

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

---

ANÁLISIS DEL PROCESO DEL LAVADO DE BOTELLAS DE VIDRIO EN LA LÍNEA 1 DEL ÁREA DE EMBOTELLADO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CERVECERÍA NACIONAL UBICADA EN CUMBAYÁ.

---

Informe de investigación presentada como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

AUTOR:

Byron Patricio Ibarra Machuca

TUTOR:

Ing. Wilson Edmundo Chancusig Espin, MSc

QUITO – ECUADOR

2017

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de DIRECTOR del informe:

“ANÁLISIS DEL PROCESO DEL LAVADO DE BOTELLAS DE VIDRIO EN LA LÍNEA 1 DEL ÁREA DE EMBOTELLADO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CERVECERÍA NACIONAL UBICADA EN CUMBAYÁ” presentada por el ciudadano: Byron Patricio Ibarra Machuca estudiante del programa de Ingeniería Industrial de la “Universidad Tecnológica Indoamérica”, considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la revisión y evaluación respectiva por parte del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito, Septiembre del 2017

EL TUTOR

Ing. Wilson Edmundo Chancusig Espin, MSc.

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO**

### **AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, BYRON PATRICIO IBARRA MACHUCA, declaro ser autor del Proyecto de Tesis, titulado ANÁLISIS DEL PROCESO DEL LAVADO DE BOTELLAS DE VIDRIO EN LA LÍNEA 1 DEL ÁREA DE EMBOTELLADO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CERVECERÍA NACIONAL UBICADA EN CUMBAYÁ, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 18 días del mes de agosto del 2017, firmo conforme:

Autor: Byron Patricio Ibarra Machuca

Firma

Número de Cédula: 1715207831

Dirección: La Colmena

Correo Electrónico: b.patricio.ibarra@gmail.com

Teléfono: 0980232238

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

El abajo firmante , declara que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente proyecto, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales, de exclusiva responsabilidad legal y académica del tutor

Byron Patricio Ibarra Machuca

CI: 1715207831

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Proyecto de aprobación de acuerdo con el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

Los miembros del tribunal del Tribunal aprueban el informe de Tesis sobre el Tema: “ANÁLISIS DEL PROCESO DEL LAVADO DE BOTELLAS DE VIDRIO EN LA LÍNEA 1 DEL ÁREA DE EMBOTELLADO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CERVECERÍA NACIONAL UBICADA EN CUMBAYÁ” del estudiante. Byron Patricio Ibarra Machuca de la facultad de Ingeniería Industrial.

Quito, \_\_\_\_\_ del 2017

Para constancia Firman:

F.-----

**Presidente de grado**

F.-----

**Vocal 1**

F.-----

**Vocal 2**

## ÍNDICE GENERAL

### PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
SUMMARY .....	xix
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
Tema .....	3
Planteamiento del problema.....	3
Macro .....	3
Meso.....	5
Micro.....	6
Árbol del problema .....	9
Análisis Crítico .....	10
Prognosis.....	11

Formulación del Problema.....	11
Delimitación del objeto de investigación (línea de Investigación) .....	12
Justificación .....	12
Objetivos.....	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO II.....	15
Antecedentes investigativos.....	15
Fundamentación Técnica .....	16
Fundamentación Legal.....	20
Normas para la inspección de botellas.....	21
Categorías fundamentales .....	24
Constelación de la variable independiente.....	25
Constelación de ideas variable dependiente .....	26
Ingeniería Industrial .....	27
Procesos .....	27
Partes fundamentales de un proceso .....	28
Proceso de lavado de botellas .....	29
Lavadora de botellas .....	29

Partes de la Lavadora .....	31
Suciedad de Botellas .....	33
Lavado de Botellas.....	40
Parámetros de Lavado.....	41
Consumo de agua (ml/ .....	47
Rotura de serpentín o calefactor de vapor, esta observación es simple.....	47
Mano de obra .....	48
Inspector de botellas .....	50
Administración de la Producción.....	52
Productividad .....	53
Tecnología.....	53
Costos Operacionales.....	53
Mano de Obra .....	54
Indicadores KPI .....	55
Hipótesis .....	55
Señalamiento de Variables:.....	55
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>56</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>56</b>
Enfoque de la investigación .....	56



Cualitativo.....	56
Cuantitativo.....	56
Modalidad de la Investigación .....	56
Bibliográfica .....	56
De Campo .....	57
Experimental.....	57
Niveles o tipos de Investigación .....	57
Exploratoria.....	57
Descriptiva .....	58
Asociación de Variables .....	58
Población o Muestra .....	58
Operacionalización de las Variables.....	61
Variable Independiente: Proceso de lavado de botellas.....	61
Variable Independiente: Productividad del área de Embotellado.....	62
Recolección de información .....	63
Procesamiento y Análisis.....	65
CAPÍTULO IV.....	66
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y SITUACIÓN ACTUAL .....	66

Verificación de la hipótesis.....	75
Regresión Lineal .....	82
Layout Línea 1 de embotellado.....	87
Análisis del proceso de lavado de botellas de vidrio .....	88
Inspector de botellas. ....	93
Las ponderaciones AMEF.....	101
Formato Pilsener vs Formato Light .....	102
Conclusiones y Recomendaciones .....	103
Conclusiones .....	103
Recomendaciones .....	105
CAPÍTULO V .....	106
PROPUESTA.....	106
Tema .....	106
Datos informativos.....	106
Antecedentes de la propuesta.....	106
Objetivos .....	107
Objetivo general.....	107
Objetivos Específicos.....	107
Justificación de la propuesta .....	107

Desarrollo de la propuesta .....	108
Análisis de factibilidad .....	108
Matriz de priorización para determinar la mejor opción .....	108
Estudio de ingeniería.....	115
Diseño del Tanque Rectangular .....	116
Cálculo Hidráulico .....	126
Numero de Reynolds.....	135
Selección de bomba .....	143
Análisis financiero .....	145
Análisis financiero situación inicial.....	145
Capacidad de producción diaria.....	145
Costos de producción.....	146
Análisis financiero con la propuesta .....	149
Capacidad del Proceso de lavado .....	149
Capacidad efectiva .....	150
Ahorros operacionales .....	152
Indicadores financieros VAN y TIR.....	152
Conclusiones y Recomendaciones.....	157
Conclusiones.....	157

Recomendaciones .....	158
Bibliografías.....	159
Anexos .....	161

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos per cápita de cerveza en la región.....	4
Figura 2. Árbol del problema .....	9
Figura 3. Gráfica de inclusión .....	24
Figura 4. Constelación variable independiente .....	25
Figura 5. Constelación de ideas variable dependiente Elaborado por: Autor .....	26
Figura 6. Partes fundamentales de un proceso .....	28
Figura 7. Lavadora de una entrada .....	30
Figura 8. Lavadora de dos entradas.....	30
Figura 9. Partes de la Lavadora .....	31
Figura 10. Jets de Pre-Lavado, Lavado o Enjuague .....	33
Figura 11. Sistema de Extracción de etiquetas.....	35
Figura 12. Parámetros de Limpieza.....	42
Figura 13. Diagrama de Gantt del análisis e interpretación de Resultados y situación actual .....	65
Figura 14. Histograma Pilsener .....	77
Figura 15. Histograma Botellas Light .....	80
Figura 16. Dispersión lineal .....	86
Figura 17. Diagrama de Flujo embotellado.....	87
Figura 18. Parámetros de lavado Pilsener .....	91
Figura 19. Tipos de rechazo por el inspector .....	93
Figura 20. Diferente tipo de etiqueta.....	96
Figura 21. Acumulación de botellas mal lavadas.....	97

Figura 22. Parámetros de lavado Pilsener Light.....	98
Figura 23. Esquema del tanque rectangular .....	115
Figura 24. Esquema del tanque rectangular .....	117
Figura 25. Valores de $\alpha$ para tanques rectangulares.....	117
Figura 26. Tanques sometidos a presión hidrostática.....	118
Figura 27. Placa de fondo cuando es soportada con vigas .....	119
Figura 28. Fuerza que ejerce el agua sobre las paredes.....	123
Figura 29. Presión del flujo en puntos diferentes sobre la pared del tanque .....	125
Figura 30. Dimensiones para tuberías .....	127
Figura 31. Diseño completo tanque- boquillas.....	132
Figura 32. Diagrama de Moody .....	142
Figura 33. Curva del sistema.....	143
Figura 34. Selección de bomba .....	143

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad instalada de plantas de Cervecería Nacional .....	5
Tabla 2. Parámetros técnicos de remoción de etiquetas .....	34
Tabla 3. Valores K y sus niveles de confianza.....	59
Tabla 4. Matriz de operacionalización de la variable independiente .....	61
Tabla 5. Matriz de Operacionalización de la variable dependiente.....	62
Tabla 6. Actividades para la toma de datos análisis e interpretación.....	64
Tabla 7. Productividad mes de Octubre 2016 .....	67
Tabla 8. Productividad mes de Noviembre 2016 .....	67
Tabla 9. Productividad de Diciembre 2016.....	68
Tabla 10. Productividad mes de Enero 2017.....	69
Tabla 11. Productividad mes de Febrero 2017.....	70
Tabla 12. Productividad mes de Marzo 2017.....	71
Tabla 13. Productividad mes de Abril 2017.....	72
Tabla 14. Productividad del mes de abril solo Pilsener .....	72
Tabla 15. Productividad mes de Mayo 2017 .....	73
Tabla 16. Productividad mes de Junio 2017.....	74
Tabla 17. Productividad del mes de Junio solo con formato de Pilsener .....	75
Tabla 18. Datos para histograma Pilsener .....	75
Tabla 19. Distribución de Frecuencias Pilsener .....	76
Tabla 20. Datos para el histograma Light .....	79
Tabla 21. Distribución de frecuencias Light .....	80

Tabla 22. Datos regresión lineal.....	82
Tabla 23. Análisis del Modo y Efecto de Falla AMEF del proceso de lavado de botellas de vidrio .....	100
Tabla 24. Criterios de evaluación para ponderación AMEF. ....	101
Tabla 25. Comparación de producción entre Formato Pilsener y Light .....	102
Tabla 26. Matriz para determinar la mejor opción.....	108
Tabla 27. Ponderación de alternativas .....	110
Tabla 28. Priorización en relación al costo .....	111
Tabla 29. Ponderación por calidad de lavado.....	112
Tabla 30. Ponderación por velocidad de producción .....	112
Tabla 31. Ponderación por tiempo de entrega .....	113
Tabla 32. Resultados de la ponderación de alternativas.....	114
Tabla 33. Propiedades del Acero Inoxidable.....	121
Tabla 34. Velocidad para la línea de descarga en la línea 1.....	128
Tabla 35. Curva del sistema .....	140
Tabla 36. Resumen de datos.....	141
Tabla 37. Costo de producción Variable para formato Pilsener.....	147
Tabla 38. Costo de producción Variable para formato Light.....	147
Tabla 39. Costos de producción fija.....	148
Tabla 40. Costos totales de producción \$/ día.....	148
Tabla 41. Velocidades de producción Actual.....	149
Tabla 42. Eficiencia de la producción .....	149
Tabla 43. Eficiencia de producción Actual vs Estimado.....	151



Tabla 44. Diferencia de producción Botellas/día y ahorros en la producción .....	152
Tabla 45. Costo del proyecto.....	152
Tabla 46. Datos para el cálculo del flujo de efectivo neto .....	154
Tabla 47. Análisis VAN y TIR.....	156

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Tema: “ANÁLISIS DEL PROCESO DEL LAVADO DE BOTELLAS DE VIDRIO EN LA LÍNEA 1 DEL ÁREA DE EMBOTELLADO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CERVECERÍA NACIONAL UBICADA EN CUMBAYÁ”

AUTOR: Byron Patricio Ibarra Machuca

TUTOR: Msc. Ing. Wilson Edmundo Chancusig Espin

**RESUMEN EJECUTIVO**

Este trabajo de investigación está enfocado en mejorar las condiciones de lavado de las botellas para el envasado de producto en formatos reutilizables, del área de embotellado en Línea 1 de la planta de Cervecería Nacional, y su proceso de lavado de botellas sucias con una lavadora de botellas.

El proceso de lavado de botellas sucias en la línea 1 de la planta de Cervecería Nacional ubicada en Cumbayá, tiene problemas de productividad y se ve afectado por el lavado de botellas generando pérdidas de producción por rechazo del inspector a botellas mal lavadas generando paradas y creando un cuello de botella en el proceso de la máquina lavadora de botellas.

La lavadora de botellas es una máquina que permite tener una alta producción continua de botellas retornables y sus velocidades pueden alcanzar hasta las 90 000 botellas por hora, por este motivo es un equipo crítico por lo cual se realiza el análisis del proceso de lavado de botellas en esta planta.

**Palabras Clave:** Lavadora de Botellas, inspector de botellas, botella, arrastre de etiqueta, lavado de botellas, limpieza, proceso, productividad.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMERICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Topic: “ANALYSIS OF THE PROCESS OF THE WASHING OF GLASS BOTTLES IN LINE 1 OF THE BOTTLING AREA AND ITS INCIDENCE IN THE PRODUCTIVITY OF THE CERVECERIA NACIONAL LOCATED IN CUMBAYÁ”

AUTHOR: Byron Patricio Ibarra Machuca

TUTOR: Msc. Ing. Wilson Chancusig

**SUMMARY**

This research work is focused on improving the conditions of washing of the bottles for the packaging of product in reusable formats, of the bottling area in Line 1 of the plant of Cervecería Nacional, and its process of washing dirty bottles with a washing machine of Bottles

The process of washing dirty bottles in line 1 of the Cervecería Nacional located in Cumbayá, has productivity problems and is affected by the washing of bottles generating losses of production by rejection of the inspector to poorly washed bottles generating stops and creating a bottleneck in the process of the bottle washing machine.

The bottle washer is a machine that allows to have a continuous high production of returnable bottles and its speeds can reach up to 90,000 bottles per hour, for this reason it is a critical equipment for which the bottle washing process is analyzed In this plant.

**Key Words:** Bottle Washer, bottle inspector, bottle, label drag, bottle washing, cleaning, process, productivity.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto está realizado en uno de los principales clientes de la empresa Ecolab Ecuador en la que mi persona labora actualmente, este cliente es sin duda una de las empresas mejor posicionadas en el país es del grupo AB-Inbev que en el país es Cervecería Nacional, y en la ciudad de Quito está la planta Cumbayá en la cual existen dos Líneas de Embotellado de cerveza, una de estas líneas tiene muchos inconvenientes en el proceso de lavado de botellas sucias para el envase de producto nuevo, por lo que se realiza un estudio detallado de los principales problemas que el proceso tiene en la lavadora de botellas, la calidad de lavado de botellas no es eficiente esto genera pérdidas en su producción disminuyendo su velocidad de producción del 40% afectando su productividad.

La lavadora de botellas al ser muy antigua sus parámetros de funcionamiento no cumplen las exigencias a las que el proceso requiere, este trabajo de investigación está enfocado en analizar los parámetros de lavado y fallas que la máquina tiene.

Para iniciar con el análisis de esta investigación es necesario elaborar un marco teórico que colabore y permita interpretar la información y la problemática, para posteriormente analizar la opción más adecuada para aplicar en este estudio.

Para el análisis del proceso del lavado de botellas de vidrio en la línea 1 del área de embotellado y su incidencia en la productividad se estructura de la siguiente manera:

En el Capítulo I, Se realiza un estudio de la plantas de la región en el Ecuador en forma macro, meso, y micro. Se ejecuta el planteamiento del problema y planteamiento de objetivos general y específico

En el Capítulo II, Se Elabora el marco teórico, la estructura de las variables dependiente e independiente, para poder relacionarlos entre sí, formulación de la hipótesis, y declaración de las variables.

En el Capítulo III, Se establece la metodología que se utilizan para realizar el análisis de una forma adecuada, se delimita el universo a investigar y se crean herramientas adecuadas para la recolección de datos que permitirán obtener información clara y concisa

En el Capítulo IV, Se elabora y se interpretan los datos obtenidos por medio de estadísticas, y regresión lineal demostrando la correlación de las variables dependiente e independiente, estableciendo conclusiones a las que se ha llegado para generar recomendaciones para la solución en base a los resultados obtenidos.

En el Capítulo V, Se propone alternativas que soluciones el problema encontrado en el presente trabajo de investigación, para posterior seleccionar la opción adecuada y desarrollarla de manera científica, conclusiones y recomendaciones finales.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **Tema**

ANÁLISIS DEL PROCESO DEL LAVADO DE BOTELLAS DE VIDRIO EN LA LÍNEA 1 DEL ÁREA DE EMBOTELLADO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA CERVECERÍA NACIONAL UBICADA EN CUMBAYÁ

### **Planteamiento del problema**

### **Contextualización**

#### **Macro**

Cervecería Nacional pertenece a la multinacional SABMiller que a su vez está en proceso de fusión por la compra de ABInbev, en la Región Colombia, Ecuador y Perú en estos países producen 21.000.000 - 5.800.000 - 15.600.000 hectolitros de cerveza respectivamente anualmente.

En esta región ABInbev junto con su nuevo aliado SABMiller tienen una participación del 95% de cerveza que se consume en estos países ocupando el primer lugar en ventas con diferentes marcas y formatos y su fusión es una estrategia muy

agresiva para dominar el mercado en todo el mundo con marcas de cervezas internacionales y locales.

### Datos per cápita consumo de cerveza



Figura 1. Datos per cápita de cerveza en la región

Fuente: [www.dinero.com/empresas/articulo/ab-inbev-y-sabmiller-oficializan-fusion-empresarial](http://www.dinero.com/empresas/articulo/ab-inbev-y-sabmiller-oficializan-fusion-empresarial)

Elaborado por: Autor

ABInbev en el COPEC tiene una producción de cerveza de aproximadamente 44 millones de Hectolitros, el 25% de esta producción se lo hace en envases no retornables y barriles, el resto es producción de cerveza en formatos retornables.

Debido a los formatos retornables estos envases de vidrio deben ser lavados para conservar las características y calidad de cada una de las marcas, por lo que en proceso de lavado de botellas retornables se vuelve crítico, y muy necesario en la productividad de cerveza.

## Meso

En el Ecuador existen actualmente 3 plantas de ABInbev con la fusión con SABMiller, una de ellas está en proceso de venta debido a las leyes antimonopolio que existen en el Ecuador y en el futuro solamente tendrán 2 plantas Pascuales en Guayaquil y Cumbayá en Quito.

En la Tabla 1 se muestra en detalle la capacidad de llenado de las plantas mencionadas

Tabla 1. Capacidad instalada de plantas de Cervecería Nacional

PLANTA	DESCRIPCIÓN	TIPO DE LINEA	FORMATO	CAPACIDAD botellas/hora
Pascuales	Línea 1	Vidrio	Retornable	90000,00
	Línea 2	Vidrio	Retornable	45000,00
	Línea 3	Mixta vidrio y Pet	No Retornable	40000,00
	Línea 4	Lata	No Retornable	30000,00
Cumbayá	Línea 1	Vidrio	Retornable	45000,00
	Línea 2	Vidrio	Retornable	45000,00

Producción en Hectolitros		
Pascuales	Aproximado	3,5 millones
Cumbayá	Aproximado	2,2 millones

Fuente: Cervecería Nacional planta Cumbayá  
Elaborado por: Autor



## **Micro**

En la planta de Cervecería Nacional de la ciudad de Quito ubicada en la parroquia de Cumbayá, tiene 2 líneas de embotellado en la cual se produce un promedio de 153.208,9 hectolitros cada mes distribuido de la siguiente manera:

**Línea 1** 80159,4 hl de Cerveza

**Línea 2** 73049,5 hl de Cerveza

Siendo Línea 1 de formato de 600 cc de marca Pilsener y Pilsener Light de 550cc, Línea 2 de múltiples formatos de 550 cc Club Verde, 550cc Pilsener Light, y 600cc Pilsener, está diseñada para formatos pequeños de 330cc pero no se ha producido estos formatos aun en la planta

Por lo que se necesita lavar un promedio de 75000 docenas de botellas en cada línea siendo este un punto crítico de control que debe ser controlado para obtener una buena calidad de lavado.

El presente proyecto muestra el estudio en el proceso de lavado de botellas en Línea 1 que tiene más de 35 años en operación.

Se han cambiado principales equipos del proceso de embotellado como encajonadoras, llenadora, pasteurización de túnel por pasteurización flash, Inspector de botellas IBB. Y no se ha cambiado la lavadora de botellas que es una lavadora del año 1982. Esto hace que la calidad de lavado en el presente tenga muchas deficiencias por mala calidad de lavado, arrastre de etiquetas. Esto se evidencia en el inspector de

botellas limpias que rechaza la botella mal lavada, este rechazo llega casi a un 10% de rechazo que generan baja productividad.

Este reproceso de las botellas provoca un colapso de los transportadores que llevan nuevamente las botellas a ser relavadas, este rechazo se acumula en el transportador que lleva la botella nuevamente a la entrada de la lavadora, siendo este muy pequeño que tiene un transportador de rechazo de una fila, se llena fácilmente y hay momentos que existe demasiado rechazo que la operación normal de la lavadora no puede mantener el ritmo y el transportador colapsa, generando paradas en la línea continua de producción y nuevos reprocesos, haciendo que esta se modifique constantemente para cumplir con la producción.

Según datos estadísticos la producción meta por cada turno de 8 horas es de 27.000 docenas de botellas envasadas. Y por paradas hay producciones solamente de hasta 20.000 docenas de botellas quitando la productividad efectiva en Línea 1.

En Línea 1 de la Cervecería Nacional de la planta Cumbayá, la problemática que existe en esta Línea de producción está dada por la máquina de lavado de botellas sucias, y el rechazo por botella sucia es sumamente alto en el IBB (inspector de botellas) llegando un porcentaje de rechazo en Pilsener de 3.96% y en formato Light 9.3%.

Defectos en las botellas de vidrio comunes

- Vidrio dañado
- Rosca rajada

- Laterales rayados
- Líquido residual o cáustico
- Base astillada
- Acabado irregular
- Objetos extraños
- Arrastre de etiquetas
- Desgaste de la botella Scuffing

Siendo el arrastre de etiquetas de mayor porcentaje de rechazo.

