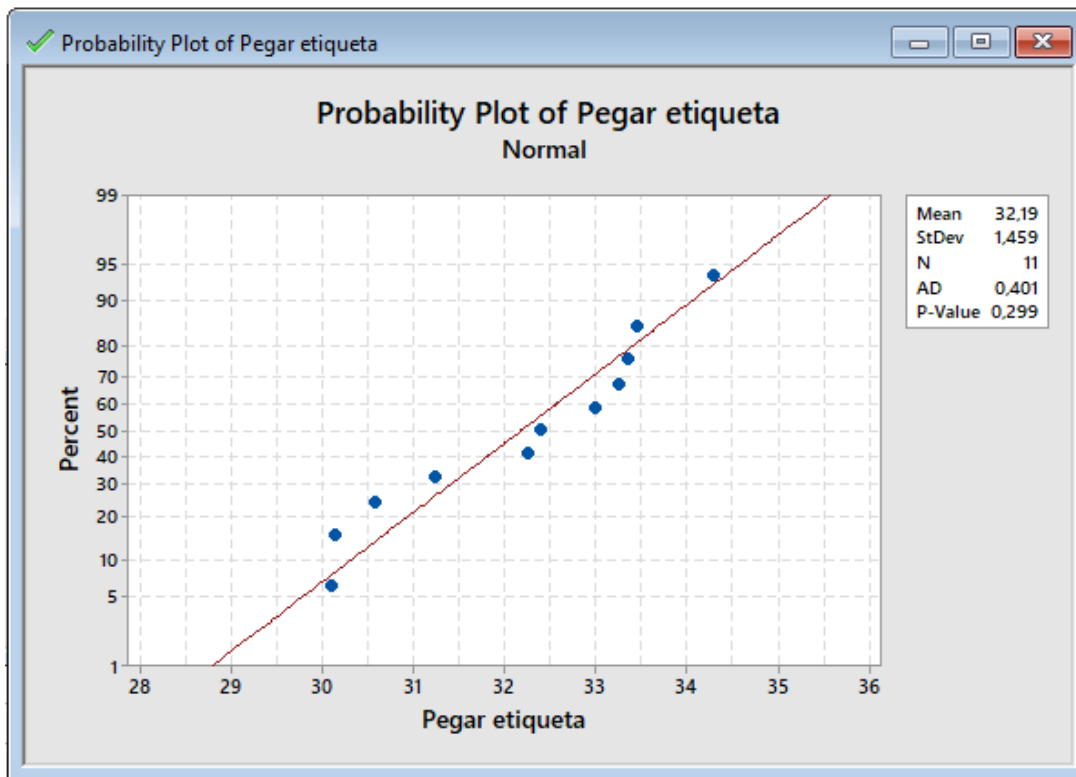
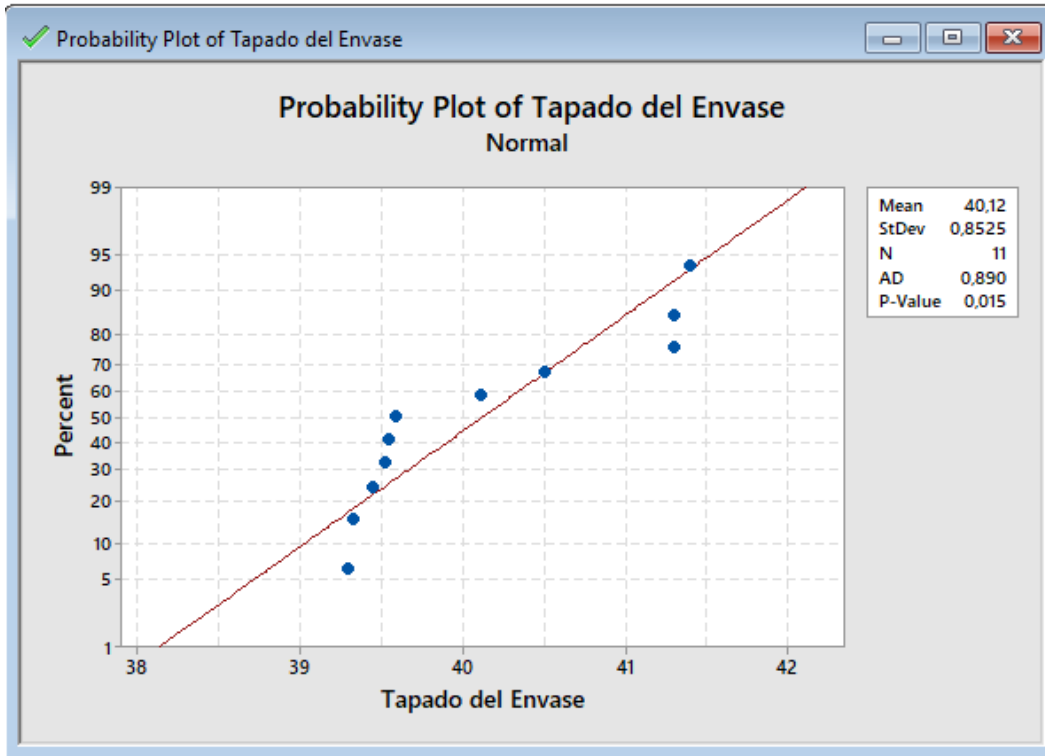
| Observaciones realizadas en la línea de envasado de alcoholes | | | | | | | | | |
|---|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| Presentación 5 litros | | | | | | | | | |
| Muestras | Alimentar máquina | Llenado (ciclo de máquina) | Tapado del Envase | Pegar etiqueta | Acumular | Sellar | Desplazar | Embalaje | Transporte |
| 1 | 26,50 | 150,40 | 39,59 | 33,46 | 30,10 | 17,28 | 27,53 | 186,50 | 75,00 |
| 2 | 27,40 | 150,28 | 41,30 | 32,40 | 31,26 | 15,63 | 27,30 | 183,57 | 75,48 |
| 3 | 29,08 | 150,00 | 39,45 | 30,10 | 35,17 | 17,14 | 26,57 | 187,00 | 76,10 |
| 4 | 26,15 | 150,38 | 39,55 | 30,14 | 33,40 | 17,00 | 26,38 | 183,49 | 75,57 |
| 5 | 23,11 | 160,20 | 40,11 | 31,25 | 31,38 | 15,35 | 27,40 | 186,30 | 75,32 |
| 6 | 25,20 | 150,25 | 41,30 | 33,00 | 32,56 | 15,41 | 27,36 | 187,10 | 74,28 |
| 7 | 24,07 | 152,00 | 39,33 | 34,30 | 35,00 | 16,48 | 26,54 | 185,47 | 76,00 |
| 8 | 28,50 | 150,00 | 41,40 | 33,35 | 33,14 | 15,54 | 26,39 | 186,43 | 75,29 |
| 9 | 26,41 | 150,44 | 40,50 | 30,58 | 34,30 | 17,15 | 27,55 | 186,28 | 75,51 |
| 10 | 25,14 | 161,31 | 39,30 | 32,25 | 35,15 | 16,27 | 27,43 | 184,54 | 74,53 |
| 11 | 23,10 | 150,30 | 39,53 | 33,25 | 35,10 | 17,20 | 27,21 | 186,32 | 76,10 |
| Promedio | 25,88 | 152,32 | 40,12 | 32,19 | 33,32 | 16,40 | 27,06 | 185,73 | 75,38 |