La productividad de esta línea baja debido a la calidad de lavado que esta lavadora produce razón por el cual este trabajo de investigación.

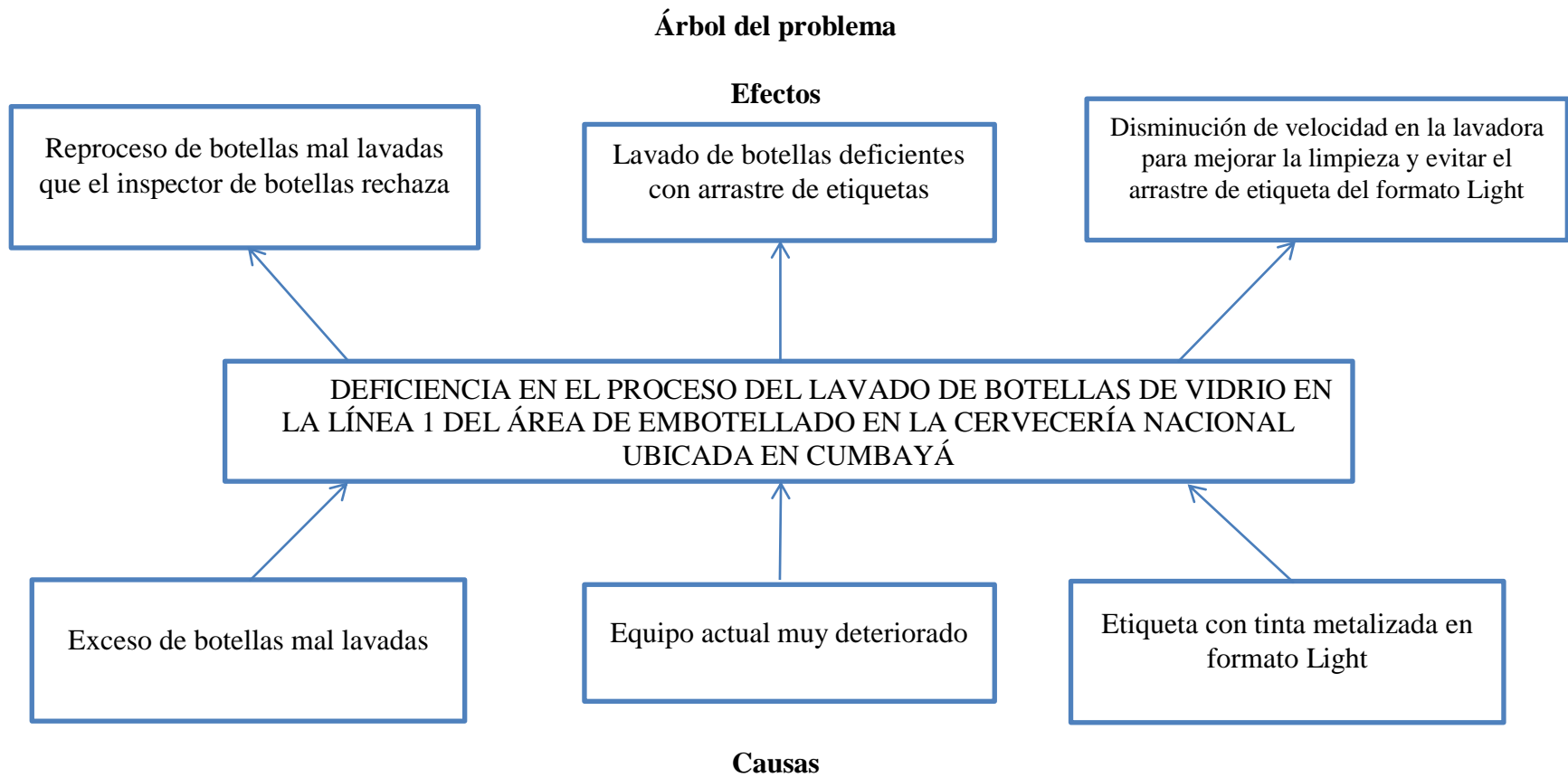


Figura 2. Árbol del problema  
Fuente: Investigación directa  
Elaborado por: A

## **Análisis Crítico**

El rechazo por el inspector IBB de botellas mal lavadas que se da en la línea 1 de la Cervecería Nacional en la planta Cumbayá, se da por la baja calidad de limpieza en el proceso de lavado que se lo realiza con la máquina lavadora de botellas. Y estas botellas rechazadas regresan a al proceso de lavado lo que genera baja productividad en el área de embotellado.

El equipo de lavado en Línea 1 tiene más de 35 años en funcionamiento, a lo largo de todo este tiempo la lavadora ha resistido gracias a los planes de mantenimiento adecuados que la planta tiene, sin embargo el tiempo también genera planes de marketing y los formatos de los años anteriores no son los mismos a los actuales así como sus producciones, velocidades, y calidades de lavado. A esto la planta a modificado ciertos parámetros de la lavadora de acuerdo a su necesidad, en la actualidad estas adaptaciones no son suficientes y la calidad de lavado es de mucha exigencia, hoy en día la planta tiene la necesidad de producir diferentes formatos de cervezas y en uno de ellos tienen muchos problemas por la limpieza y las etiquetas no son removidas y son arrastradas a la descarga de la lavadora.

En la línea 1 la planta actualmente realiza 2 formatos de cervezas Pilsener 600 cc, normal en botella de color ámbar y Pilsener Light 500 cc en botella transparente, el último formato mencionado trae una etiqueta de papel con un barniz metalizado (tinta metalizada). Está tinta es mucho más complicada limpiar y la penetración de la solución cáustica es mucho más difícil que una etiqueta normal de papel.

Para evitar que la calidad de lavado de este formato Light el área de embotellado está obligado a disminuir la velocidad de la lavadora para que sus parámetros permitan desprender esta etiqueta con tinta metalizada. Esta baja de velocidad provoca una baja importante en su productividad.

### **Prognosis**

Si no se corrige el problema en la lavadora e botellas la productividad de la Línea 1 de la planta de Cervecería Nacional ubicada en Cumbayá puede verse afectada seriamente generando que sus costos de producción incrementaran, sus indicadores de productividad salgan del rango adecuado, el incumplimiento de metas, disminución de confianza, pérdida del prestigio ganado, incluso las gerencias pueden tomar la decisión de cerrar esta planta y quedarse con la planta de Pascuales en Guayaquil

### **Formulación del Problema**

Del análisis crítico surgen las siguientes preguntas que serán desarrolladas en el presente trabajo de investigación

- ¿Cuál es el porcentaje de rechazo en el inspector de botellas limpias?
- ¿La lavadora actual tiene deficiencias en el proceso de lavado?
- ¿Por qué está afectada la velocidad de producción por el tipo de formato que se realiza en la línea 1?

## **Delimitación del objeto de investigación (línea de Investigación)**

**Campo:** Ingeniería Industrial

**Área:** Producción Embotellado

**Aspecto:** Proceso de lavado de botellas por medio de Lavadora de Botellas

**Delimitación Espacial:** Planta de Cervecería Nacional Cumbayá, Línea de embotellado N° 1 Lavadora de Botellas

**Delimitación Temporal:** Desde el 10 de octubre del 2016 al 1 de julio del 2017

## **Justificación**

Es de mucha importancia la investigación para determinar las deficiencias actuales del proceso de lavado de botellas porque este influye en la productividad del área de embotellado en la línea 1 de Cervecería Nacional planta Cumbayá, más ahora que los KPI's son cada vez más estrictos y las solicitudes de gerencia de producir más con menos recursos.

La planta tiene interés en producir hectolitros de cerveza envasada con reducción de costos mejorando los índices de productividad, evitando el relavado de envases que la maquinaria antigua genera, luego analizar los parámetros de lavado tiempo de lavado, temperatura de lavado, concentración de sosa, acción mecánica.

Esta investigación es factible realizarla, y cuenta con el compromiso del área de embotellado, operadores, y personal de mantenimiento, y el interés de la planta en

mejorar sus índices de productividad, este proyecto de investigación también cuenta con herramienta bibliográfica y conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera de Ingeniería Industrial.

Toda la información teórica y experiencia en procedimientos similares se analizarán las causas y problemas actuales en el proceso de lavado de botellas, permitirá mejorar las operaciones de lavado, siempre cuidando la integridad de los trabajadores.

El beneficiario directo es la Cervecería Nacional que está consciente que en este proceso hay deficiencias y se han detectado que existen costos de producción elevados a diferencia de su otra línea que cuenta con equipos nuevos y consume mucho menos que la lavadora de línea 1. Los costos indirectos serán los operadores que tendrán una lavadora más eficiente, y la operación sea más confiable.

El relavado será mucho menos que se traducirá en mayor productividad, al cuantificar cada uno de los recursos en el proceso de lavado se analizará que puntos son los que se encuentran alterados.

Si se tiene una mejor productividad se mejorará las metas y las programaciones de producción y productividad el rechazo de botella mal lavada que está en un promedio del 6% se logra bajar 1 punto porcentual se habrá mejorado mucho, porque en un día de 50 000 docenas de producción el 1% es 500 docenas que equivale a 6 000 botellas que no necesitan ser reprocesadas.



## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar el proceso del lavado de botellas de vidrio en la Línea 1 del área de embotellado y su incidencia en la productividad de la Cervecería Nacional ubicada en Cumbayá.

### **Objetivos Específicos**

- Verificar los parámetros que hacen que la lavadora de botellas tenga rechazos en el lavado de botellas.
- Realizar el levantamiento de información registrar y tabular resultados para generar indicadores en el proceso de lavado de botellas de vidrio retornables.
- Analizar los resultados obtenidos en el proceso de lavado de botellas de vidrio para posteriormente realizar una propuesta basada en los resultados

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **Antecedentes investigativos**

##### **Lavadora de botellas**

En los países de todo el mundo y mucho más en Latinoamérica, “el lavado de botellas retornables se ha convertido en una parte integral del proceso de embotellado cerveza. Al parecer es una tarea fácil, sin embargo, en la práctica no lo es” (Morales, 2010, p.9)

El consumidor final desea siempre una botella limpia y sanitizada y existen tipos de residuos que no están dentro de su uso normal para el trabajo de limpieza esto sucede sobre todo en los países latinos, se encuentra basura como: colillas de cigarrillos, películas plásticas, tales como envolturas de dulces o fundas de snacks, y como contenedores de aceites o solventes. La suciedad de las botellas con yeso, cemento, mortero y alquitrán es también un mal uso porque estas sustancias no pueden ser removidas en una operación normal de lavado de botellas.

Según Padron (2008) “La detergencia es el proceso de limpieza de una superficie sólida, mediante un baño líquido, donde la acción limpiadora de la solución está considerablemente promovida por procesos fisicoquímicos de componentes añadidos al detergente”. (p.17)

Los detergentes son productos formulados que tienen características de limpieza que logran remover suciedad de superficies.

Las características importantes en la lavadora de botellas deben ser de mojabilidad, solubilidad, disminuir la tensión superficial, emulsificación, que ayuden a la sosa cáustica.

Hernández 2010

En los envases de bebidas retornables en botellas de vidrio son seleccionadas y sometidas a un proceso de lavado y desinfectado lavado a altas temperaturas garantizando un efecto germicida, y que son enjuagados con agua potable ya que el producto se envasa ya pasteurizado cuando existe pasteurización flash. (p, 37)

En el caso de Cervecería Nacional los envases retornables son botellas de vidrio y el proceso de la lavadora de botellas de Línea 1 cumple con las temperaturas de limpieza y su enjuague es con una solución de Dióxido de Cloro al 0,3% garantizando la desinfección de las botellas lavadas debido a que existe pasteurización Flash.

### **Fundamentación Técnica**

Norma Técnica Sustitutiva de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos  
Procesados

*Según: Dirección Ejecutiva de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria ARCSA-DE-042-2015-GGG*

Artículo 2. Definiciones.- Para efectos de la presente norma técnica se tomarán en cuenta las definiciones contempladas en la Ley Orgánica de la Salud y en el Decreto Ejecutivo No. 4114 publicado en el Registro Oficial Nro. 984 de fecha 22 de julio de 1988 que expide el Reglamento de Alimentos Procesados, así como las siguientes definiciones que se establecen en esta norma técnica:

**Actividad Acuosa (Aw):** Es la cantidad de agua disponible en el alimento que favorece el crecimiento y proliferación de microorganismos. Se determina por el cociente de la presión de vapor de la sustancia dividida por la presión de vapor de agua pura a la misma temperatura, o por otro ensayo equivalente.

**Alérgenos:** Son sustancias que por sus características físicas o químicas tienen la capacidad de alterar o activar el sistema inmunológico de los consumidores desatando reacciones alérgicas.

**Ambiente:** Cualquier área interna o externa delimitada físicamente que forma parte del establecimiento destinado a la fabricación, al procesamiento, a la preparación, al envase, almacenamiento y expendio de alimentos.

**Área Crítica:** Son las áreas donde se realizan operaciones de producción, envasado o empaque en las que el alimento está expuesto y susceptible de contaminación a niveles inaceptables.

**Buenas Prácticas de Manufactura (B.P.M.):** Conjunto de medidas preventivas y prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado y almacenamiento de alimentos para consumo humano, con el objeto de garantizar que los alimentos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan así los riesgos potenciales o peligros para su inocuidad.

**Contaminante:** Cualquier agente químico o biológico, materia extraña u otras sustancias agregadas intencionalmente o no al alimento, las cuales pueden comprometer la seguridad e inocuidad del alimento.

**Contaminación cruzada:** Es la introducción involuntaria de un agente físico, biológico, químico por corrientes de aire, traslados de materiales, alimentos, circulación de personal, que pueda comprometer la higiene o inocuidad del alimento.

**Desinfección - Descontaminación:** Es el tratamiento físico o químico aplicado a las superficies limpias en contacto con el alimento con el fin de eliminar los microorganismos indeseables a niveles aceptables, sin que dicho tratamiento afecte adversamente la calidad e inocuidad del alimento.

**Desinfestación:** Eliminación de parásitos, insectos o roedores, u otros seres vivos que pueden propagar enfermedades y son nocivos para la salud

**Diseño Sanitario:** Es el conjunto de características que deben reunir las edificaciones, equipos, utensilios e instalaciones de los establecimientos dedicados a la fabricación de alimentos.

**Hallazgo Crítico:** Corresponde a un incumplimiento total o parcial de la presente norma técnica o de los controles establecidos en cualquiera de las etapas de producción que represente un peligro inminente o real al alimento con impacto directo en la inocuidad y que puede llegar al producto terminado con base a evidencia objetiva.

**Hallazgo Mayor:** Incumplimiento total o parcial de la presente norma técnica o de los controles establecidos, con base a evidencia objetiva que genere dudas sobre la inocuidad o seguridad alimentaria del producto.

**Hallazgo Menor:** Desviación de alguno de los requisitos de las buenas prácticas de manufactura o requisitos establecidos en el sistema de calidad que no afecta de manera inminente la inocuidad del alimento.

**Higiene de los Alimentos:** Todas las condiciones y medidas necesarias para asegurar la inocuidad y la aptitud de los alimentos en todas las fases de la cadena alimentaria.

**Infestación:** Es la presencia y multiplicación de plagas que pueden contaminar o deteriorar las materias primas, insumos y los alimentos.

**Inocuidad:** Condición de un alimento que no hace daño a la salud del consumidor cuando es ingerido de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

**Insumo:** Comprende los ingredientes, envases y empaques de alimentos.

**Limpieza:** Es el proceso o la operación de eliminación de residuos de alimentos u otras materias extrañas o indeseables.

**Observaciones:** Es un hallazgo que no afecta la integridad de BPM y que puede llegar a convertirse en una no conformidad si no se toman las acciones necesarias.

**Operación de Producción:** Etapa de fabricación en la cual se realiza un proceso de transformación, preparación y preservación del alimento.

**Organismo de Inspección Acreditado:** Ente jurídico acreditado por el Servicio Ecuatoriano de Acreditación de acuerdo a su competencia técnica para la evaluación de la aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura.

**Peligro:** Es una condición de riesgo de que un agente biológico, químico o físico presente en el alimento, o bien la condición en que este se halla, pueda causar un efecto adverso para la salud.

**Punto Crítico de Control (PCC):** Fase en la que debe aplicarse un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable.

**SAE:** Servicio Ecuatoriano de Acreditación Validación: Procedimiento por el cual se demuestra que una actividad cumple el objetivo para el que fue diseñada con una evidencia técnica y científica.

## **Fundamentación Legal**

### **Certificaciones Cervecería Nacional S.A.**

*Según: Apunte Pin Frank Johnny*

Las operaciones ambientales de las plantas de la compañía es avalada por las certificaciones ISO y las inspecciones de SABMiller que las ubican entre las más eficientes del mundo

CN S.A. preocupada por el impacto ambiental que puedan generar las operaciones, cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales, una en la planta Quito y otra en planta Guayaquil, tiene un programa de reciclaje interno, está ahorrando papel, energía y agua, mejorando continuamente los procesos de gestión ambiental; de esta manera se ubica entre las 10 mejores plantas en el mundo de SAB Miller

La compañía cuenta con el sistema ISO 14001: 2004 (Sistema de Gestión Ambiental).

### **Normas para la inspección de botellas**

*Según: Las Normas Consolidadas de AIB International para Inspección Embotelladoras de Bebidas*

1.25 Latas, Botellas y Envases Rígidos Si se usan latas, botellas y demás envases utilizados para el empaque, éstas requerirán pasos de limpieza y almacenaje adicionales para evitar la contaminación con materiales extraños. Requerimientos Críticos

1.25.1.1 Si se usan latas, botellas, barriles de contacto con alimentos u otros envases rígidos, el envase rígido se invertirá y limpiará con aire o agua a presión antes de llenarse para extraer materiales extraños.

1.25.1.2 Se proveerán sistemas de filtrado y / o trampas de aire / agua para los sistemas de limpieza de envases rígidos.



1.25.1.3 Los sistemas de filtrado o las trampas de aire / agua de los sistemas de limpieza de envases rígidos se monitorearán regularmente y se someterán a mantenimiento como parte del Programa de Mantenimiento Preventivo.

1.25.1.4 Después de la limpieza, los envases rígidos se mantendrán en posición invertida o cubiertos hasta el llenado y colocación de la tapa para prevenir la contaminación con materiales extraños.

1.25.1.5 Las cajas y otros envoltorios usados en envases de productos o en material de empaque serán lo suficientemente durables para prevenir el riesgo de contaminación de los productos.

1.25.1.6 Los empaques rígidos se cubrirán o invertirán, o bien se mantendrán en buen estado las estructuras superiores a fin de evitar la contaminación antes de llenar con producto.

1.25.1.7 Los envases de un solo uso que no se lavaron ni se enjuagaron con aire o agua se recibirán cubiertos con un cierre hermético protector.

1.25.1.8 Los envases de un solo uso que no se limpiaron antes de la recepción se almacenarán de forma tal de protegerlos de la contaminación manual o del aire.

1.39 Limpieza de Latas, Botellas y Envases Rígidos de Uso Múltiple Si se usan latas, botellas y demás envases para el empaque, éstas requerirán una limpieza, almacenaje e inspección adicionales para evitar la contaminación con materiales extraños. Requerimientos Críticos

1.39.1.1 Los envases primarios re-llenables o de uso múltiple se limpiarán, sanitizarán e inspeccionarán antes de ser llenados, tapados y sellados.

1.39.1.2 Después de ser inspeccionados, aquellos envases que se determinen ser no sanitarios o defectivos se reprocesarán o descartarán.

1.39.1.3 Todos los envases primarios de uso múltiple se lavarán, enjuagarán y sanitizarán en una lavadora mecánica o mediante otro método que limpie y sanitice de manera adecuada el envase para ser usado.

1.39.1.4 El proceso de limpieza se validará mediante pruebas para residuos químicos según una frecuencia definida.

1.39.1.5 Las lavadoras mecánicas se monitorearán regularmente y se mantendrán como parte del Programa de Mantenimiento Preventivo.

1.39.1.6 Un termómetro indicador funcional se instalará en la lavadora mecánica para registrar la temperatura de la solución de lavado caustico.

1.39.1.7 Los registros del sistema de lavado mecánico estarán al día e incluirán lo siguiente: • Mantenimiento físico • Inspección • Condiciones halladas • Acciones Correctivas • Desempeño de la lavadora mecánica

**Categorías fundamentales**

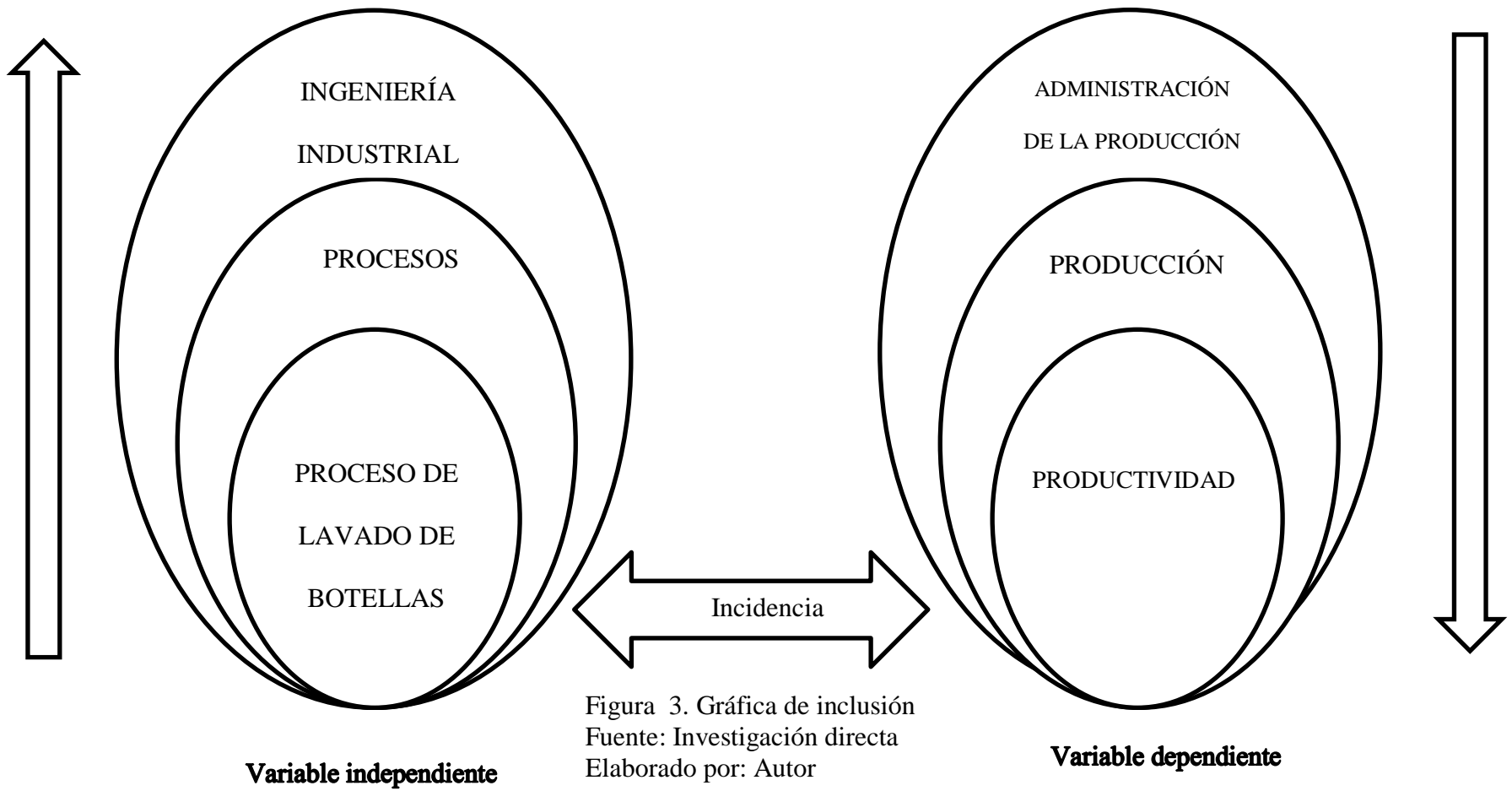


Figura 3. Gráfica de inclusión  
Fuente: Investigación directa  
Elaborado por: Autor

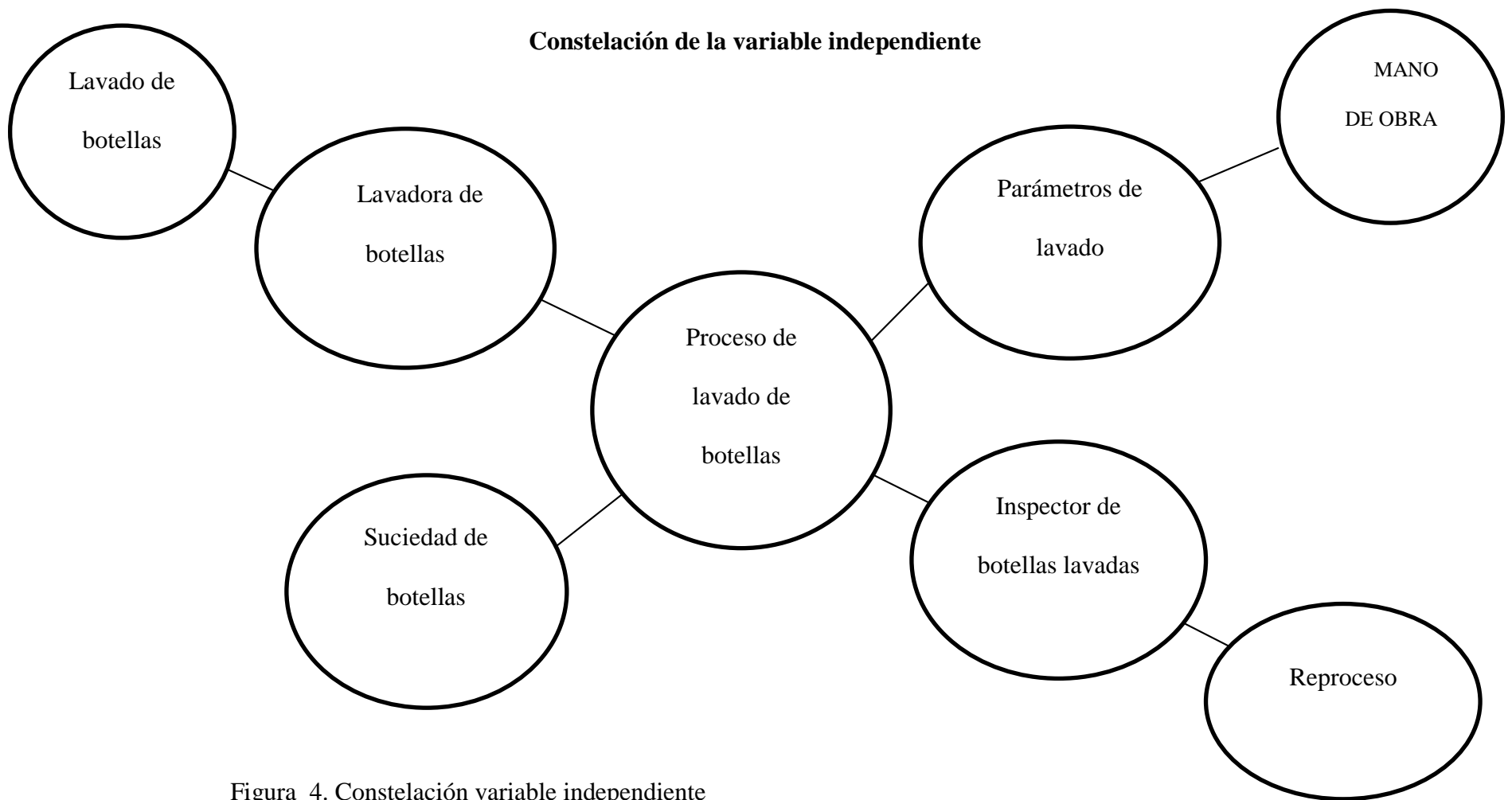


Figura 4. Constelación variable independiente  
Fuente: Investigación directa  
Elaborado por: Autor

### Constelación de ideas variable dependiente

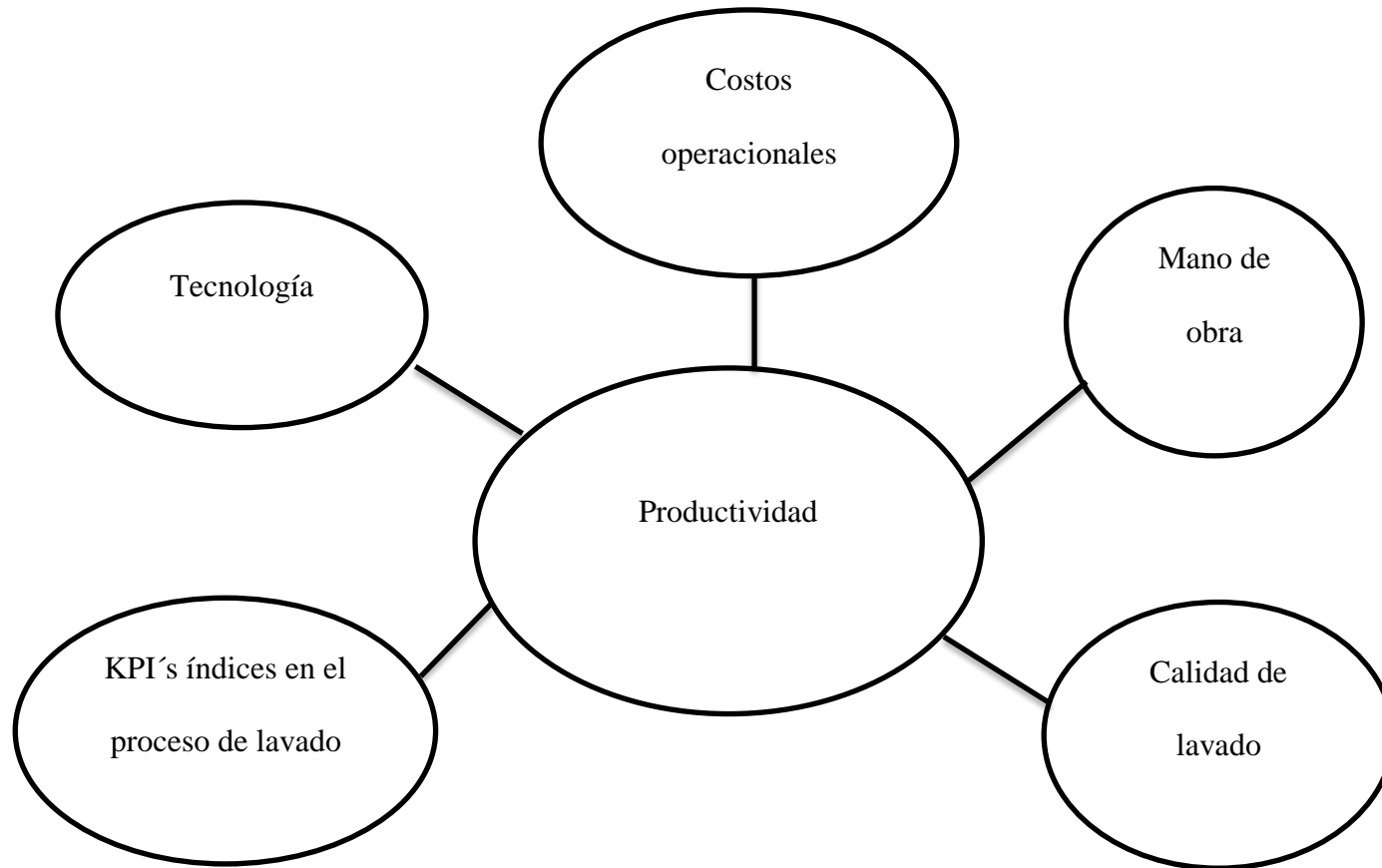


Figura 5. Constelación de ideas variable dependiente  
Elaborado por: Autor

## **Ingeniería Industrial**

Existen varios conceptos de Ingeniería Industrial de lo que se puede resumir que es la ciencia que estudia las diversas ramas de las tecnologías, es la encargada de los análisis de interpretación, programación, y control de los sistemas productivos y logísticos. Para establecer estrategias de optimización para generar la máxima productividad.

Valencia (1999)

La ingeniería industrial en la actualidad se entiende como el conjunto de principios, reglas, normas, conocimientos teóricos y prácticos que se aplican profesionalmente para disponer de las bases, recursos y objetos, materiales y los sistemas hechos por el hombre para proyectar, diseñar, evaluar, planear, organizar, operar equipos y ofrecer bienes, y servicios, con fines de dar respuesta a las necesidades que requiere la sociedad (p.85)

El Ingeniero industrial es capaz de gestionar el incremento de la productividad y competitividad, a través de diseños de sistemas que integren personas, materiales, equipos, tecnologías, de cualquier industria de producción bien o servicio.

## **Procesos**

Puede definirse como una actividad que se realiza en etapas para producir un bien o servicio, es un grupo de pasos que se realizan de forma sucesiva en distintas dependencias, con el objeto de transformar una serie de entradas específicas en una salidas (bienes o servicios) que generan valor agregado.

En una industria los procesos productivos que forman parte de la cadena de valor son muy importantes no solo por tener maquinaria o equipos que hagan el proceso sino la capacidad del recurso humano que el proceso tenga, porque de ello depende el

cumplimiento de objetivos optimizando los recursos para ser más eficientes y efectivos, en el siguiente gráfico se puede ver las partes que tiene un proceso.

Un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios. En este proceso intervienen la información y la tecnología, que interactúan con personas. Su objetivo último es la satisfacción de la demanda.

### Partes fundamentales de un proceso

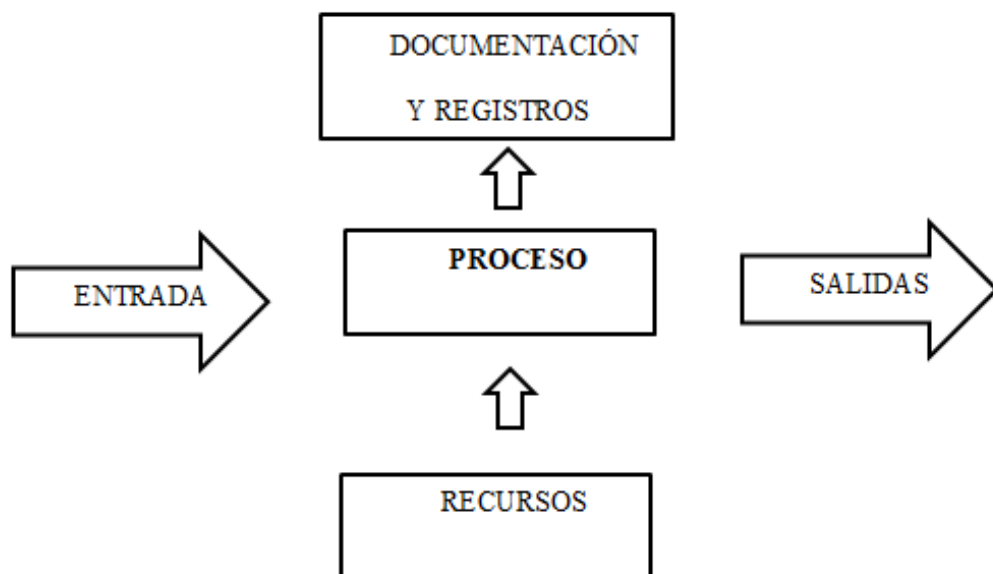


Figura 6. Partes fundamentales de un proceso

Fuente: Investigación directa

Elaborado: Autor

- Entradas: insumos, proveedor, inputs.
- Proceso: Actividades que generan valor (productor)
- Salidas: Productos, clientes, outputs

Claves de un proceso exitoso

- Eficacia: satisfacer al cliente
- Eficiencia: Optimizar el uso de los recursos.
- Efectividad: Ser competitivo

## **Proceso de lavado de botellas**

### **Lavadora de botellas**

La función primaria del lavado de botellas debe ser el asegurar que las botellas retornables puedan ser llenadas en perfectas condiciones higiénicas. El objetivo del lavado de botellas es eliminar todos los residuos de las superficies interiores y exteriores de las botellas. Más específicamente, esto incluye la eliminación de residuos del producto contenido, la etiqueta (s) y el adhesivo, el polvo, la suciedad, los anillos de óxido (de tapas de metal), hongos, huevos de insectos y larvas, y otros que pueden estar presentes.

Tipos de lavadora de botellas

- Lavadora de un solo extremo
- Lavadora de doble extremo



## Lavadora de una entrada

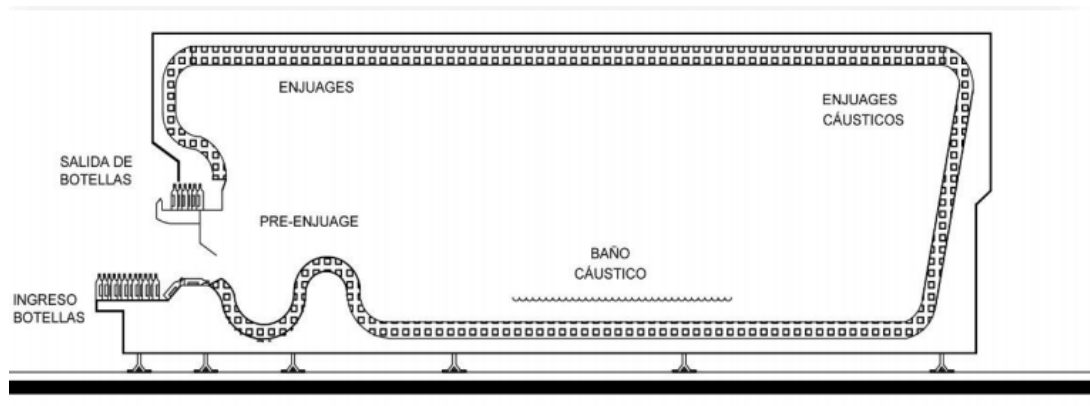


Figura 7. Lavadora de una entrada  
Fuente: Manual Jhon Jairo Reinoso Ramírez  
Elaborado Por: Autor

## Lavadora de dos entradas

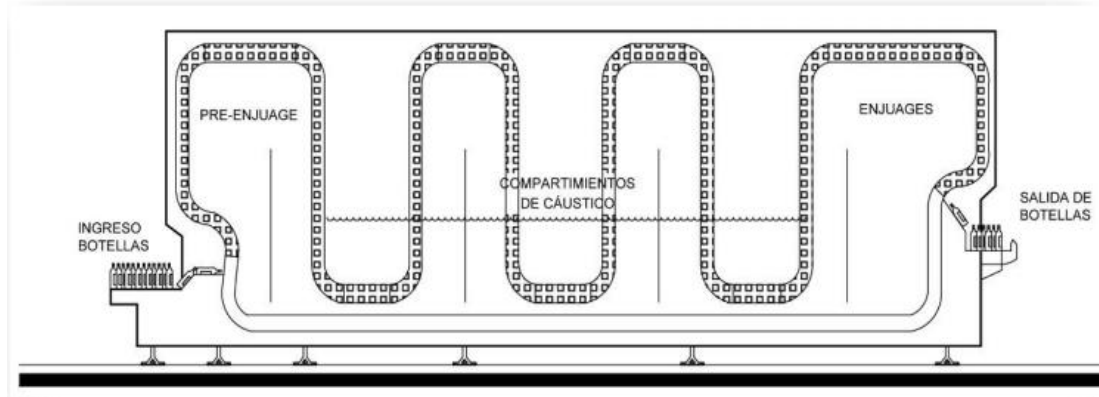


Figura 8. Lavadora de dos entradas  
Fuente: Manual Jhon Jairo Reinoso Ramírez  
Elaborado Por: Autor

Normalmente la lavadora de dos entradas se utiliza para suciedades agresivas gracias a sus compartimientos (tanques) que la lavadora lleva en su interior y en el cual se puede tener distintas variables en cada tanque, estas pueden ser temperatura, concentración, presión. Y un mayor control es por ese motivo que en la planta de Cervecería Nacional Cumbayá existe este tipo de lavadoras de doble entrada.

## Partes de la Lavadora

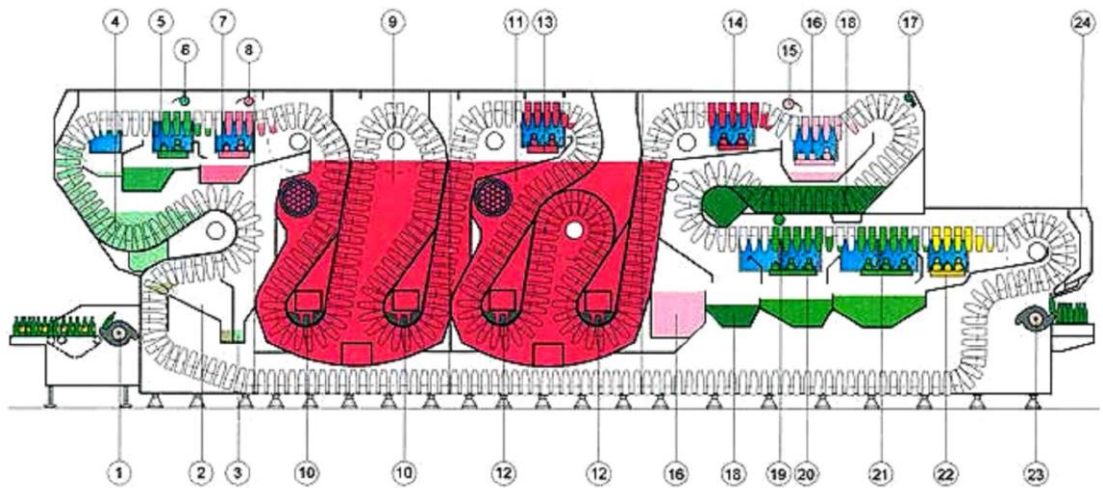


Figura 9. Partes de la Lavadora  
Fuente: Manual Iván Morales Marchant  
Elaborado por. Autor

1. Carga de botellas 13
2. Estanque cáustico 1 (spray)
3. Eliminación de desperdicios 14
4. Estanque cáustico 1 (spray)
5. Drenaje de pre-lavado 15
6. Limpieza cáustica intermedia (exterior)
7. Pre-calentamiento 1 (inundación) 16
8. Limpieza cáustica intermedia (spray)
9. Pre-calentamiento 2 (spray) 17
10. Enjuague 1 (enjuague intermedio, spray)
11. Pre-calentamiento 2 (spray ext.) 18
12. Enjuague 1 (inundación)
13. Pre-calentamiento 3 (recup.calor, spray) 19
14. Enjuague 2 (ducha exterior)
15. Pre-calentamiento 3 (recup.calor spray ext) 20

16. Enjuague 2 (spray)
17. Estanque cáustico 1 (inundación) 21
18. Enjuague 3 (spray)
19. Agitación, remoción de etiqueta, TK cáustico 1 22
20. Agua fresca (spray)
21. Estanque cáustico 2 (inundación) 23
22. Descarga de botella
23. Agitación, remoción de etiqueta, TK cáustico 2
24. Ventilación de humedad

### **Tanque de Pre-Lavado**

Todas las lavadoras de botellas tienen una sección de pre-lavado en las que se invierten las botellas para vaciar cualquier líquido, bombillas, colillas de cigarrillos u otros sólidos. Si estos elementos no se eliminan eficazmente en esta sección, pueden desintegrarse en la sección de hidro-spray alcalino.

Los filtros de cigarrillos son especialmente problemáticos en el taponamiento de los inyectores. El agua de alimentación que se utiliza para operar la sección de pre-lavado se obtiene generalmente del desbordamiento de la sección de enjuague. La descarga de la sección de pre-lavado se descarta a un desagüe. Esta es una operación importante en el proceso de lavado de botellas para reducir la contaminación excesiva de los compartimentos principales de limpieza. Una breve ráfaga de agua de los chorros de enjuague limpia fragmentos de botellas que se caen y quiebran cuando se invierten en la entrada.