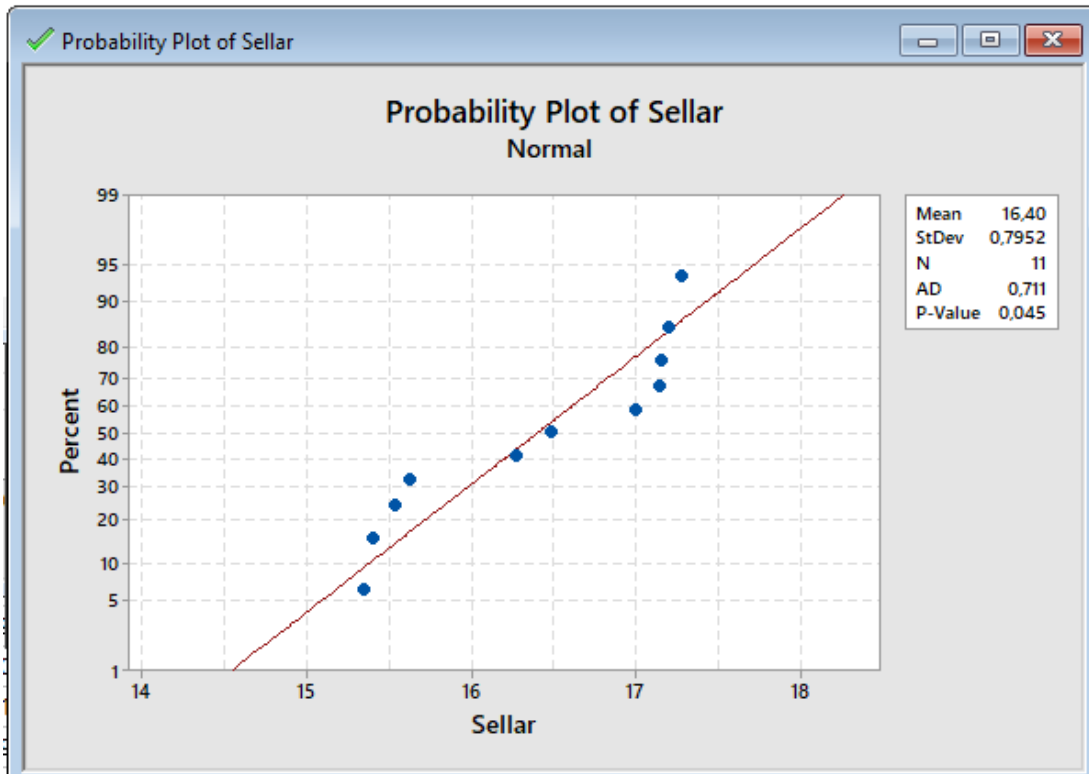
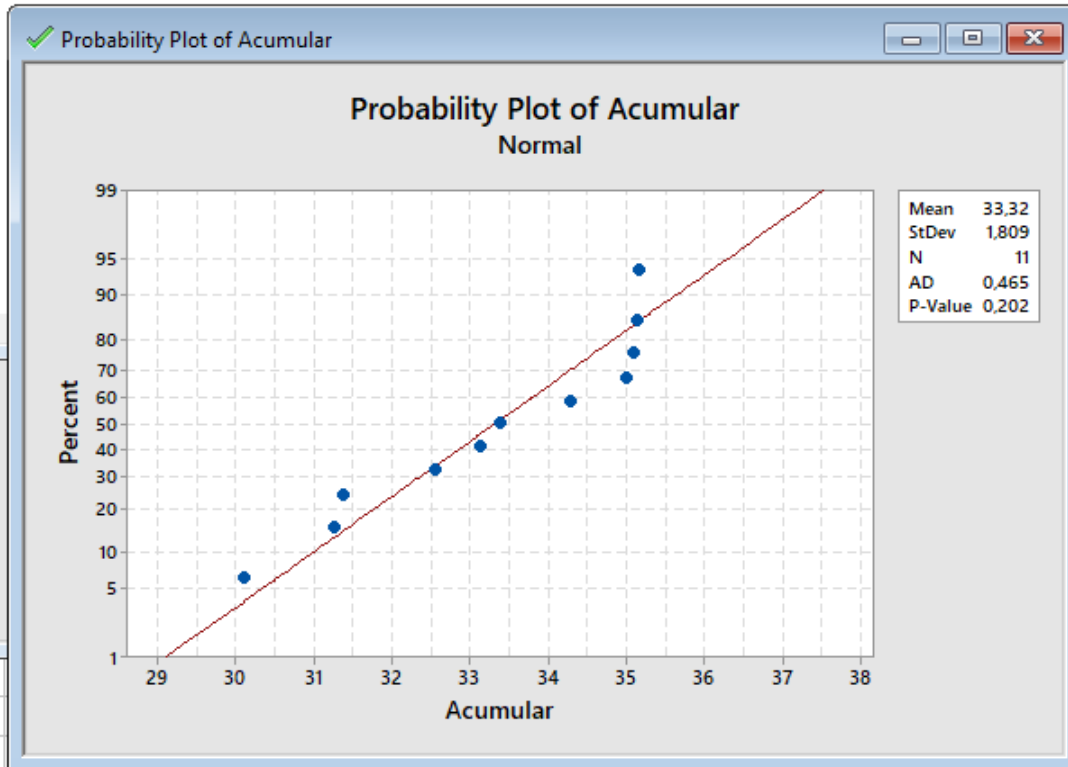
Apéndice D

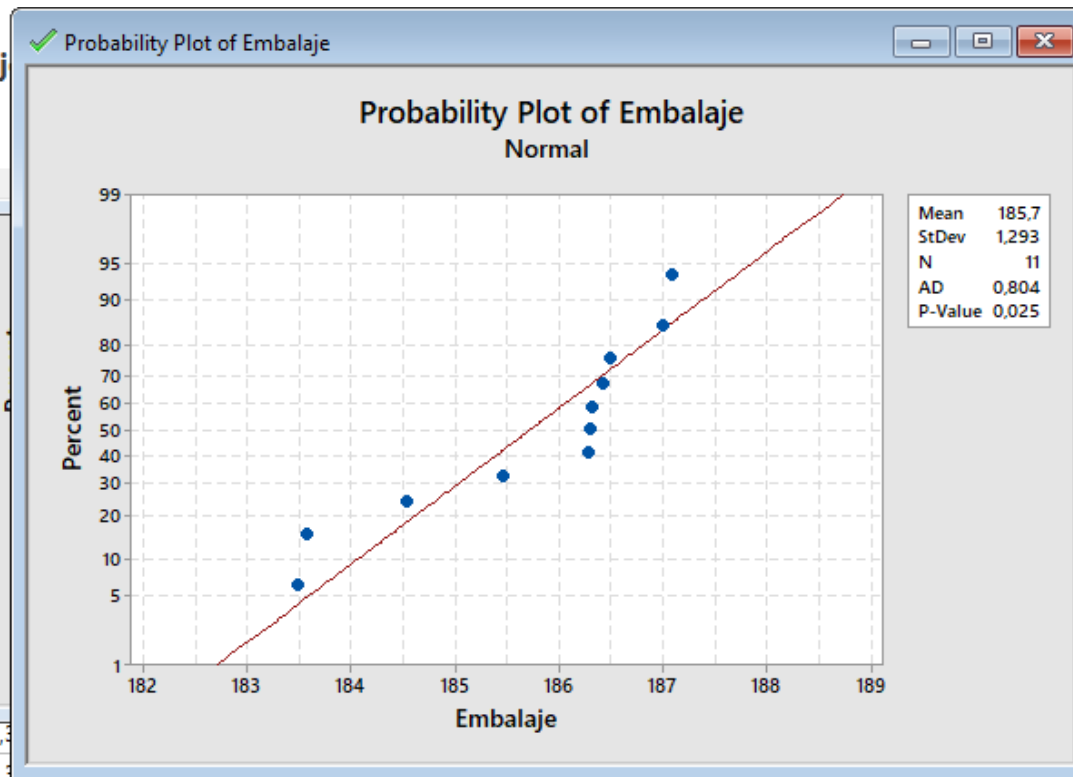
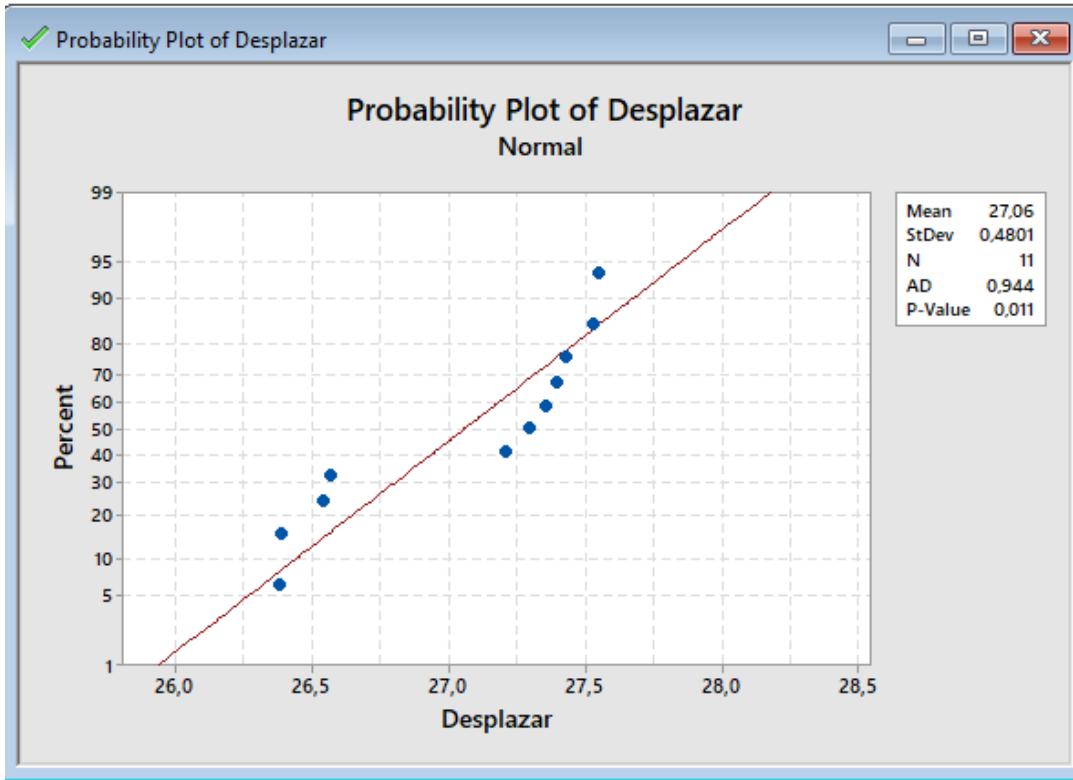
Pruebas de normalidad

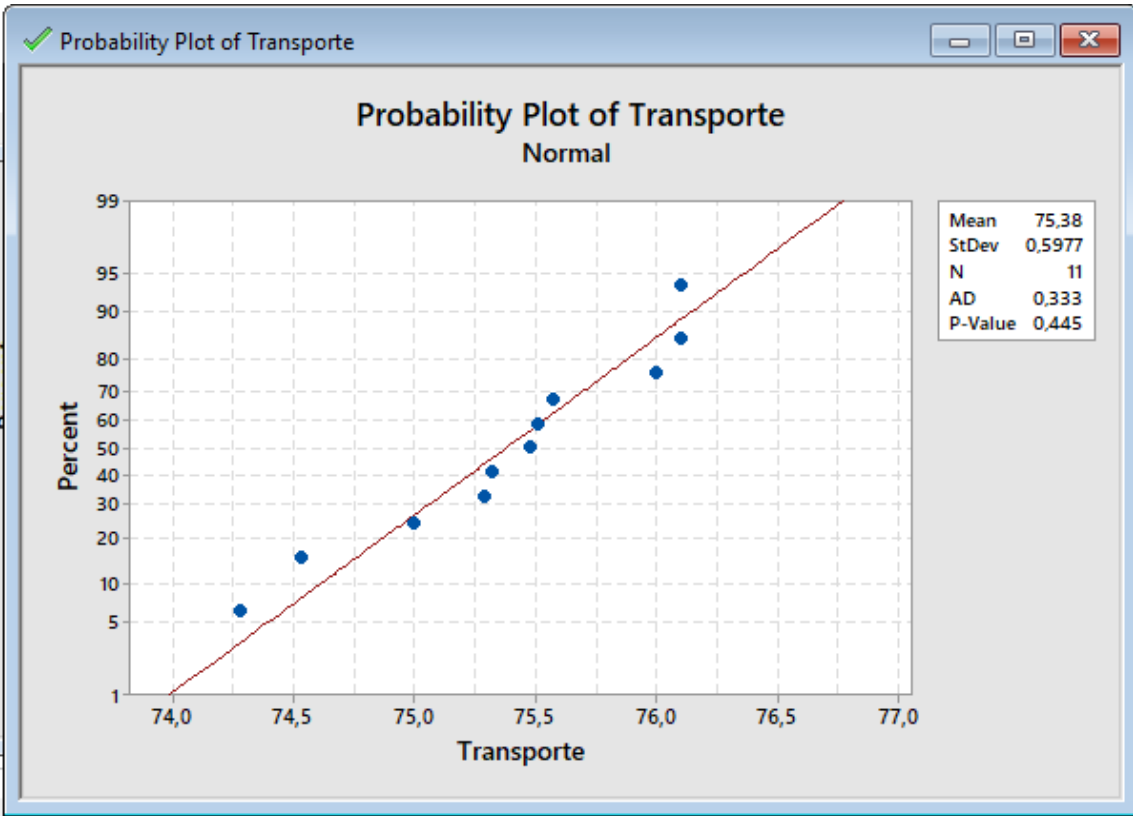
Observaciones para la presentación de 5 litros.