### Jets de Pre- Lavado, lavado o enjuague

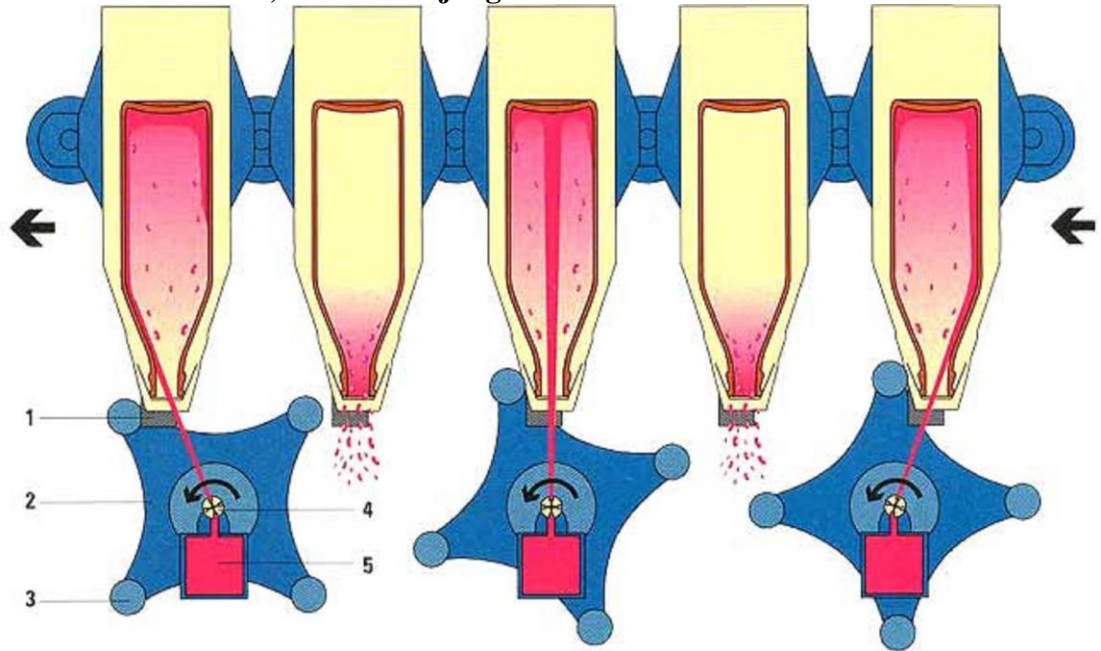


Figura 10. Jets de Pre-Lavado, Lavado o Enjuague  
Fuente: Iván Morales Marchant  
Elaborado por. Autor

Los jets pre-lavan, lavan y enjuagan el interior de la botella. El principio es idéntico para todas las secciones de pre-lavado, hidro-spray alcalino y enjuague en las distintas lavadoras de botellas.

### Suciedad de Botellas

Las botellas deben salir de la lavadora en buenas condiciones de limpieza:

- Libre de gérmenes patógenos y virulentos que puedan alterar la bebida.
- Libre de residuos.
- Sin olores residuales (inspectores humanos, electrónicos o sniffer de botellas vacías EBI).
- Apariencia clara y brillante.
- Libre de químicos.
- La temperatura de salida del lavado debe ser similar a la del llenado.

## Tanques para Remoción de Etiqueta

La sección para remoción de etiquetas se encuentra a continuación del remojo. En las lavadoras equipadas con secciones separadas para extracción de etiqueta, es conveniente ajustar las concentraciones de químicos para quitar la etiqueta intacta.

Con este fin, la sosa cáustica y las concentraciones de aditivo son más bajas que lo normal para una limpieza óptima en las otras secciones de limpieza. La destrucción y solubilización de la tinta del papel se debe prevenir para evitar la carga innecesaria de suciedad en las soluciones para remoción de etiqueta. Las altas concentraciones de sosa cáustica (2,5% - 4,0%) tienden a generar pulpa de papel e incrementar el tiempo de remoción de etiquetas, mientras que altas concentraciones de aditivos (>0,5%) tienden a disolver las tintas de impresión.

El único propósito de las secciones de extracción de etiqueta es quitar las etiquetas y no limpiar las botellas. La experiencia de campo ha demostrado, sin embargo, que el personal de sala de embotellado tiende a ajustar las concentraciones de químicos (sosa + aditivo) en estas secciones a valores altos.

Según esta práctica lleva a la destrucción de la etiqueta. Para prevenir un ataque innecesario del papel, las etiquetas deben ser resistentes a la solución de lavado de botellas y pasar la siguiente prueba de inmersión sin destrucción:

Tabla 2. Parámetros técnicos de remoción de etiquetas

Concentración de NaOH	1,5% - 2,5%
Concentración de Aditivo	0,15% – 0,25%
Temperatura	75 - 80 °C
Tiempo de Contacto	15 – 20 min.

Fuente: Manual de lavadoras Iván Morales Marchant  
Elaborado por: Autor

Las condiciones exactas que se eligen para ejecutar esta prueba dependen de los parámetros de funcionamiento de cada lavadora. Algunas lavadoras están diseñadas para una destrucción completa de las etiquetas y su conversión a pulpa. Este proceso se lleva a cabo en las secciones de lavado. Estas lavadoras no tienen secciones separadas para extracción de etiqueta, pero si dispositivos de eliminación de la pulpa.

Estas operaciones, las concentraciones de sosa cáustica se utilizan frecuentemente en un rango de 3% a 4%. La acumulación de lodos se retira del fondo de los tanques manualmente o se elimina por un transportador de alambre tipo malla u otros medios adecuados. Es importante que las etiquetas no se transformen en pulpa si la máquina no cuenta con un sistema de extracción adecuado. Algunas lavadoras están conectadas a un sistema de filtración que elimina la pulpa y aclara las soluciones de limpieza en forma continua.

Si las botellas de fábricas de cerveza con etiquetas fabricadas de materiales que no contienen celulosa son introducidas a la máquina lavadora, es muy probable que ocurran problemas porque las etiquetas flotan intactas en la superficie y no pueden ser extraídas de la máquina.

### Sistema de Extracción de etiquetas

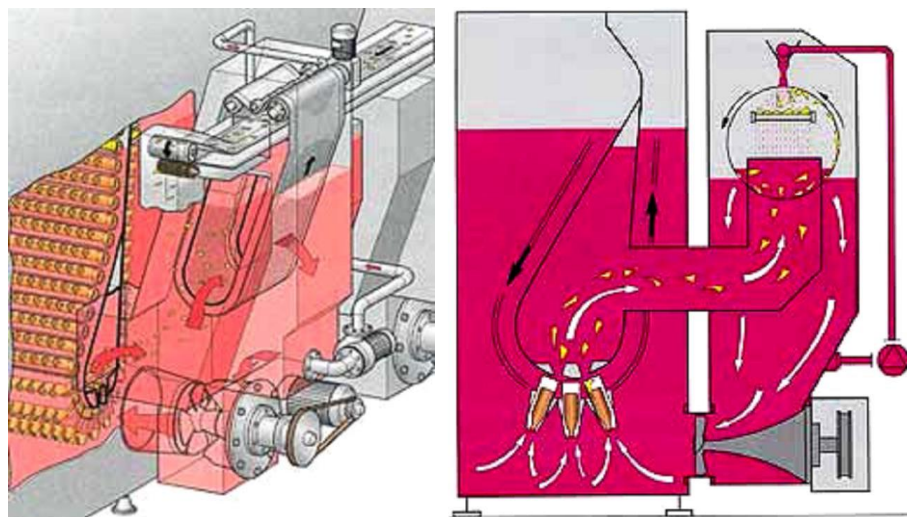


Figura 11. Sistema de Extracción de etiquetas  
Fuente: Manual lavadoras Jhon Jairo Reinoso Ramírez  
Elaborado por: Autor

## **Tanques de Lavado**

Todas las lavadoras de botellas deben tener al menos un tanque de inmersión para hidratar, suavizar y aflojar la suciedad. En las lavadoras de remojo, las botellas se limpian por el llenado, remojo y vaciado varias veces. Muchas lavadoras de remojo también tienen una o dos secciones de hidro-spray para aumentar el poder de limpieza de la máquina y acortar el tiempo de limpieza. En la sección(es) de limpieza hidrospray, un chorro cáustico de solución caliente es dirigido directamente dentro de la botella. Este chorro llega a la parte inferior de la botella con la fuerza suficiente para aflojar la suciedad que se removió en las secciones de remojo, pero todavía se encuentra adherido a la superficie del cristal de la botella. Este tipo de lavadoras tienen varios tanques de remojo. La más grande contiene seis secciones de lavado.

## **Tanques de Baja Causticidad**

Es difícil enjuagar una solución de sosa cáustica de lavado con tres secciones de enjuague, si el agua de enjuague se recircula. Por esta razón, la mayoría de las lavadoras son operadas con una sección cáustica de baja concentración. La concentración de sosa cáustica en esta sección debe mantenerse por debajo del 1%, en un rango de 0,3 a 0,8%.

Esto se logra mediante el uso de una parte del agua del desbordamiento de la sección enjuague con agua tibia para diluir continuamente la solución de lavado de arrastre de los estanques anteriores. Si no se lleva a cabo la dilución, la concentración de sosa cáustica aumenta en este tanque. El aumento de la concentración es causado por el arrastre de solución de lavado de la sección anterior.

La cantidad de arrastre es un promedio de 20 a 40 ml por botella y está más influenciado por el tamaño de las copas que por el tamaño de las botellas. Algunos

fabricantes de bebidas drenan o eliminan el contenido de este tanque una vez por turno o por día. La frecuencia para eliminar este contenido está determinada por la rapidez con que se acumula la alcalinidad.

La alcalinidad en este tanque puede ser regulada automáticamente con un controlador de conductividad. Cuando la conductividad de la solución en este tanque alcanza un valor seleccionado, el agua del desbordamiento de la sección de enjuague se puede agregar hasta que otro valor seleccionado es alcanzado.

La adición de agua de enjuague debería detenerse. Por ejemplo, con una conductividad equivalente al 0,6% de NaOH debería detener la adición de agua de enjuague de desbordamiento, y la conductividad equivalente al 0,4% de NaOH no debería adicionar agua de desborde.

El depósito de sosa de baja concentración cáustica es la última sección de las secciones de lavado de la máquina lavadora. El desbordamiento de esta sección o se descarga al drenaje, se bombea a los tanques de pre-lavado y remojo, y el descarte de estos se utiliza para el lavado de cajas. A continuación de esta sección, las botellas entran en la sección de enjuague de la lavadora.

### **Tanques de Enjuague**

La mayoría de las máquinas lavadoras de botellas tienen una sección de enjuague de tres estanques. Nuevas lavadoras pueden tener más de tres estanques de enjuague con el fin de conservar el agua.

El promedio de las máquinas lavadoras de botellas utilizan 300 a 400 ml de agua de enjuague por botella de 330 ml. Nuevas lavadoras pueden enjuagar una botella con tan solo 200 ml de agua sin problemas. Con el fin de calcular el consumo de productos



químicos de tratamiento de agua de enjuague y los costos, se debe conocer el uso exacto de agua. Esto se logra mediante la instalación de un medidor de agua en la línea de suministro de agua de enjuague.

Los tanques de enjuague están conectados y operados a manera de cascada. Toda el agua de la última sección (tanque de agua dulce) desemboca en la tercera sección (tanque de agua fría). Toda el agua de enjuague de la tercera sección desemboca en la segunda sección (tanque de enjuague con agua tibia). Toda el agua de la sección del segundo enjuague fluye a la primera sección (tanque de enjuague con agua tibia).

La sección del último enjuague con agua fresca utiliza sólo agua de una tubería de suministro que cumpla con los estándares de agua potable. Esta agua no recircula, mientras que las secciones de enjuague tercero, segundo y primer enjuague se recirculan. Las secciones de enjuague no se calientan, sin embargo, la sección del primer enjuague opera en alrededor de 45°C. Las botellas retienen el calor suficiente para elevar la temperatura del agua de enjuague del estanque por el que circulan.

Los productos químicos para desinfección y sus concentraciones permitidas en el agua de enjuague varían según las normativas de cada país. En todos los países, el enjuague final de agua dulce sólo puede contener productos químicos que se permiten en el agua potable. El funcionamiento de la sección de enjuague de una lavadora de botellas, descrito anteriormente produce los mejores resultados.

Se debe tener presente también algunas propiedades generales del agua. El agua fría a 13°C es un mal disolvente. Un aumento de la temperatura mejora sus características de disolución. Esta es una consideración importante en la sección del primer enjuague, cuando la sosa cáustica y la suciedad son arrastradas en la superficie del vidrio de las botellas. Sin embargo, el agua caliente no es conveniente para el

enjuague final, porque las botellas se secan al salir de la lavadora por medio de un soplado de aire (Flash Drying).

El secado deja un residuo de sales de agua dura en la superficie del vidrio de las botellas, ya sea como una película de color blanco o en forma de manchas antiestéticas blancas. Los residuos de agua dura pueden ingresar al interior de las botellas causando que broten cuando se llenan con bebida carbonatada (problemas de espumado – bajo nivel de llenado). Cuando las botellas húmedas salen de la lavadora a temperatura ambiente, el máximo drenaje de agua se produce antes de que las botellas se sequen con el soplado de aire.

Los tanques de enjuague deben ser vaciados y recargados cada día, cada turno, o en algún otro período regular.

### **Suciedad de las Botellas**

La condición de las botellas retornables puede variar considerablemente dependiendo de la cultura y el clima del país y la duración de almacenamiento de botellas vacías. Cómo se traten y almacenen las botellas vacías determina lo difíciles que son de limpiar. Las botellas con un tráfico normal entre el comercio y la embotelladora son las más fáciles de lavar, mientras que las botellas vacías con residuos de producto que han estado almacenadas durante los meses de verano son las más difíciles de limpiar.

Los residuos que quedan en las botellas suelen estar contaminados con microorganismos. En los climas tropicales, las botellas con residuos de producto son mucho más susceptibles al crecimiento de hongos y la contaminación con huevos de insectos y larvas que en el caso de climas templados, los residuos ordinarios de cerveza son fáciles de quitar, mientras que los hongos, los huevos y larvas de insectos, así

como los anillos de óxido de las tapas, son más difíciles y requieren el uso de aditivos especiales como refuerzo de limpieza.

## **Lavado de Botellas**

### Sosa Cáustica

Las soluciones de lavado para botellas están basadas en sosa cáustica. La sosa cáustica es un producto químico agresivo que puede reaccionar con muchos tipos de suciedad, pero no con todos. Es muy eficaz sobre la suciedad a base de proteínas.

Además, muchos otros tipos de moléculas orgánicas de suciedad se pueden convertir químicamente en compuestos que son más solubles en soluciones alcalinas fuertes.

La efectividad de la limpieza generalmente se incrementa con el aumento de la temperatura debido a que la velocidad de las reacciones químicas se duplica con cada 10°C de incremento. Dentro de ciertos límites, también una mayor concentración del producto químico se añade a la aceleración de reacciones químicas, dejando así una limpieza más rápida y eficaz. Sin embargo, con un incremento en la concentración de NaOH puede incluso atacar al vidrio lo que disminuye la vida útil de las botellas de vidrio retornables.

Las propiedades de las soluciones de sosa cáustica se aplican al lavado de botellas y son la razón de que las botellas de vidrio sean generalmente lavadas entre 75°C a 80°C. La reacción agresiva de la sosa cáustica en combinación con el aumento de las temperaturas son lo suficientemente grande como para destruir las formas de vida microbiana, y para solubilizar la suciedad orgánica y el adhesivo de la etiqueta.

La sosa cáustica también tiene muchas deficiencias en los procesos de limpieza acuosa. Reacciona con los iones de la dureza del agua para formar precipitados que no sólo son difíciles o imposibles de enjuagar en las superficies de la botella, sino que también contribuyen a incrustación.

La sosa cáustica no elimina las películas de agua dura, la incrustación o suciedades inorgánicas, ni puede reaccionar y eliminar las suciedades minerales derivadas del petróleo. Incluso con aceite vegetal puede reaccionar disminuyendo las condiciones de lavado (concentración y temperatura) para contribuir a una remoción efectiva. La penetración de una solución de sosa cáustica pura en la suciedad y las etiquetas de papel es lento debido a su pobre poder humectante y penetrante.

La limpieza es un proceso dinámico. La suciedad puede ser removida de la superficie pero también puede ser depositada de nuevo en la misma superficie, a menos que estén presentes dispensadores de suciedad en la composición de la solución de lavado. La sosa cáustica no posee ninguna propiedad dispensador de suciedad.

### **Parámetros de Lavado**

A veces, es necesario lavar botellas más de una vez para lograr la limpieza requerida y el efecto sanitario. El efecto de limpieza durante el proceso continuo de lavado de botellas se fundamenta en una combinación balanceada de 4 parámetros:

## Parámetros de Limpieza

1. Temperatura
2. Acción química (sosa + aditivos)
3. Tiempo de contacto (inmersión)
4. Acción mecánica (hidro-jets)

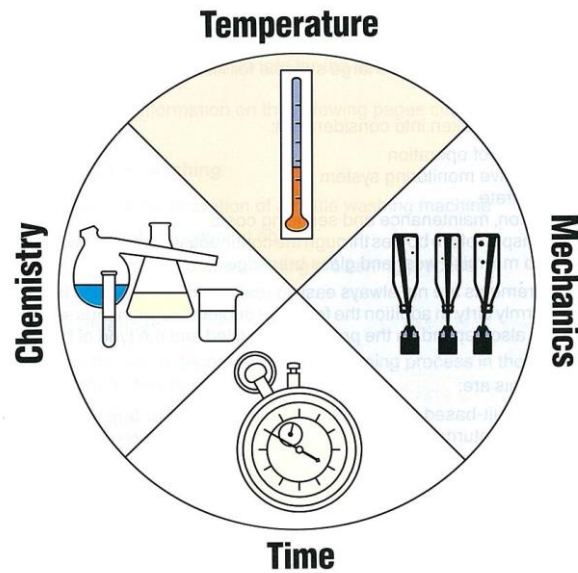


Figura 12. Parámetros de Limpieza  
Fuente. Manual lavadoras Iván Morales Marchant  
Elaborado por: Autor

El efecto de limpieza puede ser construido también al multiplicar estos parámetros individualmente. Se puede observar que para lograr el efecto deseado de limpieza, cada parámetro debe ser operativo, de lo contrario será 0.

$$E = T \times t \times M \times Q$$

Dónde:

E = Efecto de limpieza

T = Temperatura

t = Tiempo

M = Acción mecánica

Q = Acción química

## **Tiempo**

El efecto de limpieza se incrementa con el tiempo de tratamiento. El tiempo de contacto tiempo/cáustico es uno de los parámetros básicos para el diseño de la máquina lavadora de botellas, la que debe ser además diseñada para el o los tipos de envase a lavar y la velocidad de lavado (botellas/min), que debe ser 10% mayor a la velocidad de llenado.

El tiempo de contacto se define como el período de tiempo que transcurre entre la entrada al primer baño cáustico y la salida del último baño cáustico, estableciéndose como mínimo un tiempo de 7 a 10 minutos (según los indicadores de bebidas). El tiempo de contacto está directamente relacionado con la velocidad, incidiendo sobre el enjuague final. Un tiempo de contacto muy prolongado tiene efectos dañinos sobre el envase debido a que sufre un ataque químico o desgaste en su composición (vidrio o PET), acortando su vida útil.

## **Efecto Químico de Limpieza**

El agente de limpieza natural es el agua. Debido a su bajo efecto de limpieza, se deben adicionar agentes de limpieza usualmente de carácter alcalino como la sosa cáustica para las aplicaciones de lavado de botellas. El efecto de limpieza se incrementa con un aumento de concentración, pero decrece al sobrepasar un límite máximo. La concentración depende del tipo de envase (vidrio o PET) siendo la más alta para vidrio. La concentración óptima dependerá del agente de limpieza involucrado y de la naturaleza de la suciedad que se requiere retirar. En general, el

lavado de envases de vidrio requiere un rango de concentración de sosa de 2,8% a 3,5%.

### **Temperatura**

El efecto de limpieza se incrementa con la temperatura. Sin embargo, en la limpieza de las botellas retornables de vidrio hay una temperatura óptima, determinada por la suciedad y el proceso en cuestión, que se encuentra entre 75 a 80 °C. Este valor empírico es referido como temperatura límite. Con una alta temperatura la suciedad se saponificará y se hará más resistente a la penetración y separación con la solución de lavado. La temperatura de lavado está limitada por el material de la botella involucrada. Los cambios bruscos de temperatura deben ser evitados debido al riesgo de rotura o choque térmico que se produce en las botellas de vidrio lo que no debe exceder de 15 a 20°C durante la fase de calentamiento y 10°C a 15°C durante la etapa de enfriamiento.

### **Acción Mecánica**

El efecto de limpieza mecánico está determinado en un grado significativo por el diseño de la maquinaria utilizada para producir el efecto de acción mecánica. El grado de flexibilidad en el diseño de la máquina lavadora de botellas es limitado. El apéndice F de la norma DIN 8784 del lavado de botellas puede ser utilizada como una guía en la toma de decisiones durante el diseño para asegurar los requerimientos mecánicos para un buen trabajo de limpieza de los envases. El diseño mecánico se relaciona con las secciones de espray interno y externo.

El lavado óptimo de botellas está condicionado a la utilización de un tiempo de remojo y características mecánicas de diseño. Siempre es recomendable que la máquina cuente con secciones de hidro-jets de remojo lo que permite ablandar la

suciedad para facilitar la remoción en las secciones de lavado. En las áreas cáusticas es recomendable utilizar hidro-jets a presión para remover la suciedad remanente.

### **Seguimiento de las variables de lavado**

Como parte del análisis de la lavadora los puntos clave y que tienen que ver con los problemas mencionados. El objetivo es detectar problemas evidentes tales como:

### **Incrustación**

Esta se puede observar fácilmente en los capachos y copas o células. Esta tiene un color beige. Con un elemento punzante o cortante puede raspar la superficie y retirar una muestra, verificar el espesor y evaluar la concentración de ácido a utilizar en laboratorio, para realizar la desincrustación de la máquina si es necesario. En lo posible no se recomienda realizar desincrustaciones ácidas por el riesgo que esto implica para la máquina. Tal vez es más recomendable utilizar productos o aditivos con un gran poder secuestrante y quelante de manera de realizar una desincrustación gradual y segura.