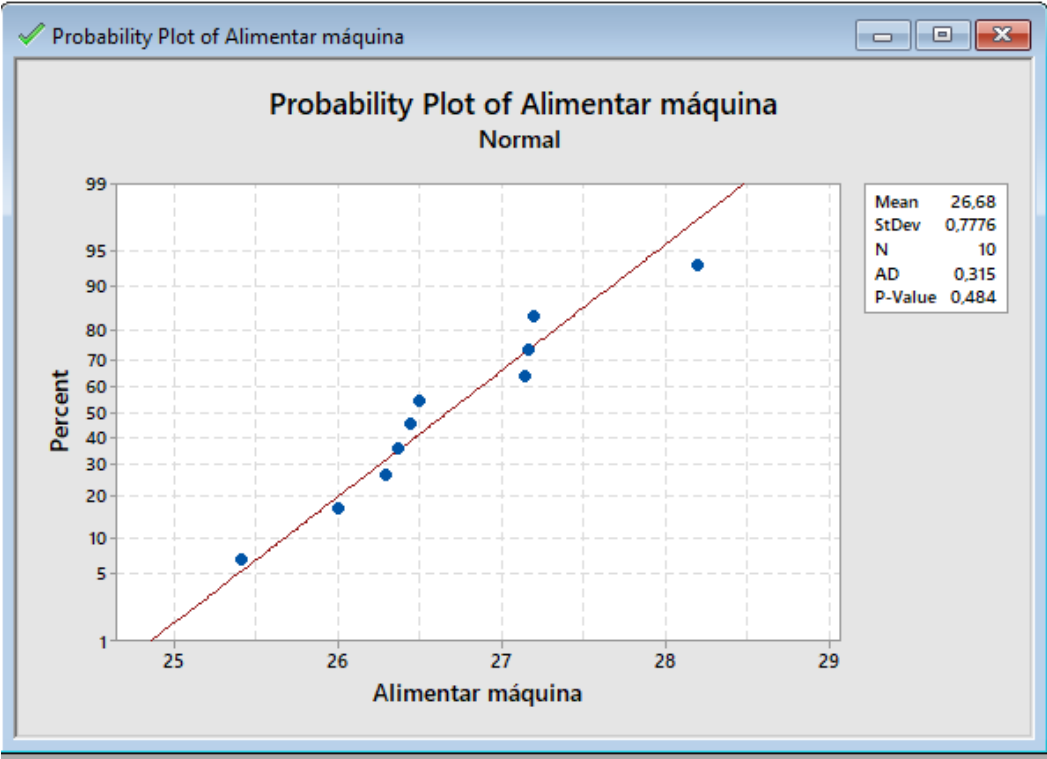
Apéndice E

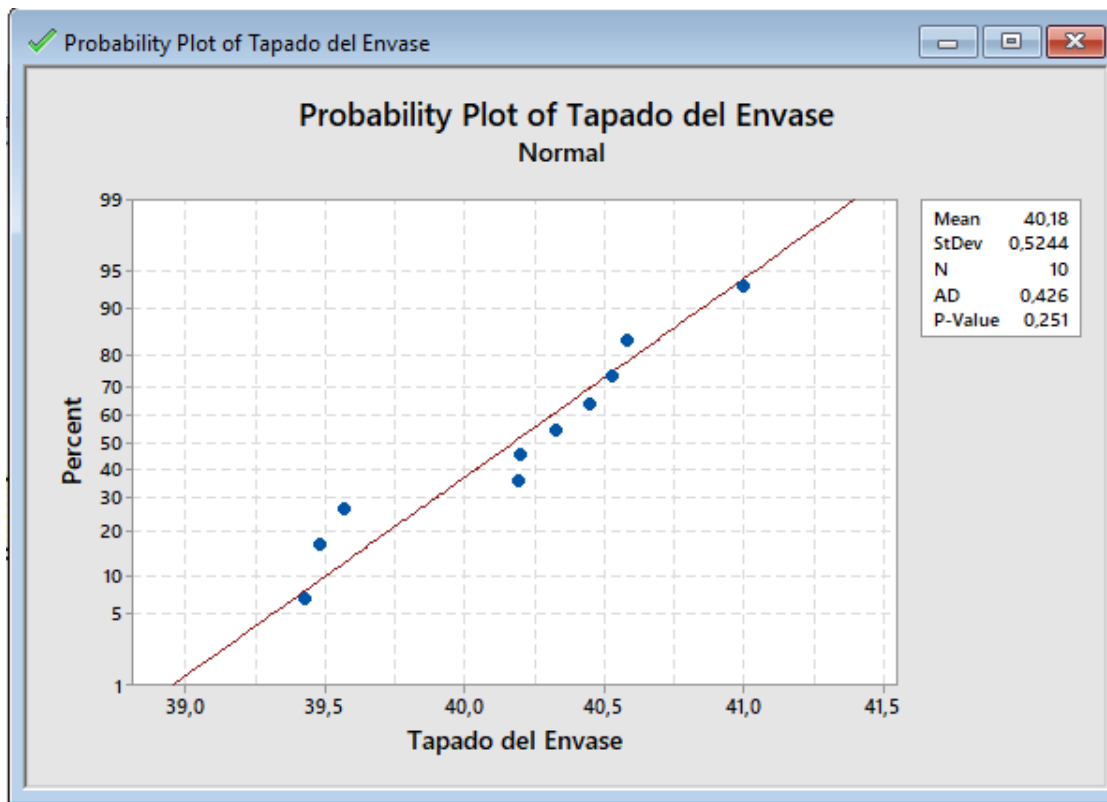
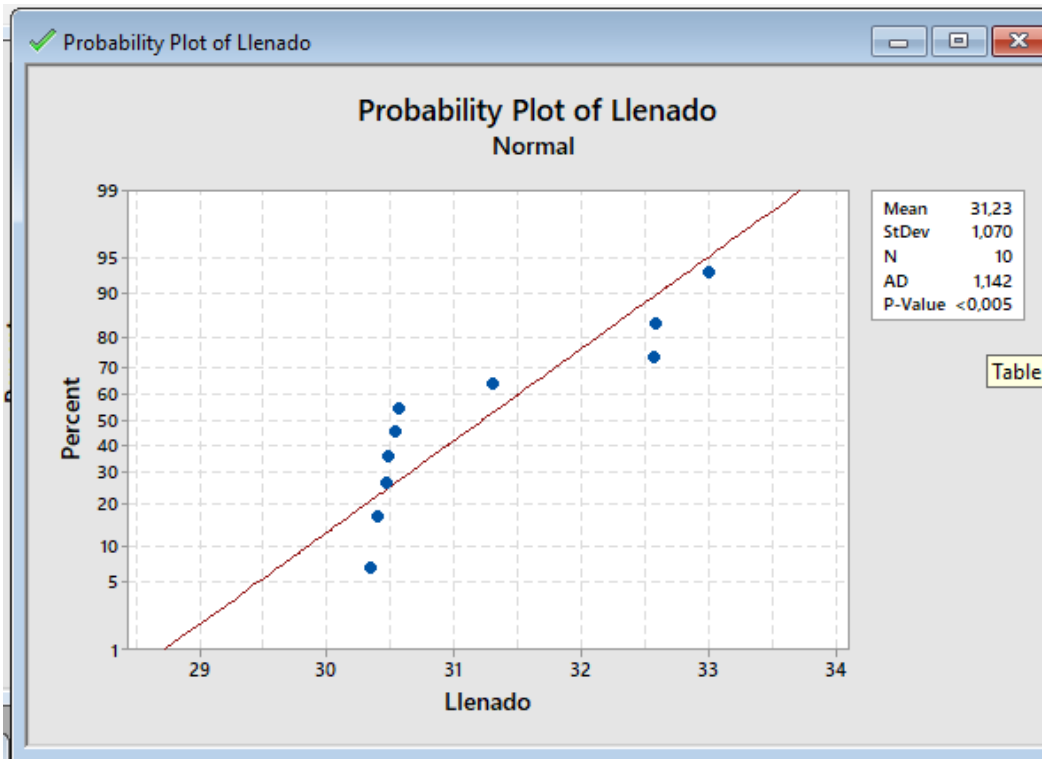
| Observaciones realizadas en la línea de envasado de alcoholes | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------|-------------------|
| Presentación 1 litro | | | | | | | | | |
| Muestras | Alimentar máquina | Llenado (ciclo de máquina) | Tapado del Envase | Pegar etiqueta | Acumular | Sellar | Desplazar | Embalaje | Transporte |
| 1 | 26,50 | 30,47 | 40,53 | 33,20 | 31,10 | 15,30 | 30,10 | 189,23 | 75,48 |
| 2 | 27,15 | 30,35 | 40,33 | 33,10 | 30,20 | 15,28 | 31,24 | 187,42 | 76,00 |
| 3 | 28,20 | 30,54 | 40,45 | 30,15 | 32,46 | 16,00 | 31,50 | 189,00 | 75,32 |
| 4 | 26,00 | 30,48 | 39,57 | 30,23 | 33,27 | 15,45 | 30,45 | 187,57 | 75,51 |
| 5 | 25,41 | 31,30 | 39,48 | 32,48 | 31,57 | 16,10 | 32,00 | 187,56 | 76,10 |
| 6 | 26,30 | 33,00 | 39,43 | 33,00 | 31,49 | 16,17 | 32,10 | 188,43 | 75,41 |
| 7 | 26,45 | 32,57 | 40,20 | 32,41 | 32,23 | 16,00 | 31,36 | 189,00 | 75,43 |
| 8 | 27,20 | 30,40 | 40,19 | 32,17 | 33,00 | 15,45 | 30,47 | 188,54 | 76,15 |
| 9 | 27,17 | 30,56 | 41,00 | 33,24 | 33,28 | 16,48 | 30,33 | 189,23 | 76,11 |
| 10 | 26,37 | 32,59 | 40,58 | 32,35 | 31,59 | 16,32 | 32,41 | 187,59 | 75,39 |
| Promedio | 26,68 | 31,23 | 40,18 | 32,23 | 32,02 | 15,86 | 31,20 | 188,36 | 75,69 |

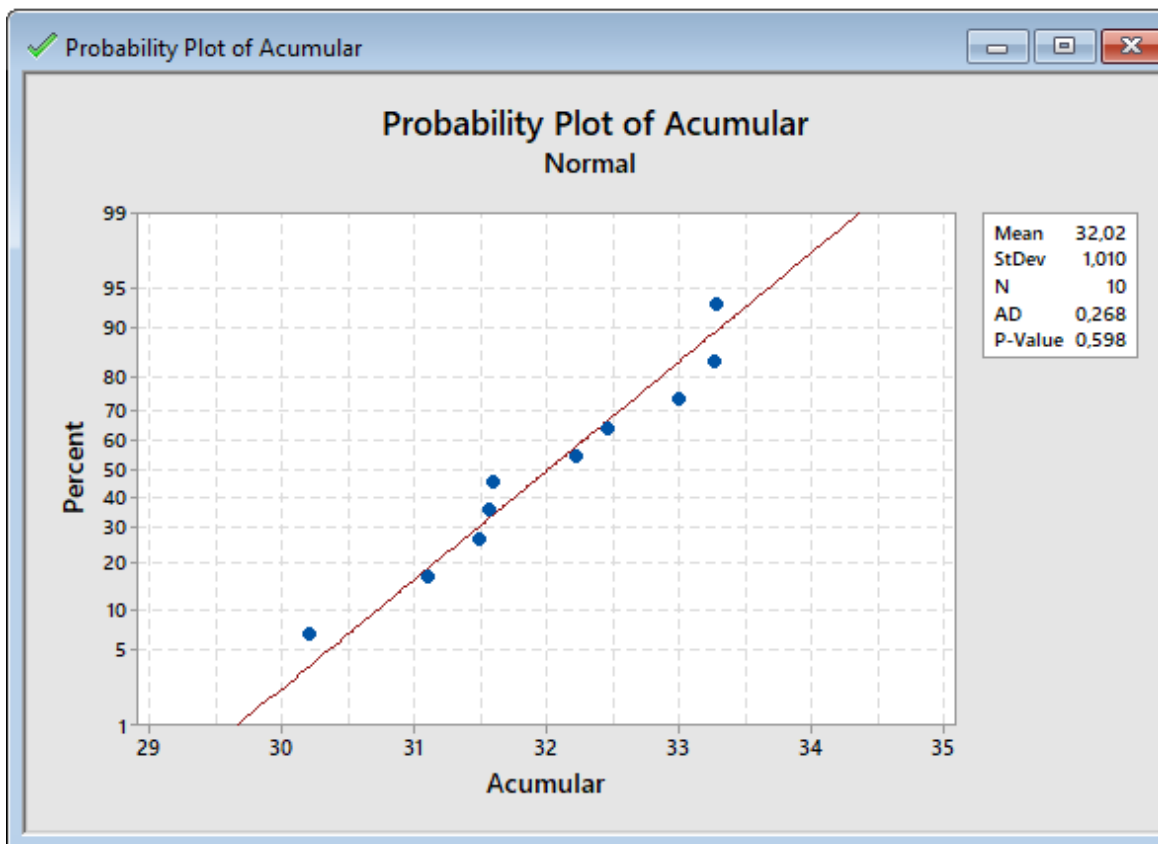
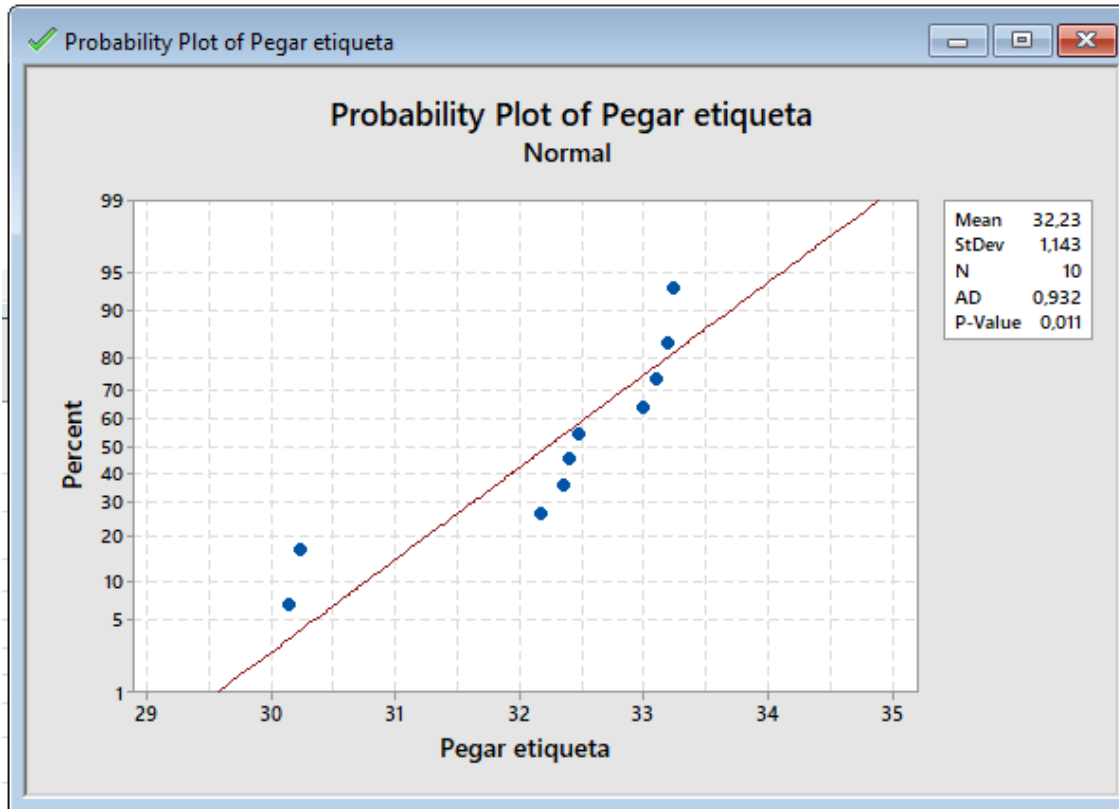
Apéndice F