### **Espuma en estanques de lavado o enjuague.**

Este problema es difícil de analizar. Es necesario ir por descarte de cada una de las variables que pueden generar el problema, de manera de permitir llegar a las probables causas. Generalmente ocurre por un descenso de nivel, lo cual causa una cavitación de la bomba de recirculación, o puede provocarse por la sosa cáustica al mezclarse con la suciedad y grasas que trae las botellas sucias.

### **Remoción de tinta de las etiquetas**

Esto se puede verificar revisando las etiquetas que salen de los extractores, comparándolas con las que están ingresando. Junto con lo anterior se puede observar



la coloración de las copas y capachos. Este problema se presenta cuando el aditivo es de mala calidad o está sobre-dosificado.

### **Contaminación orgánica de la máquina**

Se verifica con el apoyo de una linterna, observando la zona de entrada y salida de la máquina, en el caso de existir este problema se observan olores característicos.

### **Alineamiento de las toberas de pre-remojo y enjuague.**

Para esto debe apoyarse de una linterna y alumbrar en el sentido transversal (en el sentido lineal de las boquillas), observando si los chorros ingresan en la botella. Si el chorro no ingresa a la botella e impacta lateralmente, estamos ante un desalineamiento.

### **Coordinación del Enjuague Final.**

Frecuentemente ocurre que por un problema de mantención, el chorro de agua se “desfasa” y la apertura se realiza una vez que la botella ha pasado. La solución de este problema es simple pero importante porque está en riesgo la calidad de la botella lavada.

### **Taponamiento de boquillas.**

Aprovechando la observación anterior se puede revisar si hay alguna boquilla tapada. Es importante tener claro que la única parte por donde debe salir líquido es a través de las boquillas, cualquier otra parte por donde haya una salida de líquido es anormal (problemas de mantención).

**Presión insuficiente, esto también se verifica con las observaciones anteriores.**

Si es posible, trate de observar si el chorro impacta en el fondo de la botella. Si no impacta en el fondo de la botella, tenemos un problema de baja presión. Anotar la presión que indica el manómetro ubicado a la salida de la bomba de recirculación.

**Consumo de agua (ml/botella).**

Para obtener este dato, debe existir un fluxómetro en la entrada de agua de la máquina. Verificar el consumo de agua en 1 hora sin detenciones de la máquina. Anotar la cantidad de copas o células de una corrida completa y la velocidad (golpes/min). Con estos datos usted puede calcular el consumo de agua por botella.

**Arrastre.**

Realice el ejercicio visto anteriormente, utilizando la información recopilada y compárelo con el registro de consumo de sosa del cliente.

**Rotura de serpentín o calefactor de vapor, esta observación es simple.**

Se requiere para esto fenolftaleína. Sacar una muestra de condensado de cada calefactor y aplicar 1 o 2 gotas. Si la muestra se colorea rosada, significa que el serpentín está roto. Esto significa que el vapor está pasando directamente a la solución de lavado, lo cual incrementa la precipitación e incrustación de carbonatos de calcio, acidificando la solución cáustica e incrementando el consumo de sosa.

**Volumen de pérdida**

Si es posible, evalúe el volumen de pérdida de agua en el pre-remojo (m<sup>3</sup>/h) y en cualquier otro punto de la máquina. Mida la concentración de sosa y aditivo en los puntos de pérdida de la máquina. Puede ser reutilizada para un pre-remojo de las

botellas antes de ingresar a la máquina o para el lavado de cajas. Las pérdidas se pueden presentar en el pre-lavado o enjuague de la máquina.

### **Fisura de estanque.**

Valiéndose de una linterna, observe por debajo de la máquina, cualquier filtración. Si esto ocurre, debe avisar de inmediato al cliente.

### **Rechazo Inspector**

Establecer frecuencia en toma de datos de la pantalla del inspector verificar el motivo del rechazo y almacenar datos

### **Mano de obra**

El recurso humano en la lavadora de Botellas es de control para que todos los parámetros de limpieza se cumplan en los cuales están:

- Temperatura: Control del sistema automático de alimentación de energía térmica:
- Acción Mecánica: Control de presiones de bombas de los tanques de lavado y enjuague.
- Producto: garantizar la concentración de detergente de limpieza adecuado
- Tiempo: Tiempo de inmersión en cada tanque de lavado y de enjuague control y registro.

### **Factores que influyen en el desempeño del lavado de botellas**

Hay un número importante de factores que influyen en el rendimiento de las operaciones de lavado de botellas. Cada factor, ya sea solo o en combinación con los

demás, desempeña un papel importante para obtener el objetivo final de lograr botellas limpias, brillantes y estériles

### **Condiciones mecánicas de la lavadora**

Las condiciones de operación mecánica de una lavadora de botellas son un factor muy importante que regula la eficiencia del lavado de botellas y gastos de funcionamiento. Si una máquina está en malas condiciones mecánicas, el lavado de botellas disminuye la eficiencia. La pérdida de poder de limpieza suele ser compensada con un aumento en las concentraciones de químicos. Esto aumenta los costos. Para lograr un alto nivel de limpieza con bajos costos operativos, es fundamental mantener la máquina en óptimas condiciones de funcionamiento mecánico.

Como ejemplo, es muy importante que todas las boquillas de los inyectores de lavado sean del tamaño correcto, funcionamiento a la presión correcta, y que estén en la alineación adecuada. La desalineación de las boquillas en la sección de enjuague o lavado son causa suficiente para un lavado deficiente. El mantenimiento regular y periódico es esencial para asegurar una operación de lavado de botellas eficiente.

Piezas desgastadas deben ser reemplazadas. Las boquillas desbocadas producen un uso excesivo de agua, aumentando no sólo el consumo de agua y el uso de productos químicos de tratamiento de agua, sino también aumentan los costos de tratamiento de aguas residuales. El tratamiento de aguas residuales puede ser más costoso que la compra del agua potable. Si las condiciones lo ameritan, inspecciones diarias a la lavadora deben ser implementadas y cualquier tipo de mantenimiento debe ser realizado antes del comienzo de la producción.

## **Estado de las Botellas Retornables**

La cultura y el clima de un país tienen una gran influencia en la carga de suciedad que se encuentra en las botellas retornables. Estas se pueden dividir en tres categorías:

- Normal devuelta del comercio
- Botellas vacías que se almacenaron durante un período prolongado de tiempo.
- Botellas que no se puede limpiar.

Botellas muy sucias que no pueden ser lavadas durante la producción normal deberían separarse y limpiarse en condiciones especiales. Esto se puede lograr mediante el aumento de tiempo de inmersión, correr las botellas a través de la lavadora dos veces, aumentando la concentración de aditivos, o usar un aditivo especial de limpieza tales como P3-Ferisol u otro producto adecuado. Las botellas que no pueden ser limpiados deben ser identificadas y retiradas del mercado.

## **Inspector de botellas**

El inspector de botellas “Eva” es una máquina la cual detecta objetos extraños y defectos de las botellas como base, pared lateral y las envía a un reproceso, en el inspector de botellas las regresa a la lavadora par que sean nuevamente lavadas.

## **Inspección lateral**

La pared lateral exterior se refiere a la superficie exterior de un recipiente, por lo general debajo de la rosca y por encima de la base. Esta superficie exterior puede a menudo ser visiblemente rascado o desbastada, especialmente en vidrio retornable o PET. Mientras que los daños pared lateral exterior es poco probable que corrompan el producto en sí, defectos externos del envase son las indicaciones de las normas de baja calidad más evidentes para el consumidor final.

### **Inspección de base**

La base de una botella recibe la mayor cantidad de desgaste durante la vida del contenedor, y fácilmente sostiene el rayado o fichas. Una inspección minuciosa de ambos el interior y el exterior de la base de un recipiente vacío evita que los envases defectuosos y productos contaminados lleguen al mercado.

### **Inspección pared lateral interior**

La pared lateral interior de la botella se compone de todas las superficies interiores de la base hacia arriba a través del cuello. Los daños en estas superficies pueden ser difíciles de ver con el ojo humano, pero pueden crecer fácilmente molde interno o cobertizo de vidrio en el producto después de que se ha llenado

### **Inspección de roscas**

El hilo de una botella se refiere a la moldura en la parte superior del cuello, donde la tapa se puede enroscar en su lugar. Incorrectamente formado o hilo dañado puede provocar fallos de tapado, que el derrame, y producto contaminado.

También puede ser El acabado de una botella o recipiente es la superficie muy superior, donde se aplica la tapa. Para el vidrio retornables especialmente, esta superficie puede saltar fácilmente, mientras que en el mercado o durante el proceso de lavado y causar problemas con taponado y sellado adecuado. Si un acabado astillado hace que su camino de regreso hacia el mercado, los bordes afilados pueden dañar al consumidor final.

## **Inspección de líquido residual y objetos extraños**

Sin inspección adicional, de sobra cáustica y objetos (como molde, colillas de cigarrillos, o pajas) no sacudido a cabo durante el proceso de lavado puede permanecer en el interior de los envases retornables a través del material de relleno y son enviadas de vuelta al mercado.

## **Reproceso**

Todas las botellas que el inspector de botellas EBI rechace regresan por un transportador unifilar a la entrada de la lavadora para realizar nuevamente el proceso de limpieza y debe pasar nuevamente por la lavadora. Con excepciones de botellas en mal estado existe un recurso humano que al final de este transportador existe un visor que ayuda a ver si las botellas en rechazo tienen mala calidad como roturas o demasiadas antiguas, las cuales son retiradas para reciclarlas.

## **Administración de la Producción**

La administración de la producción se refiere al manejo integral de los procesos de una organización transformando materia prima en producto terminado. Pueden ser consideradas como las 5 P.

Personas, Plantas, Procesos, Partes, y sistemas de planificación y control.

- Las personas: Son el recurso humano.
- Plantas: Organizaciones o fabricas donde se realiza el bien o servicio.
- Procesos: son las se realiza una actividad o servicio donde se agrega valor al producto
- Partes: Materiales equipos y materias primas para ser modificadas en los procesos.

- Sistemas de planificación y control: Procedimientos de planeación, organización, dirección, logística, y control de actividades para generar un bien o servicio.

## **Productividad**

La productividad es básicamente la relación de la cantidad de productos obtenidos y los recursos utilizados, así como también se puede llamar productividad al tiempo utilizado en realizar un bien o servicio, si se lo hace en menor tiempo el sistema es más productivo.

Por medio de la productividad se evalúa la cantidad de producto, bien o servicio realizado con el mayor aprovechamiento de los recursos. En una compañía la productividad es esencial para aumentar rentabilidad.

## **Tecnología**

En productividad la tecnología es un factor muy importante, debido a que con ella define la capacidad instalada del proceso o la organización.

La tecnología puede ser diseñada y elegida de acuerdo a cada necesidad de cada organización, el adquirir tecnología no garantiza una buena productividad esto debe ser investigado cuantitativa y cualitativamente, para que la implementación de la tecnología no sea eficiente para cada requerimiento.

## **Costos Operacionales**

Son los **costos** de operación, son los gastos que están relacionados con la operación de un negocio, o para el funcionamiento de un dispositivo, componente, equipo o instalación.



Es el costo de los recursos utilizados por una compañía para generar un producto o servicio. Los costos de operación se dividen en dos:

- Costos fijos: Es cuando la operación está funcionando al 100% o sin producir
- Costos Variables: Son los que dependen de su producción y su productividad es decir cumplir las metas de producción con menos recursos o más recursos estos costos pueden variar.

### **Mano de Obra**

La mano de obra es la acción que realiza el recurso humano de la organización de forma física o mental para crear un bien o servicio, también es el pago que se realiza a una persona para realizar una labor o tarea requerida.

Tiene las siguientes clasificaciones:

- Mano de obra directa: la cual esta generada por los trabajadores que se contrata para realizar cierta actividad directamente vinculada con la producción.
- Mano de obra indirecta: Quienes apoyan el trabajo del área comercial y administrativo.
- Mano de obra de gestión: personal gerencial y ejecutivo de una organización.
- Mano de obra Comercial: Personas ligadas al área comercial y de construcción de la compañía.

## **Indicadores KPI**

Conocidos como los indicadores claves del éxito o indicadores de desempeño, son herramientas que ayuda a medir, analizar, tomar decisiones, y actuar si existe deficiencia de un proceso en el cual existe un objetivo.

Se diseña un KPI para observar, controlar el progreso de cierto proceso como ventas, servicio, logística, producción, servicio al cliente.

## **Hipótesis**

El proceso de lavado de botellas de la Línea 1 del área de embotellado en la planta de Cervecería Nacional ubicada en Cumbayá incide en la productividad.

## **Señalamiento de Variables:**

Variable independiente: Proceso de lavado de botellas

Variable Dependiente: Productividad

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **Enfoque de la investigación**

##### **Cualitativo**

El tipo de enfoque cualitativo está basado en las características del equipo actual, sus características, parámetros de limpieza de uno y otro formato, su velocidad de producción, experiencias del personal de operación para poder demostrar la hipótesis.

##### **Cuantitativo**

El enfoque en que se realizará es la toma de mediciones de información veraz y contundente, donde se registren los datos de producción y el rechazo por parte del inspector de botellas, que permita cuantificar la producción de los formatos que en la línea se tiene.

#### **Modalidad de la Investigación**

##### **Bibliográfica**

Para la investigación es necesario tener conocimientos del proceso de lavado de botellas, las herramientas utilizadas para este análisis son internet, libros, manuales,

catálogos, artículos de casos similares que existen en la región, entre otros. Para que la investigación sea sustentada.

### **De Campo**

Este trabajo está directamente relacionado a la productividad del área de embotellado de la planta de Cervecería Nacional, la investigación será en dicha planta en la que se obtendrá todos los datos de productividad y todo lo comprendido en el proceso de lavado de botellas, verificación de los parámetros claves en la lavadora de botellas, para determinar la hipótesis

### **Experimental**

En la actualidad existen máquinas lavadoras de botellas con mucha tecnología, que junto con los parámetros adecuados de la limpieza tienen una gran eficiencia de limpieza y lavado. Confirmar en la investigación que la máquina lavadora de la Línea 1 en la planta de Cervecería Nacional cumpla con las características necesarias para el buen desempeño de la limpieza.

### **Niveles o tipos de Investigación**

#### **Exploratoria**

En el campo se evaluará los parámetros en la limpieza dentro de la máquina de lavado de botellas, describir los pasos que una botella sucia debe cumplir para ser lavada y lista para el envasado de nuevo producto.

Los resultados de esta investigación mostrará la falta de limpieza en las botellas, y las causas que el equipo tiene estos estudios exploratorios ayudarán comprender y entender el sistema de lavado de botellas sucias y cuanto influye en su productividad.

### **Descriptiva**

Correlacionar los estudios realizados entre las variables dependiente e independiente, en este caso cuanto influye el no tener un proceso de lavado de botellas adecuado y en la productividad, el método de investigación descriptiva describe detalla una falla en un proceso y cómo influye en el otro.

### **Asociación de Variables**

El presente trabajo de investigación está basado en la relación que tiene la variable dependiente y la variable independiente y la influencia de una sobre la otra, en el efecto o resultado, se realizará un histograma que permita identificar cuan dependiente es esta variable del proceso de lavado de botellas de vidrio.

### **Población o Muestra**

Para determinar la cantidad de datos en la investigación y evaluar posteriormente, se tiene datos históricos de respaldo los cuales son la producción de botellas por día y con el rechazo que la línea tiene en ese mismo día.

En el año 2016 la línea tuvo una parada prolongada que fue desde el mes de marzo del 2016 hasta octubre del 2016, esto por falta de un repuesto en la llenadora y por una mala planificación de mantenimiento este repuesto demoró en su construcción y en su trasladado a la línea de producción.

Por lo que se recolectará datos de producción desde el mes de octubre del 2016 hasta el 1 de julio del 2017, en este periodo de tiempo se produjo 147 días que es la población.

Para verificar lo mencionado y el grado de credibilidad que se concederá a los resultados y poder definir la muestra se considera la fórmula establecida cuando el universo es finito, es decir contable y la variable de tipo categórica.

$$n = \frac{p * q * N * k^2}{(e^2 * (N - 1) + k^2 * p * q)}$$

Dónde:

**N:** es el tamaño de la población

**k:** es una constante que depende del nivel de confianza que asignemos.

Tabla 3. Valores K y sus niveles de confianza

K	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

Fuente: <https://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calculador.html>

Elaborado por: Autor

**e:** es el error muestral deseado.

**p:** es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es generalmente desconocido y se suele suponer que  $p=q=0.5$  que es la opción más segura.

**q:** es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir, es  $1-p$ .

**n:** es el tamaño de la muestra (número de días de producción que se va a tomar).

Para aplicar la fórmula, se dice que:

$N = 147$  días de producción

$k = 1,96$  (nivel de confianza del 90%)

$e = 3\%$

$p$  y  $q = 0,5$

$$n = \frac{p * q * N * k^2}{(e^2 * (N - 1) + k^2 * p * q)}$$

$$n = \frac{(0,5) * (0,5) * 147 * (1,96)^2}{((3\%)^2 * (147 - 1) + ((1,96)^2 * (0,5) * (0,5)))}$$

$$n = \frac{141,178}{1,092}$$

$$n = 129,201$$

$$\mathbf{n = 129}$$

Se puede concluir entonces, que las observaciones realizadas para el presente estudio deben de realizarse a 129 días de producción frente a 147 días de producción que tuvo en el período de octubre del 2016 a julio del 2017 en el proceso de producción, con el fin de que el margen de error sea mínimo y el grado de confiabilidad sea el más aproximado a la realidad.

## Operacionalización de las Variables

### Variable Independiente: Proceso de lavado de botellas

Tabla 4. Matriz de operacionalización de la variable independiente

Conceptualización	Dimensión	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
El lavado de Botellas: es un proceso de limpieza y desinfección de botellas sucias retornables para un envase de producto nuevo, utilizando una máquina de lavado industrial en las que se pueda mantener velocidades de producción altas	Calidad de limpieza	Porcentaje de Rechazo/día	¿Cuál es la velocidad de lavado? (golpes por minuto) ¿Considera que el tiempo de lavado el óptimo? ¿Cuál es el rango de rechazo por el inspector de botellas ideal?	Verificación el índice de rechazo por el inspector Registros de producción

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: Autor

Para esta tabla el factor más importante en esta variable es la calidad de limpieza de la botella se analizará los parámetros claves de la limpieza.



**Variable Independiente: Productividad del área de Embotellado**

Tabla 5. Matriz de Operacionalización de la variable dependiente.

Conceptualización	Dimensión	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
Productividad: es la cantidad de productos obtenidos utilizando los recursos necesarios, en este trabajo de investigación la cantidad de docenas envasadas en un determinado tiempo es un punto clave de productividad	Productividad	Botellas producidas/costo de producción	<p>¿Cuántas botellas son envasadas en un día de producción?</p> <p>¿Cuántos recursos se utilizaron en un día de producción?</p> <p>¿Considera usted que la producción diaria satisface la demanda existente?</p>	<p>Observación.</p> <p>Medición.</p> <p>Registros de producción.</p> <p>Registros de consumos.</p>

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá

Elaborado por: Autor

En esta tabla de la variable dependiente son analizados los factores medibles, y es la cantidad de botellas envasadas en un determinado tiempo botellas/día y cuantos recursos son utilizados para esta producción.

## **Recolección de información**

La toma de datos se realizará en el campo es decir en la lavadora de botellas de Línea 1 del área de embotellado de la Cervecería Nacional ubicada en Cumbayá. Se analizarán los parámetros claves en la limpieza de botellas, estos parámetros son tiempo, concentración de químico, acción mecánica, temperatura. Para posteriormente analizar las deficiencias que el proceso de lavado de botellas tiene.

Los datos se obtendrán de los registros de producción, en los que se encuentran los valores de botellas producidas, rechazo del inspector, y costos de producción por cada día de producción, desde el mes de octubre 2016 al mes de junio al 2017, que es el último período en el cual la línea tuvo producción porque antes de eso la línea estuvo parada por más de 6 meses debido a un problema por la falta de un repuesto en el pasteurizador flash. En este período de tiempo existieron 147 días de producción, y con el cálculo de la población se tomarán 129 días de producción para el cálculo de la regresión lineal.

En la siguiente Tabla se observará el tiempo previsto para las actividades en la toma de datos, análisis del proceso de embotellado, observaciones de los parámetros de limpieza.

Se utiliza el diagrama de Gantt para representar de una mejor manera las actividades que se desarrollarán en el siguiente trabajo de investigación.

Tabla 6. Actividades para la toma de datos análisis e interpretación

Nombre de la tarea	Fecha de inicio	Fecha final	Duración (días)
Observar el proceso de lavado de botellas	1/1/2017	1/8/2017	212
Comprender el proceso de lavado de botellas	1/6/2017	1/8/2017	61
Recolectar la información de los registros de producción (datos)	1/10/2016	1/7/2017	273
Tabular los datos de la variable dependiente e independiente	5/7/2017	4/8/2017	95
Observar las características de la lavadora de botellas	20/7/2017	18/9/2017	60
Parámetros de la lavadora en formato Pilsener	1/5/2017	10/7/2017	70
Parámetros de la lavadora en formato Light	1/5/2017	10/7/2017	70
Equipos complementarios inspector de botellas	8/5/2017	18/5/2017	10
Análisis de Datos con correlación de variables	24/6/2017	5/9/2017	73
Análisis de las deficiencias en el formato Light	22/7/2017	6/8/2017	15
Análisis del Modo y efecto de falla AMEF	6/8/2017	26/8/2017	20
Evaluar alternativas de mejora	6/8/2017	5/9/2017	30

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: Autor

Con la Tabla 6 se representa en la siguiente figura las actividades a realizarse en la toma de datos, análisis e interpretación de resultados, análisis de los parámetros de limpieza de la lavadora y la incidencia en la productividad. Por medio de una herramienta grafica la cual es el diagrama de Gantt que permite visualizar la planificación de las tareas a desarrollarse.

## Diagrama de Gantt del análisis e interpretación de Resultados y situación actual



Figura 13. Diagrama de Gantt del análisis e interpretación de Resultados y situación actual

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Autor

### Procesamiento y Análisis

Con los datos que serán obtenidos se generará una estadística entre el proceso de producción y la productividad cuales son las variables dependiente e independiente del trabajo de investigación, que serán evidenciados en una hoja de cálculo de Excel. El diagrama de Pearson mostrará la correlación que existe entre las variables dependiente e independiente, toda la información adquirida será tabulada y archivada para los archivos de la empresa

En el análisis de los parámetros de la limpieza se estructurará con una herramienta industrial (análisis del modo y efectos de fallas) del tiempo que el proceso de lavado de botellas y la velocidad del equipo porque en el formato de Pilsener normal es de 58.080 botellas/hora pero en el formato de Pilsener Light es de 44.880 botellas/hora. Lo cual permitirá luego generar una hipótesis clara y concisa

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y SITUACIÓN**

#### **ACTUAL**

Para el análisis de resultados se toma los datos de producción desde el mes de octubre 2016 al mes de junio 2017 de los registros de producción, de porcentaje de rechazo, producción y productividad. Para posteriormente seleccionar los 129 datos de la población de la muestra en días de producción y realizar un análisis del coeficiente de Pearson y verificar la correlación que tienen las variables dependiente e independiente.

Normalmente la Línea 1 tiene producciones solamente de Pilsener (ámbar de 600 cc) pero a partir del mes de marzo en esta línea se programan producciones de Pilsener Light (transparente de 550 cc). Y debido a esto surge el problema en la línea por problemas en el proceso de lavado y baja de producción de un formato a otro.

La producción de Pilsener Light en la línea 1 es a partir del mes de marzo del 2017 va a ser mucho más seguida por la tendencia que ésta va marcando en este producto, incluso por los proyectos que la planta tiene en producir nuevos formatos y la producción de Pilsener Light pasará a Línea 1.

Los datos de producción, costos de producción y el rechazo son tomados de los registros de producción

Tabla 7. Productividad mes de Octubre 2016

Octubre	Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
10 de octubre 2016	432.987,11	6,10%	Pilsener	\$ 4.726,68	91,605
11 de octubre 2016	848.301,23	3,43%	Pilsener	\$ 5.435,68	156,062
17 de octubre 2016	550.740,63	5,31%	Pilsener	\$ 3.781,34	145,647
18 de octubre 2016	791.325,36	4,20%	Pilsener	\$ 5.672,02	139,514
19 de octubre 2016	732.240,00	4,23%	Pilsener	\$ 5.435,68	134,710
20 de octubre 2016	736.444,01	4,61%	Pilsener	\$ 5.435,68	135,483
25 de octubre 2016	23.508,88	3,54%	Pilsener	\$ 3.781,34	6,217
26 de octubre 2016	952.341,12	2,27%	Pilsener	\$ 5.435,68	175,202
Sumatoria	<b>8 5.067.888,33</b>	<b>4,21%</b>	<b>Pilsener</b>	<b>\$ 39.704,12</b>	<b>127,641</b>

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

Los datos proporcionados por la planta fueron desde el 10 de Octubre del 2016, debido a que antes de esta fecha esta línea se encontraba en un mantenimiento completo, inicia operaciones después de 6 meses de para. Con una productividad de 127,64 botellas lavadas /1\$.

Tabla 8. Productividad mes de Noviembre 2016

Noviembre	Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
4 de noviembre 2016	477.395,33	6,50%	Pilsener	\$ 3.781,34	126,250
5 de noviembre 2016	736.038,00	3,87%	Pilsener	\$ 5.435,68	135,409
7 de noviembre 2016	531.094,29	6,12%	Pilsener	\$ 4.254,01	124,845
8 de noviembre 2016	915.813,47	2,14%	Pilsener	\$ 5.435,68	168,482
9 de noviembre 2016	844.404,12	3,65%	Pilsener	\$ 5.435,68	155,345
10 de noviembre 2016	880.443,72	3,02%	Pilsener	\$ 5.435,68	161,975
11 de noviembre 2016	956.444,40	2,08%	Pilsener	\$ 5.435,68	175,957
21 de noviembre 2016	504.784,85	5,84%	Pilsener	\$ 3.781,34	133,493
22 de noviembre 2016	924.040,08	2,05%	Pilsener	\$ 5.199,35	177,722
23 de noviembre 2016	888.040,80	3,05%	Pilsener	\$ 5.435,68	163,372
24 de noviembre 2016	916.416,00	2,01%	Pilsener	\$ 5.435,68	168,593
25 de noviembre 2016	807.951,60	3,12%	Pilsener	\$ 5.435,68	148,638
28 de noviembre 2016	455.557,32	5,32%	Pilsener	\$ 4.254,01	107,089
29 de noviembre 2016	844.387,20	3,56%	Pilsener	\$ 5.435,68	155,342
30 de noviembre 2016	807.916,68	3,88%	Pilsener	\$ 5.435,68	148,632
Sumatoria	<b>15 11.490.727,87</b>	<b>3,75%</b>	<b>Pilsener</b>	<b>\$ 75.626,89</b>	<b>151,940</b>

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

La producción en este mes aumenta debido a que se inicia temporada pico por fiestas, y la necesidad de la planta de producir en las dos líneas que la planta tiene, para cumplir las metas de producción. En este mes la productividad es de 151,94 botellas lavadas /1\$ que es mayor al mes de octubre.

Tabla 9. Productividad de Diciembre 2016

Diciembre	Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
1 de diciembre 2016	568.368,00	7,84%	Pilsener	\$ 4.254,01	133,608
2 de diciembre 2016	955.980,00	2,13%	Pilsener	\$ 5.199,35	183,865
3 de diciembre 2016	452.440,80	5,76%	Pilsener	\$ 5.435,68	83,235
5 de diciembre 2016	470.876,45	3,60%	Pilsener	\$ 5.435,68	86,627
6 de diciembre 2016	924.440,40	2,32%	Pilsener	\$ 5.199,35	177,799
7 de diciembre 2016	888.401,88	2,98%	Pilsener	\$ 5.435,68	163,439
8 de diciembre 2016	843.564,60	3,13%	Pilsener	\$ 5.435,68	155,190
13 de diciembre 2016	303.810,87	5,14%	Pilsener	\$ 2.363,34	128,551
14 de diciembre 2016	952.488,00	2,53%	Pilsener	\$ 5.199,35	183,194
15 de diciembre 2016	916.840,80	2,87%	Pilsener	\$ 5.199,35	176,338
16 de diciembre 2016	951.156,00	2,11%	Pilsener	\$ 5.199,35	182,938
17 de diciembre 2016	407.916,00	5,34%	Pilsener	\$ 5.435,68	75,044
19 de diciembre 2016	384.013,19	5,84%	Pilsener	\$ 3.781,34	101,555
20 de diciembre 2016	924.807,31	2,76%	Pilsener	\$ 5.435,68	170,136
21 de diciembre 2016	940.448,16	2,86%	Pilsener	\$ 5.199,35	180,878
22 de diciembre 2016	667.548,00	6,67%	Pilsener	\$ 5.435,68	122,808
23 de diciembre 2016	842.400,00	3,86%	Pilsener	\$ 5.435,68	154,976
26 de diciembre 2016	689.896,85	5,23%	Pilsener	\$ 4.726,68	145,958
27 de diciembre 2016	768.444,12	6,32%	Pilsener	\$ 5.435,68	141,370
28 de diciembre 2016	808.441,56	4,58%	Pilsener	\$ 5.435,68	148,729
29 de diciembre 2016	975.960,00	2,00%	Pilsener	\$ 4.963,01	196,647
30 de diciembre 2016	667.720,80	7,82%	Pilsener	\$ 5.672,02	117,722
Sumatoria	<b>22 16.305.963,80</b>	<b>4,26%</b>	<b>Pilsener</b>	<b>\$ 111.313,33</b>	<b>146,487</b>

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

El mes de diciembre como es de costumbre la producción de Cerveza es mayor a cualquier mes por todas las fiestas que existen a nivel nacional e internacional.

Llegando a producir más de 16 millos de botellas en el mes se tiene una productividad de 146,48 botellas lavadas /1\$

Tabla 10. Productividad mes de Enero 2017

Enero	Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
3 de enero 2017	718.276,80	4,21%	Pilsener	\$ 4.963,01	144,726
4 de enero 2017	931.543,20	2,21%	Pilsener	\$ 5.435,68	171,376
10 de enero 2017	586.471,32	5,57%	Pilsener	\$ 4.726,68	124,077
11 de enero 2017	844.200,00	3,67%	Pilsener	\$ 5.435,68	155,307
12 de enero 2017	951.160,68	2,54%	Pilsener	\$ 5.199,35	182,938
16 de enero 2017	915.228,00	3,04%	Pilsener	\$ 5.199,35	176,027
17 de enero 2017	614.288,27	6,64%	Pilsener	\$ 5.199,35	118,147
18 de enero 2017	917.804,24	2,59%	Pilsener	\$ 5.199,35	176,523
19 de enero 2017	884.403,55	3,79%	Pilsener	\$ 5.435,68	162,703
23 de enero 2017	848.955,60	3,21%	Pilsener	\$ 5.435,68	156,182
24 de enero 2017	699.107,32	6,32%	Pilsener	\$ 5.435,68	128,614
25 de enero 2017	884.348,28	3,56%	Pilsener	\$ 5.435,68	162,693
26 de enero 2017	924.631,20	2,55%	Pilsener	\$ 5.199,35	177,836
27 de enero 2017	951.235,20	2,36%	Pilsener	\$ 4.963,01	191,665
28 de enero 2017	911.628,00	2,38%	Pilsener	\$ 5.199,35	175,335
30 de enero 2017	723.851,36	5,17%	Pilsener	\$ 5.672,02	127,618
31 de enero 2017	844.444,08	3,97%	Pilsener	\$ 5.435,68	155,352
Sumatoria	<b>17 14.151.577,11</b>	<b>3,75%</b>	<b>Pilsener</b>	<b>\$ 89.570,60</b>	<b>157,994</b>

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

La época pico como la llama Cervecería Nacional continua hasta las fechas de carnaval y continua una producción alta el mes de enero no es la excepción, y la productividad de este mes rebasa la productividad del mes de noviembre con 157,99 botellas lavadas / 1\$, al tener producciones de un solo formato las producciones son más estables con esto mejora la sincronización que existe en el proceso de envasado. Esta producción es alta para mantener stock para ventas en carnaval del mes de febrero



Tabla 11. Productividad mes de Febrero 2017

Febrero	Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
1 de febrero 2017	462.592,00	6,83%	Pilsener	\$ 5.435,68	85,103
2 de febrero 2017	911.566,80	2,34%	Pilsener	\$ 5.199,35	175,323
6 de febrero 2017	450.154,67	5,32%	Pilsener	\$ 4.726,68	95,237
7 de febrero 2017	951.228,00	2,03%	Pilsener	\$ 5.199,35	182,951
8 de febrero 2017	915.228,00	3,05%	Pilsener	\$ 5.199,35	176,027
9 de febrero 2017	888.426,00	3,52%	Pilsener	\$ 5.435,68	163,443
10 de febrero 2017	772.380,00	5,82%	Pilsener	\$ 5.435,68	142,094
13 de febrero 2017	520.351,93	4,21%	Pilsener	\$ 4.963,01	104,846
14 de febrero 2017	884.282,40	3,05%	Pilsener	\$ 5.435,68	162,681
15 de febrero 2017	844.282,80	5,62%	Pilsener	\$ 5.435,68	155,322
16 de febrero 2017	700.441,20	5,49%	Pilsener	\$ 4.963,01	141,132
17 de febrero 2017	444.350,25	6,87%	Pilsener	\$ 5.435,68	81,747
21 de febrero 2017	911.628,00	3,10%	Pilsener	\$ 5.199,35	175,335
22 de febrero 2017	844.424,28	5,23%	Pilsener	\$ 5.435,68	155,348
23 de febrero 2017	804.690,00	4,53%	Pilsener	\$ 5.435,68	148,038
24 de febrero 2017	932.389,20	2,41%	Pilsener	\$ 5.199,35	179,328
25 de febrero 2017	408.801,60	5,32%	Pilsener	\$ 5.435,68	75,207
27 de febrero 2017	353.745,51	3,53%	Pilsener	\$ 4.254,01	83,156
28 de febrero 2017	768.480,23	5,76%	Pilsener	\$ 5.435,68	141,377
Sumatoria	<b>19 13.769.442,87</b>	<b>4,50%</b>	<b>Pilsener</b>	<b>\$ 99.260,29</b>	<b>138,721</b>

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

El mes de febrero es el último mes de época pico porque el festivo de la temporada es el de carnaval en el que el consumo de cerveza aumenta en el país. Se produjeron 19 días llegando a producir cerca de 14 millones de botellas. Con una productividad disminuida frente al mes anterior con 138,72 botellas lavadas / 1\$.

Los datos de producción y rechazo son bastante buenos sin embargo en este mes los otros equipos que conforman el área de embotellado fallaron en este caso se trabajó con una sola etiquetadora a una velocidad de 30000 botellas por hora esto ocurrió en los días 25, 26, 27 de este mes.

Tabla 12. Productividad mes de Marzo 2017

Marzo	Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
1 de marzo 2017	912.276,00	3,14%	Pilsener	\$ 5.199,35	175,460
2 de marzo 2017	564.681,60	5,93%	Pilsener	\$ 5.435,68	103,884
6 de marzo 2017	467.935,55	4,21%	Pilsener	\$ 2.363,34	197,998
7 de marzo 2017	956.520,00	2,60%	Pilsener	\$ 5.199,35	183,969
8 de marzo 2017	947.196,00	2,32%	Pilsener	\$ 5.199,35	182,176
9 de marzo 2017	884.818,80	3,25%	Pilsener	\$ 5.435,68	162,780
16 de marzo 2017	180.255,13	5,76%	Pilsener	\$ 1.890,67	95,339
17 de marzo 2017	935.512,20	2,42%	Pilsener	\$ 5.199,35	179,929
18 de marzo 2017	772.416,00	6,99%	Pilsener	\$ 5.435,68	142,101
20 de marzo 2017	46.650,00	8,45%	Light	\$ 5.435,68	8,582
27 de marzo 2017	172.102,72	6,56%	Pilsener	\$ 3.781,34	45,514
28 de marzo 2017	951.231,60	2,03%	Pilsener	\$ 5.199,35	182,952
29 de marzo 2017	604.423,44	8,40%	Light	\$ 5.435,68	111,195
30 de marzo 2017	564.276,24	9,43%	Light	\$ 5.435,68	103,810
Sumatoria	<b>14 8.960.295,28</b>	<b>5,11%</b>	<b>Varios</b>	<b>\$ 66.646,20</b>	<b>134,446</b>

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

En el mes de marzo del 2017 la planificación de producción de esta línea empieza a disminuir dando tiempo para mantenimientos y limpiezas de los equipos, adicional la planta planifica realizar el formato de Pilsener Light 550 cc en Línea 1 debido a un proyecto de un nuevo formato y su línea 2 necesita hacer unos cambios de maquinaria, por lo que la producción del formato Light se carga a en Línea 1.

Las velocidades de la lavadora en Pilsener Light bajan considerablemente.

En este mes solamente se producen 3 días del formato Light y la productividad baja a 134,44 botellas lavadas / 1\$. Como se puede ver en la Tabla 12 los rechazos en este formato aumentan hasta 9,43% de índice de rechazo en un día.

Tabla 13. Productividad mes de Abril 2017

Abril	Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
3 de Abril 2017	383.245,20	8,52%	Light	\$ 5.199,35	73,710
4 de Abril 2017	552.754,80	9,73%	Light	\$ 5.435,68	101,690
10 de abril2017	150.650,40	9,42%	Light	\$ 5.435,68	27,715
11 de abril2017	892.314,00	3,79%	Pilsener	\$ 5.199,35	171,620
12 de abril2017	844.275,60	3,76%	Pilsener	\$ 5.435,68	155,321
17 de abril 2017	523.134,00	5,32%	Pilsener	\$ 4.726,68	110,677
18 de abril 2017	947.232,00	2,30%	Pilsener	\$ 5.199,35	182,183
19 de abril 2017	884.664,00	3,21%	Pilsener	\$ 5.435,68	162,751
20 de abril 2017	767.520,00	6,43%	Pilsener	\$ 5.435,68	141,200
24 de abril 2017	844.121,79	3,32%	Pilsener	\$ 5.435,68	155,293
25 de abril 2017	948.356,64	2,64%	Pilsener	\$ 5.199,35	182,399
26 de abril 2017	908.492,04	2,87%	Pilsener	\$ 5.199,35	174,732
27 de abril 2017	935.915,40	2,75%	Pilsener	\$ 5.199,35	180,006
28 de abril 2017	484.480,80	5,32%	Pilsener	\$ 5.435,68	89,130
Sumatoria	<b>14 10.067.156,67</b>	<b>4,96%</b>	<b>Varios</b>	<b>\$ 73.972,55</b>	<b>136,093</b>

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

En el mes de abril la producción de Pilsener Light continua con muchas dificultades debido al arrastre de etiquetas teniendo rechazos por parte del inspector de casi el 10% de botellas, y la producción disminuye considerablemente a la tendencia ya marcada con el formato de Pilsener.

En el formato Pilsener había producciones de más de 900 mil botellas y con el formato Pilsener Light la producción más alta es de 552 mil botellas.

En todo el mes de la productividad baja exclusivamente por los 3 días de producción de Light a 136,09 botellas lavadas / 1\$.

Si el cálculo de productividad se lo realiza sin estos 3 días de producción de Light la productividad aumente a 155,09 botellas lavadas / 1\$. Se adjunta los cálculos.

Tabla 14. Productividad del mes de abril solo Pilsener

Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
8.980.506,27	3,79%	Varios	\$ 57.901,84	<b>155,099</b>

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

Tabla 15. Productividad mes de Mayo 2017

Mayo	Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
1 de Mayo 2017	860.055,41	3,87%	Pilsener	\$ 5.435,68	158,224
2 de Mayo 2017	914.884,92	2,30%	Pilsener	\$ 5.199,35	175,961
3 de Mayo 2017	964.676,34	2,15%	Pilsener	\$ 5.199,35	185,538
8 de Mayo 2017	706.172,67	5,03%	Pilsener	\$ 4.726,68	149,401
9 de Mayo 2017	955.224,00	2,20%	Pilsener	\$ 5.199,35	183,720
10 de Mayo 2017	204.120,00	7,32%	Pilsener	\$ 5.435,68	37,552
15 de Mayo 2017	354.218,67	4,67%	Pilsener	\$ 4.254,01	83,267
16 de Mayo 2017	932.832,00	2,54%	Pilsener	\$ 5.199,35	179,413
17 de Mayo 2017	944.316,00	2,11%	Pilsener	\$ 5.199,35	181,622
22 de Mayo 2017	261.147,07	10,52%	Light	\$ 5.435,68	48,043
23 de Mayo 2017	486.720,00	9,52%	Light	\$ 5.435,68	89,542
24 de Mayo 2017	446.871,60	8,35%	Light	\$ 5.435,68	82,211
25 de Mayo 2017	886.428,00	3,21%	Pilsener	\$ 5.435,68	163,076
29 de Mayo 2017	732.237,58	5,43%	Pilsener	\$ 4.254,01	172,129
30 de Mayo 2017	928.412,42	2,38%	Pilsener	\$ 5.199,35	178,563
Sumatoria	<b>15 10.578.316,67</b>	<b>4,77%</b>	<b>Varios</b>	<b>\$ 77.044,89</b>	<b>137,301</b>

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

De a poco las corridas del formato de Light en Línea 1 son más frecuentes, El mes de junio ya inicia oficialmente la parada de línea 2 por lo que se carga la producción del formato de Light a Línea 1.

En este mes se produjo más de 10 millones de botellas entre ambos formatos, sin embargo el rechazo del formato Light aumenta a 10,52% de botellas mal lavadas disminuyendo la productividad a 137,3 botellas lavadas / 1\$. Con solamente 15 días de producción.

Este es el último mes en que la producción de Pilsener Light estaba en Línea 2 después del siguiente mes la producción de Pilsener Light pasa oficialmente a Línea 1, y esta línea pasará a producir estos dos formatos.

Tabla 16. Productividad mes de Junio 2017

Junio	Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
5 de junio 2017	831.854,67	3,79%	Pilsener	\$ 5.435,68	153,036
6 de junio 2017	877.428,00	3,54%	Pilsener	\$ 5.435,68	161,420
7 de junio 2017	930.834,00	2,25%	Pilsener	\$ 5.199,35	179,029
8 de junio 2017	948.420,00	2,05%	Pilsener	\$ 5.199,35	182,411
9 de junio 2017	188.280,00	6,31%	Pilsener	\$ 3.781,34	49,792
12 de junio 2017	742.164,73	5,05%	Pilsener	\$ 5.435,68	136,536
13 de junio 2017	931.442,40	2,84%	Pilsener	\$ 5.199,35	179,146
14 de junio 2017	624.420,00	8,42%	Light	\$ 5.435,68	114,874
15 de junio 2017	608.040,00	8,52%	Light	\$ 5.435,68	111,861
16 de junio 2017	907.648,20	2,19%	Pilsener	\$ 5.435,68	166,980
17 de junio 2017	472.428,00	7,32%	Pilsener	\$ 5.435,68	86,912
19 de junio 2017	933.076,11	2,23%	Pilsener	\$ 5.199,35	179,460
20 de junio 2017	908.448,12	2,66%	Pilsener	\$ 5.199,35	174,723
21 de junio 2017	588.456,00	9,32%	Light	\$ 5.435,68	108,258
22 de junio 2017	564.480,00	9,63%	Light	\$ 5.435,68	103,847
23 de junio 2017	951.564,24	2,25%	Pilsener	\$ 5.199,35	183,016
24 de junio 2017	911.707,20	2,64%	Pilsener	\$ 5.199,35	175,350
26 de junio 2017	917.091,83	2,86%	Pilsener	\$ 5.199,35	176,386
27 de junio 2017	923.148,00	3,15%	Pilsener	\$ 5.199,35	177,551
28 de junio 2017	954.828,00	2,64%	Pilsener	\$ 5.199,35	183,644
29 de junio 2017	911.268,00	2,41%	Pilsener	\$ 5.199,35	175,266
30 de junio 2017	486.828,00	8,73%	Light	\$ 5.435,68	89,562
1 de julio 2017	564.408,00	14,53%	Light	\$ 5.435,68	103,834
<b>Sumatoria</b>	<b>23 17.678.263,50</b>	<b>5,01%</b>	<b>Varios</b>	<b>\$ 120.766,69</b>	<b>146,384</b>

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

La parada de Línea 2 inicia la segunda semana del mes de Junio, esto provoca que la producción de la planta recaiga sobre Línea 1. Los formatos de producción ya cargados en esta línea de producción es de Pilsener 600 cc ámbar y Pilsener Light 550cc.