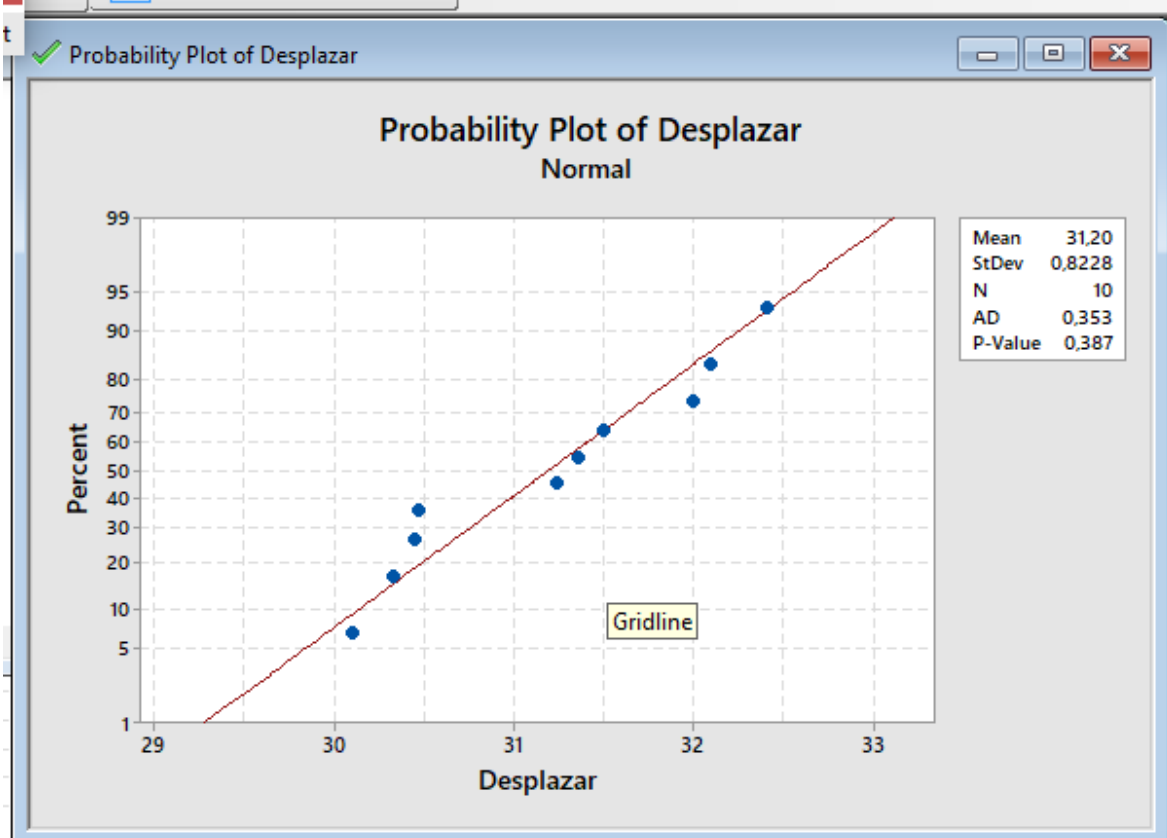
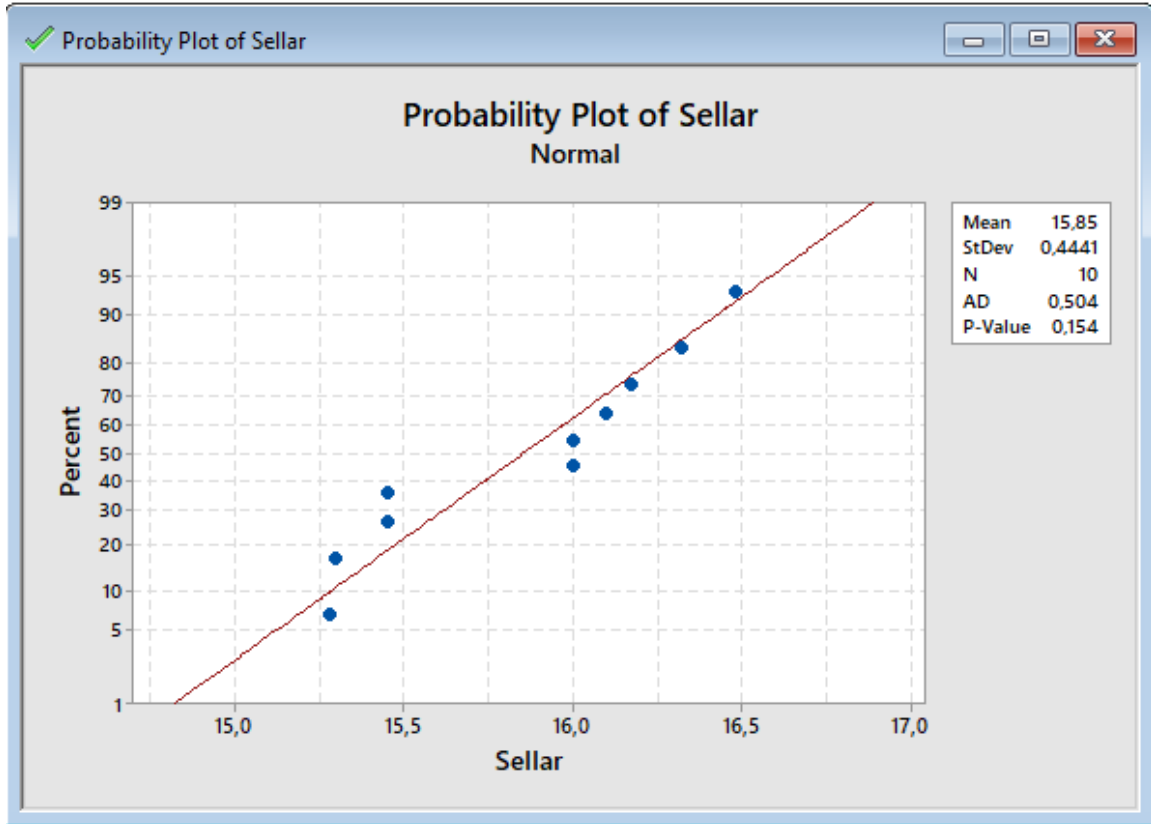
Pruebas de normalidad

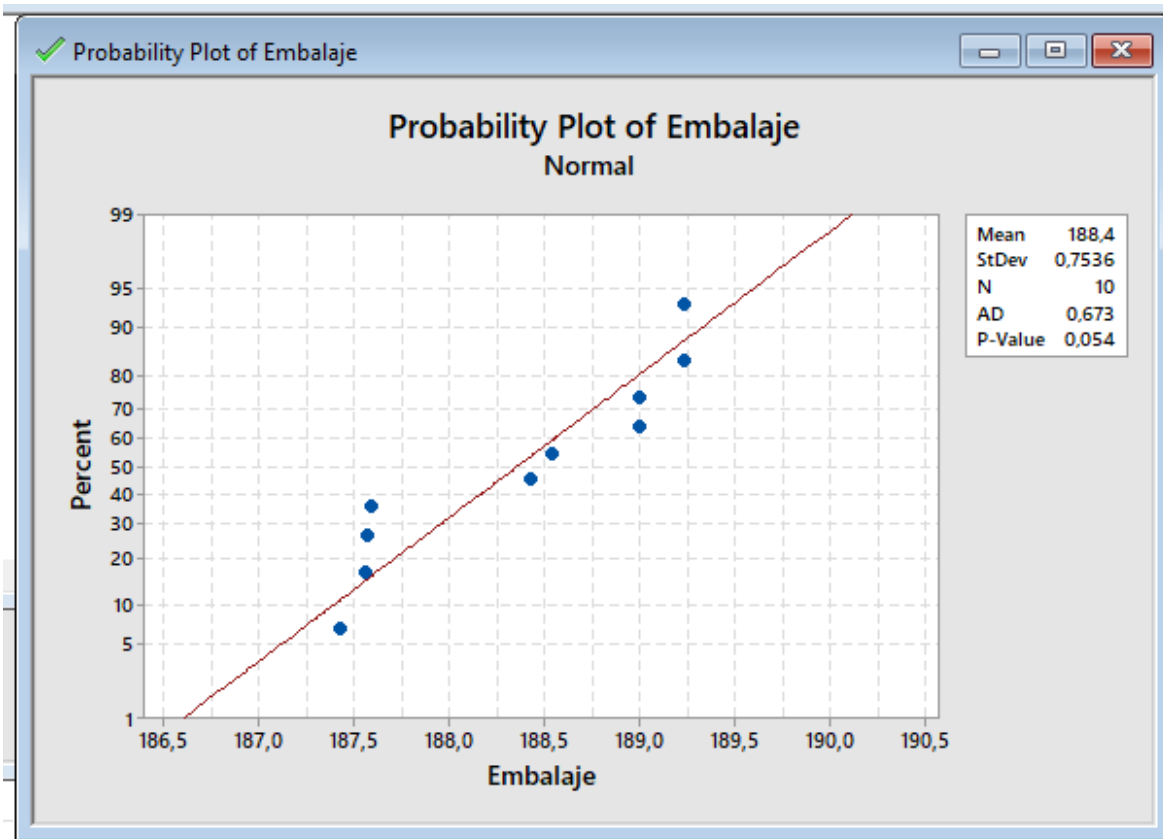
Observaciones para la presentación de 1 litro.







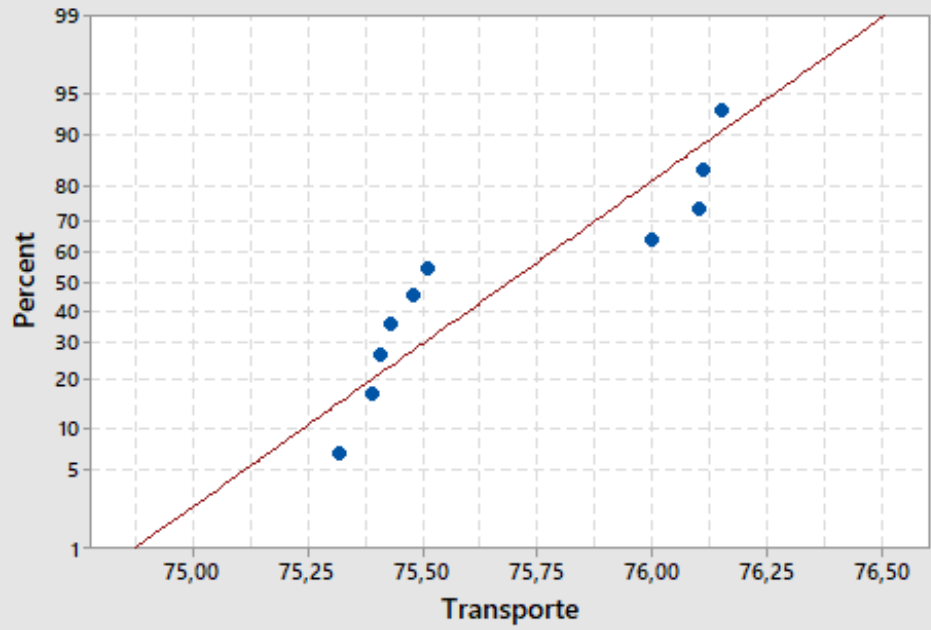




✓ Probability Plot of Transporte



Probability Plot of Transporte Normal



| | |
|---------|--------|
| Mean | 75,69 |
| StDev | 0,3499 |
| N | 10 |
| AD | 0,981 |
| P-Value | 0,008 |

GLOSARIO

5S: metodología japonesa para organizar el trabajo.

Seiri: clasificación y descarte.

Seiton: organización.

Seiso: limpieza

Seiketsu: higiene y visualización.

Shitsuke: disciplina y compromiso.

Six Sigma: herramienta de mejoramiento robusta.

Diagrama Ishikawa: diagrama causa-efecto o espina de pescado.

Diagrama Pareto: conocido como Ley 80-20. "Generalmente unas pocas causas (20%) generan la mayor cantidad de problemas (80%)" (González, 2012).

World Class: manufactura de clase mundial.

ANEXOS

Anexo 1



ROSTOR S.A.
ASESORAMIENTO INDUSTRIAL

San José, 02 de abril de 2018.

COTIZACIÓN No. 30-18

CIENTE: FANAL.

REFERENCIA: SOLICITUD DEL MBA. ÁLVARO SALAS.

PROYECTO: MÁQUINA LLENADORA.

1. MÁQUINA LLENADORA AUTOMÁTICA AESR-12. US \$ 20,700.00.

Consta de:

1.1 Llenadora.

- 1.1.1 Estructura fabricada en acero inox. 304.
- 1.1.2 Una bomba de doble diafragma P3.
- 1.1.3 12 válvulas de llenado, fabricadas en acero inoxidable con control de nivel, para botellas miniatura.
- 1.1.4 Un conjunto porta-válvulas en acero inoxidable con sistema de ajuste para altura de botella.
- 1.1.5 Dos manifolds fabricados en acero inoxidable.
- 1.1.6 Un tanque en acero inoxidable para retorno del producto, con válvula de boya en acero inoxidable.
- 1.1.7 Tornillería en acero inoxidable.