Entre estos dos Formatos se producen 23 días producción llegando a producir más de 17 millones de botellas, con varios días de producción de Light y su productividad de 146,38 botellas lavadas /1\$.

Se realiza el ejercicio de productividad sin los días en que se produjo Light y se tiene los siguientes resultados reflejados en la Tabla 17.

Tabla 17. Productividad del mes de Junio solo con formato de Pilsener

Producción en botellas	Rechazo	Formato	Costos de Producción (\$)	Productividad Botellas/costo
14.241.631,50	3,30%	Varios	\$ 88.152,59	<b>161,557</b>

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

Como se puede ver sin el formato de Pilsener Light la productividad aumenta en el mes junio aumenta de 146,38 a 161,55 botellas lavadas / 1\$.

Se tomó la productividad más baja de Light siendo el mes de marzo con 134,446 con la productividad más alta siendo la del mes de enero con 157,994, se obtuvo el porcentaje dividiendo estas productividades, por lo tanto la productividad obtenida disminuye un 14,91% de productividad al producir el formato Light

### Verificación de la hipótesis

#### Formato Pilsener

Para realizar una distribución de clase y a su vez graficar un histograma con polígono de frecuencias y determinar el coeficiente de asimetría de Pearson se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 18. Datos para histograma Pilsener

N	129
X	848301
Min	23509
Max	975960

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

De donde:

N: número de muestras

X: promedio de todas la botellas de producción

Min: de botellas producidas

Max: de botellas producidas

Se determinó el número de clase con la fórmula de Sturges:

$$\# \text{ de clase} = 1 + 3,32 \log(N) \quad (1)$$

$$\# \text{ de clase} = 1 + 3,32 \log(129)$$

$$\# \text{ de clase} = 8,061 \sim 8$$

Se determinó el ancho de la clase

C= ancho de clase

$$c = \frac{\text{rango}}{\# \text{ de clase}}$$

$$c = \frac{\text{Max} - \text{Min}}{\# \text{ de clase}}$$

$$c = \frac{975960 - 23509}{8}$$

$$c = 119056,3 \sim 119056$$

$$c = 119056$$

Se realizó una tabla de distribución de frecuencias

Tabla 19. Distribución de Frecuencias Pilsener

clase		F. A.	F. A. A	Fr. Relativa %	Mi
23509	142565	1	1	0,75%	83037
142565	261621	4	5	2,99%	202093
261621	380677	3	8	2,24%	321149
380677	499733	13	21	9,70%	440205
499733	618789	9	30	6,72%	559261
618789	737845	12	42	8,96%	678317
737845	856901	26	68	19,40%	797373
856901	975957	65	133	48,51%	916429
975957	1095013	1	134	0,75%	1035485

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: autor

Dónde:

F.A= frecuencia absoluta

F.A.A= frecuencia absoluta acumulada

Fr. Relativa= frecuencia relativa

$$Fr. Relativa \% = \frac{f.a}{N} * 100\%$$

mi= tendencia central

$$mi = \frac{clase inferior + clase superior}{2}$$

Se realizó el histograma en función de frecuencia absoluta y tendencia central

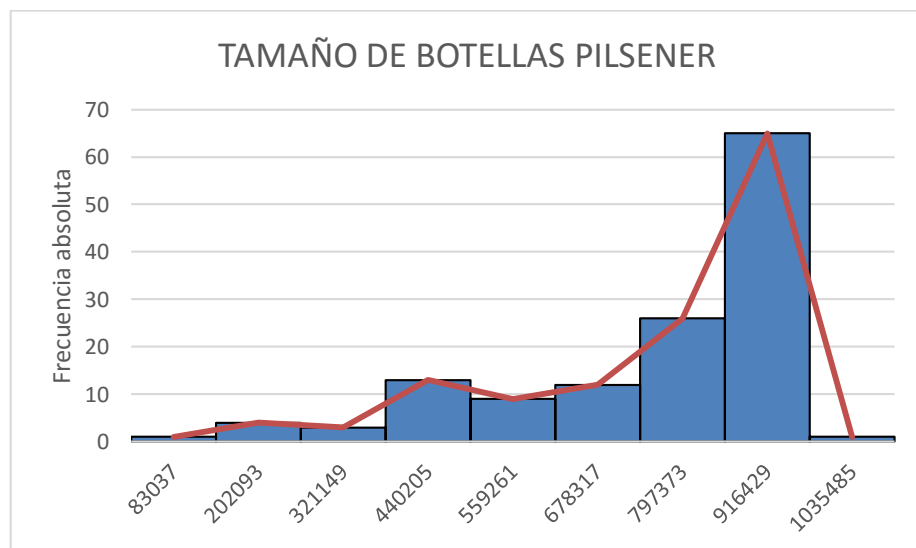


Figura 14. Histograma Pilsener  
Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: autor

Se calculó el coeficiente de Pearson con la siguiente ecuación:

$$Cp = \frac{3(\bar{x} - Med)}{S}$$



De donde:

Cp= Coeficiente de Pearson

S= desviación Estándar

Se necesita determinar la Mediana o P<sub>50</sub>, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_{50} = Li + \frac{\frac{N \times 50}{100} - f.a.a_{i-1}}{f.a_i} \times c$$

Dónde:

*Li = límite inferior*

*f.a.a<sub>i-1</sub> = frecuencia absoluta acumulada anterior*

*f.a<sub>i</sub> = frecuencia absoluta*

*c = ancho de clase*

P<sub>50</sub>= Percentil 50

Entonces se determina la Mediana:

$$P_{50} = 737845 + \frac{\frac{134 \times 50}{100} - 42}{26} \times 119056$$

$$P_{50} = 852321,92$$

Para calcular la desviación estándar se utilizó la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum f.a(mi - \bar{x})^2}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{134-1} \sum [1(83037 - 848301)^2] + [4(202093 - 848301)^2] + \dots [1(1035485 - 848301)^2]}$$

$$S = 212823,4$$

Se determinó el coeficiente de Pearson

$$Cp = \frac{3(\bar{x} - Med)}{S}$$

$$Cp = \frac{3(848301 - 852321,92)}{212823,43}$$

$$Cp = -0,0566$$

En la Figura 14 se determinó que la producción de Pilsener en su mayoría están en aproximadamente 916429 de botellas desde el 10 de octubre del 2016 al 29 de junio del 2017, en el polígono de frecuencias conjunto con el coeficiente de Pearson se observó y determinó que los datos no son simétricos. Sin embargo esto nos permite encontrar el porcentaje mayor de producción que se encuentra en un 48,51%

Y la producción va desde 856901 a 975957 botellas.

### Formato Light

Para realizar una distribución de clase y a su vez graficar un histograma con polígono de frecuencias y determinar el coeficiente de asimetría de Pearson se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 20. Datos para el histograma Light

N	20
X	453093
Min	150650
Máx	624420

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: Autor

Se determinó el número de clase con la fórmula de Sturges:

$$\# \text{ de clase} = 1 + 3,32 \log(N)$$

$$\# \text{ de clase} = 1 + 3,32 \log(20)$$

$$\# \text{ de clase} = 5,31 \sim 5$$

Se determinó el ancho de la clase

$$c = \frac{\text{rango}}{\# \text{ de clase}}$$

$$c = \frac{624420 - 150650}{5}$$

$$c = 94754$$

Se realizó una tabla de distribución de frecuencias

Tabla 21. Distribución de frecuencias Light

clase		fr. abs.	fr. abs. a	fr. Relativa %	Mi
150650	245404	1	1	5,00%	198027
245404	340158	4	5	20,00%	292781
340158	434912	2	7	10,00%	387535
434912	529666	5	12	25,00%	482289
529666	624420	8	20	40,00%	577043

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá

Elaborado por: Auto

Se realizó el histograma en función de frecuencia absoluta y tendencia central

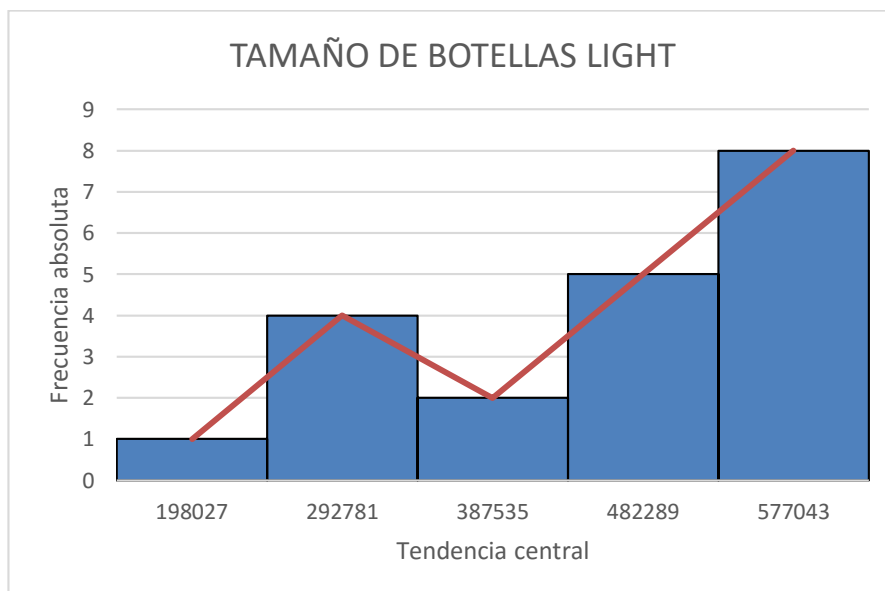


Figura 15. Histograma Botellas Light

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá

Elaborado por: Autor

Se calculó el coeficiente de Pearson con la siguiente ecuación:

$$Cp = \frac{3(\bar{x} - Med)}{S}$$

Se necesita determinar la Media o  $P_{50}$ , para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_{50} = Li + \frac{\frac{N \times 50}{100} - f \cdot a_{i-1}}{f \cdot a_i} \times c$$

$$P_{50} = 434912 + \frac{\frac{20 \times 50}{100} - 7}{5} \times 94754$$

$$P_{50} = 491764,4$$

Para calcular la desviación estándar se utilizó la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum f \cdot a (mi - \bar{x})^2}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{20-1} \sum [1(198027 - 453093)^2] + [4(292781 - 453093)^2]$$

$$+ \dots [8(577043 - 453093)^2]}$$

$$S = 126413,059$$

Entonces se determinó el coeficiente de Pearson

$$Cp = \frac{3(\bar{x} - Med)}{S}$$

$$Cp = \frac{3(453093 - 491764,4)}{126413,059}$$

$$Cp = -0,917$$

En la Figura 15 se determinó que la producción de Light en su mayoría están en aproximadamente 577043 de botellas desde el 20 de marzo del 2016 al 1 de julio del

2017, en el polígono de frecuencias conjunto con el coeficiente de Pearson se observó y determinó que los datos no son simétricos.

### Regresión Lineal

Para la regresión lineal se obtiene datos de productividad como variable dependiente en relación con el rechazo de botellas Pilsener como variable independiente. Se verificará la correlación que existe entre estas dos variables, los datos de la población calculada pertenece a 129 días de producción.

Tabla 22. Datos regresión lineal

Días	Porcentaje de Rechazo /día	Productividad	$x^2$	$x * y$	$Yc = ax + b$	$(y - Yc)^2$	$(y - Ym)^2$
1	6,10%	91,60	0,003721	5,58789897	113,67	486,797	3238,32
2	3,43%	156,06	0,00117649	5,35291224	157,24	1,390	57,01
3	5,31%	145,65	0,00281961	7,73384387	126,56	364,285	8,20
4	4,20%	139,51	0,001764	5,85958524	144,67	26,635	80,95
5	4,23%	134,71	0,00178929	5,69822671	144,19	89,783	190,48
6	4,61%	135,48	0,00212705	6,24848798	137,95	6,091	169,73
7	3,54%	6,22	0,00125316	0,22008425	155,45	22269,114	20247,61
8	2,27%	175,20	0,00051529	3,97707976	176,17	0,939	712,39
9	6,50%	126,25	0,004225	8,20626027	107,14	365,171	495,55
10	3,87%	135,41	0,00149769	5,24031157	150,06	214,669	171,68
11	6,12%	124,85	0,00374544	7,64054423	113,34	132,330	560,06
12	2,14%	168,48	0,00045796	3,60551002	178,29	96,246	398,82
13	3,65%	155,34	0,00133225	5,67007907	153,65	2,871	46,70
14	3,02%	161,97	0,00091204	4,89163958	163,93	3,828	181,27
15	2,08%	175,96	0,00043264	3,65989791	179,27	10,988	753,25
16	5,84%	133,49	0,00341056	7,79601961	117,91	242,802	225,53
17	2,05%	177,72	0,00042025	3,6433067	179,76	4,157	853,29
18	3,05%	163,37	0,00093025	4,98285978	163,44	0,005	220,86
19	2,01%	168,59	0,00040401	3,38871174	180,41	139,740	403,26
20	3,12%	148,64	0,00097344	4,63752055	162,30	186,624	0,02
21	5,32%	107,09	0,00283024	5,69712699	126,40	372,818	1715,81
22	3,56%	155,34	0,00126736	5,53015809	155,12	0,049	46,65
23	3,88%	148,63	0,00150544	5,76692373	149,90	1,600	0,01
24	7,84%	133,61	0,00614656	10,4748285	85,27	2336,222	222,12
25	2,13%	183,87	0,00045369	3,91633174	178,46	29,266	1249,92

Continuación.....

26	5,76%	83,24	0,00331776	4,7943546	119,22	1294,674	4260,94
27	3,60%	86,63	0,001296	3,11856917	154,47	4602,183	3829,66
28	2,32%	177,80	0,00053824	4,12494312	175,35	5,975	857,79
29	2,98%	163,44	0,00088804	4,87047861	164,58	1,312	222,84
30	3,13%	155,19	0,00097969	4,85745282	162,14	48,249	44,61
31	5,14%	128,55	0,00264196	6,60754555	129,33	0,614	398,39
32	2,53%	183,19	0,00064009	4,63480105	171,93	126,920	1202,88
33	2,87%	176,34	0,00082369	5,06088992	166,38	99,168	774,31
34	2,11%	182,94	0,00044521	3,85998191	178,78	17,269	1185,17
35	5,34%	75,04	0,00285156	4,00735581	126,07	2603,739	5397,41
36	5,84%	101,55	0,00341056	5,93079284	117,91	267,542	2204,91
37	2,76%	170,14	0,00076176	4,69576381	168,17	3,849	467,65
38	2,86%	180,88	0,00081796	5,1731129	166,54	205,509	1047,62
39	6,67%	122,81	0,00444889	8,19132657	104,37	340,109	660,63
40	3,86%	154,98	0,00148996	5,9820711	150,22	22,587	41,79
41	5,23%	145,96	0,00273529	7,63360354	127,87	327,318	6,52
42	6,32%	141,37	0,00399424	8,93460336	110,08	979,198	50,99
43	4,58%	148,73	0,00209764	6,81177065	138,47	105,167	0,05
44	2,00%	196,65	0,0004	3,93293223	180,58	258,233	2317,02
45	7,82%	117,72	0,00611524	9,20585563	85,60	1031,857	947,98
46	4,21%	144,73	0,00177241	6,09296079	144,51	0,046	14,33
47	2,21%	171,38	0,00048841	3,78740005	177,15	33,344	522,78
48	5,57%	124,08	0,00309915	6,90735454	122,37	2,925	597,04
49	3,67%	155,31	0,00134689	5,69976985	153,32	3,933	46,18
50	2,54%	182,94	0,00064516	4,64663616	171,76	124,854	1185,24
51	3,04%	176,03	0,00092416	5,35123403	163,61	154,316	757,14
52	6,64%	118,15	0,00440896	7,84497139	104,86	176,654	921,97
53	2,59%	176,52	0,00067081	4,57194385	170,95	31,072	784,66
54	3,79%	162,70	0,00143641	6,16645543	151,37	128,542	201,42
55	3,21%	156,18	0,00103041	5,0134411	160,83	21,612	58,84
56	6,32%	128,61	0,00399424	8,12843309	110,08	343,594	395,88
57	3,56%	162,69	0,00126736	5,79187581	155,12	57,366	201,13
58	2,55%	177,84	0,00065025	4,53481722	171,60	38,869	859,94
59	2,36%	191,66	0,00055696	4,52328929	174,70	287,734	1862,24
60	2,38%	175,34	0,00056644	4,17297397	174,38	0,920	719,52
61	5,17%	127,62	0,00267289	6,59785005	128,85	1,506	436,53
62	3,97%	155,35	0,00157609	6,16747375	148,43	47,938	46,80
63	6,83%	85,10	0,00466489	5,8125236	101,76	277,308	4020,62
64	2,34%	175,32	0,00054756	4,10256452	175,03	0,087	718,89
65	5,32%	95,24	0,00283024	5,06660604	126,40	970,970	2838,14
66	2,03%	182,95	0,00041209	3,713913	180,09	8,202	1186,13
67	3,05%	176,03	0,00093025	5,36883677	163,44	158,397	757,14

Continuación.....

68	3,52%	163,44	0,00123904	5,75320475	155,77	58,851	222,97
69	5,82%	142,09	0,00338724	8,2698934	118,24	569,139	41,18
70	4,21%	104,85	0,00177241	4,41401411	144,51	1573,366	1906,65
71	3,05%	162,68	0,00093025	4,96177113	163,44	0,579	200,78
72	5,62%	155,32	0,00315844	8,72911399	121,50	1143,841	46,39
73	5,49%	141,13	0,00301401	7,74815815	123,62	306,569	54,45
74	6,87%	81,75	0,00471969	5,61601264	101,10	374,644	4457,47
75	3,10%	175,34	0,000961	5,43538626	162,63	161,522	719,52
76	5,23%	155,35	0,00273529	8,12471823	127,87	755,275	46,75
77	4,53%	148,04	0,00205209	6,70614151	139,29	76,544	0,22
78	2,41%	179,33	0,00058081	4,32180671	173,89	29,615	949,68
79	5,32%	75,21	0,00283024	4,00101451	126,40	2620,447	5373,50
80	3,53%	83,16	0,00124609	2,93539719	155,61	5249,427	4271,33
81	5,76%	141,38	0,00331776	8,14331227	119,22	491,068	50,90
82	3,14%	175,46	0,00098596	5,50943369	161,97	181,887	726,22
83	5,93%	103,88	0,00351649	6,16033369	116,44	157,714	1991,57
84	4,21%	198,00	0,00177241	8,33569618	144,51	2860,743	2448,90
85	2,60%	183,97	0,000676	4,78319918	170,79	173,810	1257,27
86	2,32%	182,18	0,00053824	4,22648082	175,35	46,527	1133,31
87	3,25%	162,78	0,00105625	5,29034031	160,18	6,769	203,59
88	5,76%	95,34	0,00331776	5,49153659	119,22	570,146	2827,26
89	2,42%	179,93	0,00058564	4,3542753	173,72	38,512	987,06
90	6,99%	142,10	0,00488601	9,93286069	99,14	1845,277	41,09
91	6,56%	45,51	0,00430336	2,98569427	106,16	3678,172	10608,49
92	2,03%	182,95	0,00041209	3,71392706	180,09	8,206	1186,18
93	3,79%	171,62	0,00143641	6,50441106	151,37	410,252	534,03
94	3,76%	155,32	0,00141376	5,84006916	151,86	12,011	46,37
95	5,32%	110,68	0,00283024	5,88800713	126,40	247,135	1431,44
96	2,30%	182,18	0,000529	4,19020489	175,68	42,271	1133,78
97	3,21%	162,75	0,00103041	5,22431427	160,83	3,688	202,78
98	6,43%	141,20	0,00413449	9,07917906	108,28	1083,544	53,45
99	3,32%	155,29	0,00110224	5,15571735	159,04	14,010	45,99
100	2,64%	182,40	0,00069696	4,81533691	170,13	150,465	1148,39
101	2,87%	174,73	0,00082369	5,01480541	166,38	69,766	687,53
102	2,75%	180,01	0,00075625	4,95017269	168,34	136,158	991,94
103	5,32%	89,13	0,00283024	4,7417004	126,40	1388,877	3526,16
104	3,87%	158,22	0,00149769	6,12326849	150,06	66,648	94,34
105	2,30%	175,96	0,000529	4,04711335	175,68	0,079	753,52
106	2,15%	185,54	0,00046225	3,98906534	178,13	54,890	1370,98
107	5,03%	149,40	0,00253009	7,51489015	131,13	333,847	0,79
108	2,20%	183,72	0,000484	4,04183862	177,31	41,047	1239,66
109	7,32%	37,55	0,00535824	2,74879624	93,76	3159,242	12311,97

Continuación .....