1.2 Sistema transportador.

- 1.2.1 3.5 metros de transportador con bastidor fabricado en acero inoxidable 304 de 3.2 mm de espesor.
- 1.2.2 7.3 metros de cadena acetálica de tabletillas.
- 1.2.3 Espaciadores en acero inoxidable.
- 1.2.4 Rodillos para retorno de cadena.
- 1.2.5 Piñones de 23 dientes para cadena recta acetálica.
- 1.2.6 Columnas regulables fabricadas en tubo y platina inoxidable.
- 1.2.7 Barandas en platina inoxidable de 1 ¼" x 3/16".
- 1.2.8 Soportes de barandas en "UHMWP" con perillas de regulación en acero inoxidable.
- 1.2.9 Moto-reductor, ½" HP, 60 a 1. Con motor a prueba de explosión.
- 1.2.10 conjuntos de frenos fabricados en acero inox. ser accionados por pistón.
- 1.2.11 2 conjuntos en acero inox. para montaje de sensor.

Anexo 1



ROSTOR S.A.
ASESORAMIENTO INDUSTRIAL

1.3 Sistema neumático.

- 1.3.1 Un pistón 50 x 100 mm de doble acción
- 1.3.2 Tres electroválvula de ¼" de 5 vías.
- 1.3.3 Cinco válvulas reguladoras de flujo.
- 1.3.4 Conjunto filtro-regulador-lubricador
- 1.3.5 Manguera para alta presión.
- 1.3.6 Conectores rápidos de ¼".
- 1.3.7 Dos pistones de 25 x 50 mm.

1.4 Sistema eléctrico.

- 1.4.1 Caja de control.
- 1.4.2 Interruptor para accionamiento de las válvulas.
- 1.4.3 Un relé inteligente.
- 1.4.4 Un temporizador para regular tiempo de llenado.
- 1.4.5 Un sensor NAMUR a prueba de explosión.
- 1.4.6 Instalación eléctrica desde caja de control a motor a prueba de explosión

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

- 1. La operación de la máquina es totalmente automática.
- 2. Velocidad de producción:

Envases de 5 litros: 9 por minuto.
Envases de 1 litro: 37 por minuto.
Envases de 500 ml: 50 por minuto.
Envases de 500 ml gel: 30 por minuto.
Envases miniatura: 24 por minuto.

- 3. Llena envase de vidrio, plástico y metal de todo tamaño y forma.
- 4. Suave manejo de los envases.
- 5. Fácil regulación para cambio de tamaño de botella.
- 6. Bajo costo de mantenimiento.
- 7. Mínimo coeficiente de fricción entre superficies deslizantes lo cual reduce el nivel de ruido y desgaste.
- 8. Alimentación a la máquina 220 V trifásico.

2. UN CONJUNTO DE 12 BOQUILLAS PARA BOTELLAS DE 500 ML A 1 LITRO.

US \$ 3,300.00.

3. UN CONJUNTO DE 8 ACCESORIOS PARA BOQUILLAS

Anexo 1



ROSTOR S.A.
ASESORAMIENTO INDUSTRIAL

PARA BOTELLAS DE 5 GALONES.

US \$ 770.00.

5. 3 METROS DE BANDA TRANSPORTADORA.

US \$ 2,100.00.

SUB TOTAL. US \$ 26,870.00.

IMP. DE VENTA. US \$ 3,493.10.

PRECIO TOTAL. US \$ 30,363.10.

CONDICIONES GENERALES.

1. La caja eléctrica de la llenadora ser instalada en la pared, afuera del cuarto de envasado, a una distancia entre 2 a 3 metros de la llenadora.
2. La instalación eléctrica, neumática y de producto hasta la línea Rostor, será suministrada por Fanal.
3. En el precio está incluido la instalación del equipo en Fanal, incluyendo la instalación y alineamiento de la mesa giratoria de empaque suministrada por Fanal.
4. Fanal será la encargada de suministrar los 2 motores a prueba de explosión para cambiar los de la mesa giratoria. Rostor será el encargado de instalarlos. La instalación eléctrica de los 2 motores a prueba de explosión de la mesa giratoria correrá por cuenta de Fanal.

CONDICIONES DE PAGO.

1. En 6 pagos mensuales.
- 2.

TIEMPO DE ENTREGA.

6 semanas de recibida la orden de compra y el pago inicial.

GARANTÍA.

La garantía será por un año y cubrirá los defectos de fabricación e instalación del equipo, siempre que las fallas no fueron provocadas por descuido, mala utilización o desgaste normal. Los componentes eléctricos y elementos que no son fabricados por Rostor tendrán la garantía de nuestros proveedores.

VIGENCIA DE LA OFERTA.

30 días de presentada esta cotización.

Por Rostor S.A.

Ing. Alfredo Villacís V.

Anexo 1



ROSTOR S.A.
ASESORAMIENTO INDUSTRIAL



ANEXO 2

TESISSA 
 TECHOS & SISTEMAS SIBAJA, S.A.
 Céd. Jurídica N° 3-101-390216
 Tels.: 2233-9487 • 2257-2147 • Fax: 2256-0344
 Avs 5 y 7 Calle 1A • San José Costa Rica

N° 1252 T


| DIA | MES | AÑO |
|-----|-----|------|
| 017 | 04 | 2018 |

Nombre: Datalie Jimenez
 Dirección:

PROFORMA

Calibre y Cantidad de Material

(NO SUSTITUYE FACTURA)

| CANTIDAD | TIPO DE PIEZA | PULGADAS | HIERRO | PRECIO UNITARIO |
|--|---------------|----------|-----------------|-----------------|
| 6 mts en 183 | Ø 6 | | <u>Acero 24</u> | 56,000 |
| 1 Codo | 90° Ø 6. | | | 9.000- |
| | | | | <hr/> |
| | | | | 65,000= |
|  Céd. Juríd. 3-101-390216 Banco Nac. Cta. 100-01-099-000514-2 Simpe 15109910010005144 Banco Costa Rica Cta. 001-258512-0 Simpe 15201001025851204 | | | | |

| | | |
|-----------------------|--------------------|---------------------|
| PAGADO CON FACTURA N° | RECIBIDO CONFORME: | TOTAL DE MATERIALES |
| | FIRMA: | CEDULA N° |

ANEXO 3



Cotización

Taller de Soldadura

Misael Jiménez Villalobos

Dirección: Monserrat, Alajuela, 400 m al este de la Iglesia Católica

Teléfono (506) 2440-1191 Fax (506) 2440-1191

FECHA: 4 de mayo del 2018

Instalación de tubería en acero in soportes de soportes de la banda del tunel de la S3

Cliente Fábrica Nacional de Licores

Encargado Natali Jiménez Soto

Dirección Rincón de Salas, Grecia, Alajuela

Fecha de entrega Plazo de 15 días hábiles

Condición de pago Plazo 60 días de pagó Plazo de 60 días

Moneda colones

| CANTIDAD | DESCRIPCION | TOTAL |
|-----------|---|---------------|
| 70 metros | Rompimiento de aceras y excavación a un precio de ¢30,000 el metro lineal | ¢2.100.000,00 |
| | Soldadura de tuberías en acero inoxidable | ¢2.900.000,00 |
| TOTAL | | ¢5.000.000,00 |


Misael Jiménez Villalobos
Propietario

2348.629