110	4,67%	83,27	0,00218089	3,88856679	137,00	2887,756	4256,81
111	2,54%	179,41	0,00064516	4,55709639	171,76	58,501	954,94
112	2,11%	181,62	0,00044521	3,83222382	178,78	8,066	1096,33
113	3,21%	163,08	0,00103041	5,23473144	160,83	5,040	212,13
114	5,43%	172,13	0,00294849	9,34658758	124,60	2258,764	557,79
115	2,38%	178,56	0,00056644	4,24980461	174,38	17,535	903,13
116	3,79%	153,04	0,00143641	5,80006118	151,37	2,790	20,47
117	3,54%	161,42	0,00125316	5,71426871	155,45	35,695	166,64
118	2,25%	179,03	0,00050625	4,02815171	176,50	6,410	931,34
119	2,05%	182,41	0,00042025	3,73943189	179,76	7,024	1149,22
120	6,31%	49,79	0,00398161	3,14186348	110,24	3654,148	9745,51
121	5,05%	136,54	0,00255025	6,89505284	130,80	32,858	143,41
122	2,84%	179,15	0,00080656	5,08774582	166,87	150,727	938,49
123	2,19%	166,98	0,00047961	3,65685359	177,48	110,181	341,08
124	8,52%	111,86	0,00725904	9,53054316	74,18	1420,147	1343,25
125	2,19%	166,98	0,00047961	3,65685359	177,48	110,181	341,08
126	7,32%	86,91	0,00535824	6,36198467	93,76	46,876	3794,41
127	2,23%	179,46	0,00049729	4,00196231	176,82	6,952	957,84
128	2,66%	174,72	0,00070756	4,64764373	169,81	24,178	687,08
129	2,25%	183,02	0,00050625	4,1178611	176,50	42,495	1190,59
<b>Sumas</b>	<b>514,72%</b>	<b>1974,189</b>	<b>0,23979474</b>	<b>705,21958</b>		<b>83664,77</b>	

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: autor

Para calcular la recta de dispersión lineal se utiliza las siguientes Valores de  $\alpha$  para tanques rectangulares

es:

$$b = \frac{\Sigma xy \Sigma x - \Sigma y \Sigma x^2}{(\Sigma x)^2 - n \Sigma x^2} \quad \underline{b= 2,12,61256}$$

$$a = \frac{\Sigma y - nb}{\Sigma x} \quad \underline{a= -1622,7966}$$

Se determina el coeficiente de correlación:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Sigma(Y - Y_c)^2}{\Sigma(Y - Y_m)^2}}$$

$$\underline{R= 0,7211152}$$



Coefficiente de Pearson  $R = 0,7211152$  por lo tanto nuestras variables tienen correlación.

### Dispersión Lineal

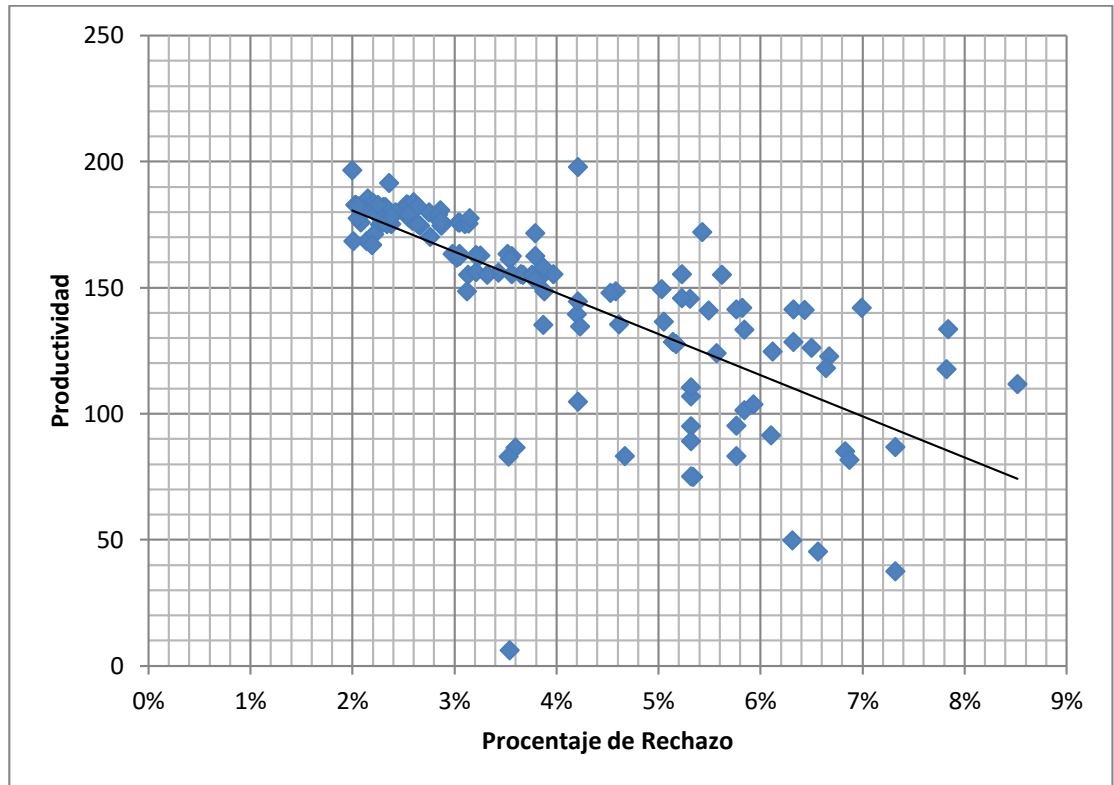


Figura 16. Dispersión lineal  
Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: Autor

El coeficiente de correlación lineal de Pearson indica la correlación que hay entre la variable dependiente y la variable independiente y expresa el grado de relación que existe entre ellas, el resultado se debe ser entre -1 a 1 y su magnitud indica la relación de las dos variables si esta se acerca a 0 significa que no existe correlación y al ser 0,7241206 indica que la correlación fuerte.

## Diagrama de Flujo embotellado

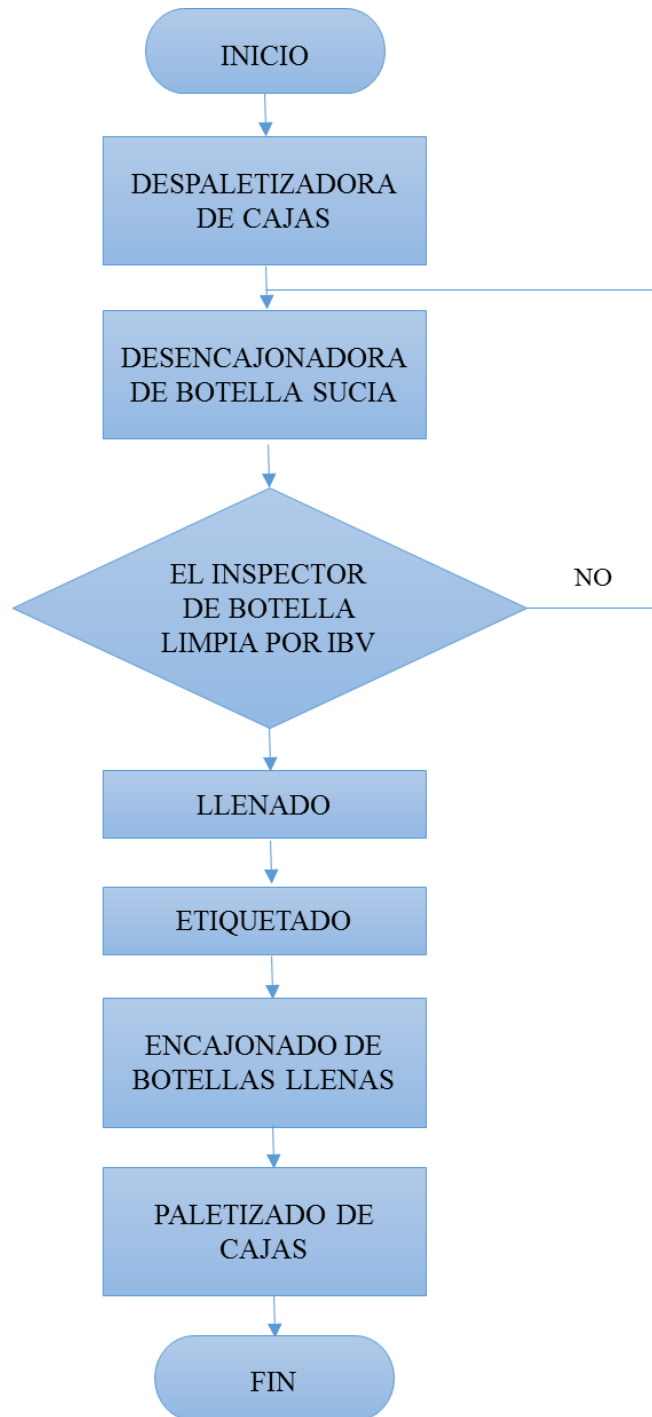


Figura 17. Diagrama de Flujo embotellado  
Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

Según el Anexo 8. Se tienen las siguientes etapas:

1. Despanizadora de cajas
2. Descajonadora de botella sucia
3. Lavadora de botella sucia
4. Inspector de botella limpia por IBV
5. Llenado
6. Etiquetado
7. Encajonado de botellas llenas
8. Paletizado de cajas

### **Análisis del proceso de lavado de botellas de vidrio**

#### **Características de la lavadora de botellas**

En la línea 1 se tiene una lavadora de marca Holstein Kappert de dos entradas con una velocidad nominal de 23 golpes por minutos con 44 canastos, (los canastos de la lavadora es el número de botellas que ingresan en una fila y al salir de la lavadora en la descarga en un golpe). Por lo tanto la velocidad de la lavadora es:

$$\frac{\text{Velocidad nominal}}{\text{horas}} = \left( \frac{\text{golpes}}{\text{minutos}} \right) \times \text{botellas}$$

$$\frac{\text{Velocidad nominal}}{\text{horas}} = \left( \frac{23 \text{ golpes}}{\text{min}} \times 44 \text{ botellas} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \right)$$

$$\text{Velocidad} = 60720 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}}$$

En la línea los equipos principales y sus velocidades que componen la línea son:

- Despaletizadora 55000 botellas/hora
- Desencajonadora 50000 botellas/hora
- Lavadora de botellas 60720 botellas/hora
- Inspector de botellas 55000 botellas/hora
- Llenadora 45000 botellas/hora
- Etiquetadora 2 etiquetadoras de 25000 botellas/hora
- Encajonadora 50000 botellas/hora
- Paletizadora 55000 botellas/hora

Estos son los equipos y las velocidades nominales de principales fases del proceso de embotellado de la línea en la cual la velocidad nominal de la línea está dada por la llenadora que es a 45000 botellas/hora.

Para lo cual la lavadora de botellas trabaja en 21 golpes es decir a 55440 botellas por hora para abastecer la velocidad de la llenadora.

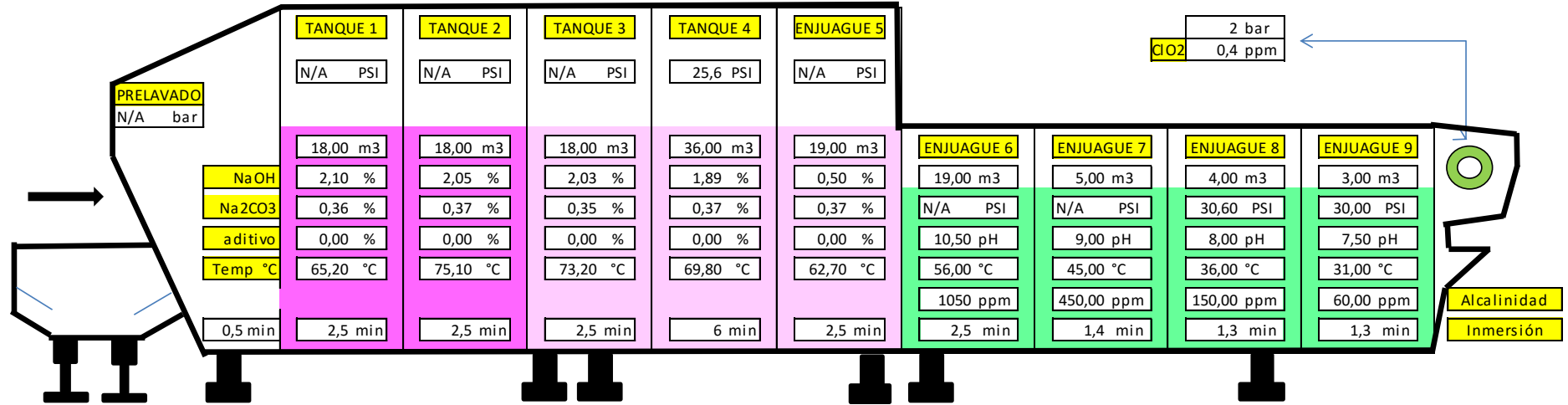
En la Figura 18 se encuentran los parámetros fundamentales de la lavadora que existe en Línea 1 del área de embotellado en Cervecería Nacional de la planta Cumbayá en la que se evidencia que existen 4 tanques de lavado 1, 2, 3 tienen una capacidad de 18 metros cúbicos y el tanque número 4 tiene una capacidad de 36 metros cúbicos lo cual es el doble a los primeros tanques de lavado. En todos estos tanques las botellas para ser lavadas es sumergida dentro de estos según su recorrido. Solamente el paso del tanque 3 al 4 tiene duchas para la limpieza interna de la botella y se encuentra situado en la parte superior del recorrido.

Dispone de 5 tanques de enjuague los cuales solamente el 5 es de 19 metros cúbicos y el único de inmersión, los tanques de enjuague 6, 7, 8, 9 solamente son recipientes donde se acumula el agua de enjuague y se aplica a la botella mediante duchas internas dentro de estos tanques, las cuales ayudan al enjuague de estas botellas.

Los parámetros importantes en la limpieza son:

- Tiempo (de contacto que la solución de lavado tiene con la botella)
- Temperatura (a la cual se lava dentro de los tanques)
- Concentración ( del producto detergente hidróxido de sodio NaOH o conocida como sosa cáustica)
- Acción mecánica (Turbulencia que existe dentro del tanque de lavado para poder remover etiquetas)

Parámetros de la lavadora en formato Pilsener (ámbar 600 cc)



Formato (cc)	Velocidad de Lavado (golpes por min)	Velocidad de Lavado (bph)	Tiempo de Lavado (min)
Pilsener ámbar 600 cc	21	55440	22,5

Figura 18. Parámetros de lavado Pilsener  
 Fuente: Cervecería Nacional  
 Elaborado por: Autor

La concentración de sosa cáustica esta está dentro de parámetros la norma dice que en el primer tanque la concentración de sosa debe estar de 2 a 2,5% de concentración de sosa cáustica, así como los carbonatos (que es la suciedad en la solución de lavado tiene), y la norma de la planta exige que sea menor a 0,7% de carbonatos  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y en la lavadora se tiene una concentración máxima de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  es de 0,37%.

El tiempo en la lavadora es el tiempo que la botella está sometida a la limpieza y es inversamente proporcional a la velocidad de la lavadora es decir si la velocidad de la lavadora aumenta el tiempo de contacto de las botellas sucias disminuye, en condiciones normales con el formato Pilsener la velocidad es de 21 golpes por minuto (60700 botellas por hora), y el tiempo de contacto de la botella sucia es de 2, 5 minutos en los tanques 1, 2, 3, y de 6 minutos en el tanque 4. Dando un total de tiempo de contacto con la solución de limpieza de 1, 3, 5 minutos.

La acción mecánica o turbulencia que la solución debe tener dentro del tanque está dada por un motor axial que tiene forma de hélice la cual mueve toda la solución de lavado que está dentro de los tanques de lavado. También está dado por duchas internas que la lavadora tiene que están dirigidas a limpiar el interior de las botellas.

La temperatura inicia en el tanque de lavado 1 a  $65^\circ\text{C}$  y el tanque de mayor temperatura es el 2 a  $75^\circ\text{C}$  debido que este es el tanque donde se hace efectiva la limpieza de las botellas. En el resto de tanques la temperatura va disminuyendo paulatinamente hasta que en el último enjuague la temperatura este lo más baja posible no mayor a  $40^\circ\text{C}$ , el motivo es que si la temperatura es mayor a los  $40^\circ\text{C}$  al momento de el llenado o envasado de cerveza la botella al ser de vidrio y el envase es de 11 a  $12^\circ\text{C}$  existe un cambio brusco de temperatura y esta botella se rompe con facilidad y aumento el índice de rotura de botella.

## Inspector de botellas.

En la planta existe un inspector de botellas marca Filtec de aproximadamente 2 años de uso esta como muchas máquinas de esta línea son adaptadas según a la necesidad de la línea. Este inspector de botellas tiene una velocidad de 55000 botellas por hora como velocidad nominal. Y rechaza las botellas que tengan las siguientes características:

### Rechazo por parte del inspector

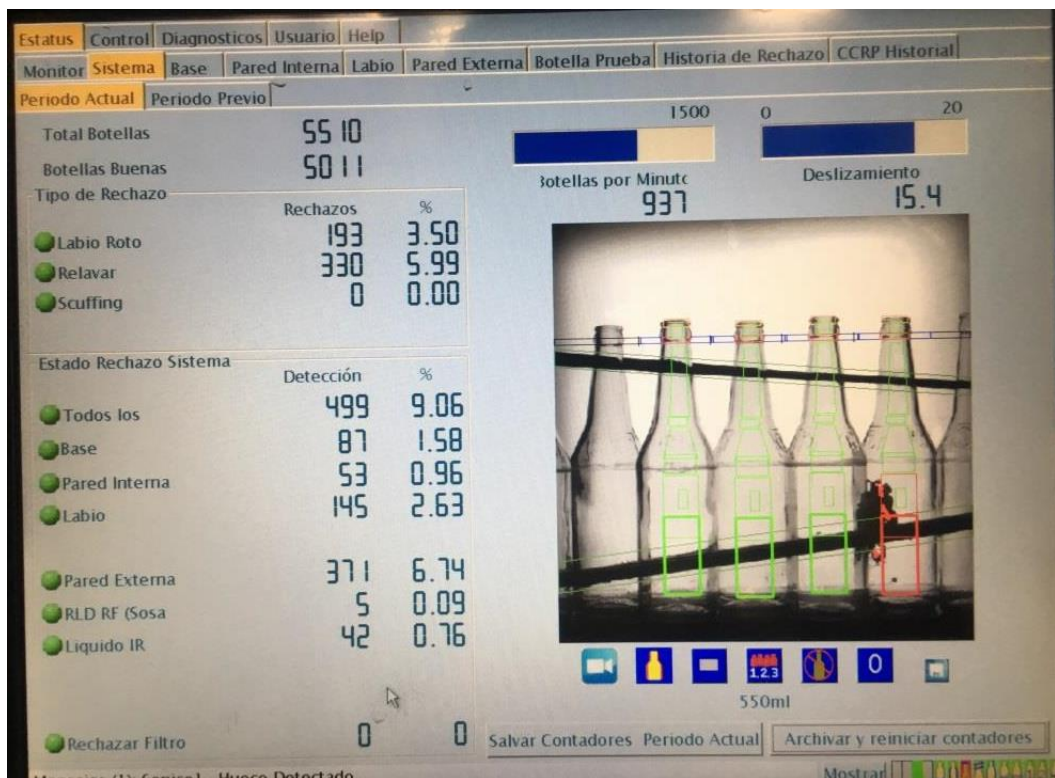


Figura 19. Tipos de rechazo por el inspector

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

Se puede ver en la Figura 19 que el rechazo del inspector es por lo siguiente:

- Labio roto.- Cuando la botella trae un pico roto o fisurado



- Relavado.- Cuando la botella trae cuerpos extraños dentro o fuera de la botella, especialmente arrastre de etiquetas.
- Scuffing.- Marca alrededor de la botella provocada por el reusó y el ataque químico al que es sometida la botella (norma nos dice que si esta marca es mayor a 9 mm la botella debe ser eliminada)
- Base.- Roturas o fisuras internas dentro de la botella en la base o suciedad extraña
- Pared interna.- Grietas, fisuras o pared muy delgada de la botella.
- Pared externa.- Ralladuras externas provocadas por el reusó de las botellas.
- RLD RF.- Botella mal enjuagada con residual de sosa cáustica
- Líquido IR.- Líquidos residuales

Como se puede verificar el rechazo en el inspector en mayor en (Relavar), y es por el arrastre de etiquetas, el equipo envía a que la botella regrese al proceso de lavado de botellas.

Estos equipos deben garantizar que funcionen correctamente y se hace un control durante la producción de botellas de prueba cada 2 horas de producción, se coloca varias botellas con diferentes fallas para que el inspector las detecte y puedan ser rechazadas garantizando el cumplimiento de calidad del producto.

Este equipo es un PCC punto crítico de control, debido a que si una botella sucia o mal lavada pasa al siguiente proceso de llenado el producto puede verse afectado más aun cuando en la planta existe Pasterización Flash, esto significa que después de ser envasada ya no existe ningún otro control microbiológico.

## **Análisis del problema con el Formato Light 550 cc**

En la planta de Cervecería Nacional existen actualmente dos líneas. Línea 1 hasta el mes de marzo 2017 se producía solamente el formato Pilsener (ámbar 600cc). Y Línea 2 siendo mucho más moderna de solamente 5 años de operación tiene varios formatos, como son Pilsener (ámbar 600 cc), Pilsener Light (transparente 550cc), Club Premium (verde 550cc).

Hasta ese entonces no existía ningún inconveniente sin embargo con los nuevos proyectos de la compañía existen nuevos proyectos y la producción de Pilsener Light pasa a Línea 1.

Éste fue el momento que la producción se vio afectada, porque el arrastre de etiquetas fue tal que los transportadores y la zona limpia parecía zona sucia y existían etiquetas por todos lados a una velocidad de producción igual a la de Pilsener normal, y el inspector aumento su rechazo de hasta el 14%.

Por este motivo se analizan todos los parámetros que pueden estar influenciando en el proceso de lavado de botellas.

Entre las causas principales es el tipo de etiqueta de un formato al otro, en el formato de Pilsener 600cc (ámbar) tiene una etiqueta de papel con tinta normal. Y la etiqueta de Pilsener Light tiene una etiqueta de papel más tintas metalizadas como se muestra en la Figura 21 en la comparación de etiquetas a contra luz.

## Etiquetas formato Light y formato Pilsener a contra luz



Figura 20. Diferente tipo de etiqueta  
Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

Como se puede observar en la Figura 20 el tipo de etiquetas no son iguales y la luz penetra la etiqueta del formato de Pilsener normal y no en la etiqueta de Pilsener Light, esto debido a la tinta metalizada que tiene esta etiqueta y la hace más gruesa y más pesada, de la misma manera como la luz penetra en la etiqueta del formato normal la solución de sosa cáustica o solución de limpieza penetra a la etiqueta para ser removida. La etiqueta metalizada de la Pilsener Light es muy difícil ser penetrada por la solución para que sea limpiada.

Y las deficiencias en el lavado de botellas de este formato son complejas por que compromete la producción, a tal punto que la acumulación del rechazo que hace el inspector de botellas, el transportador que regresa la botella mal lavada a un reproceso colapsa como muestra la Figura 21.

## Rechazo de botella con arrastre de etiqueta



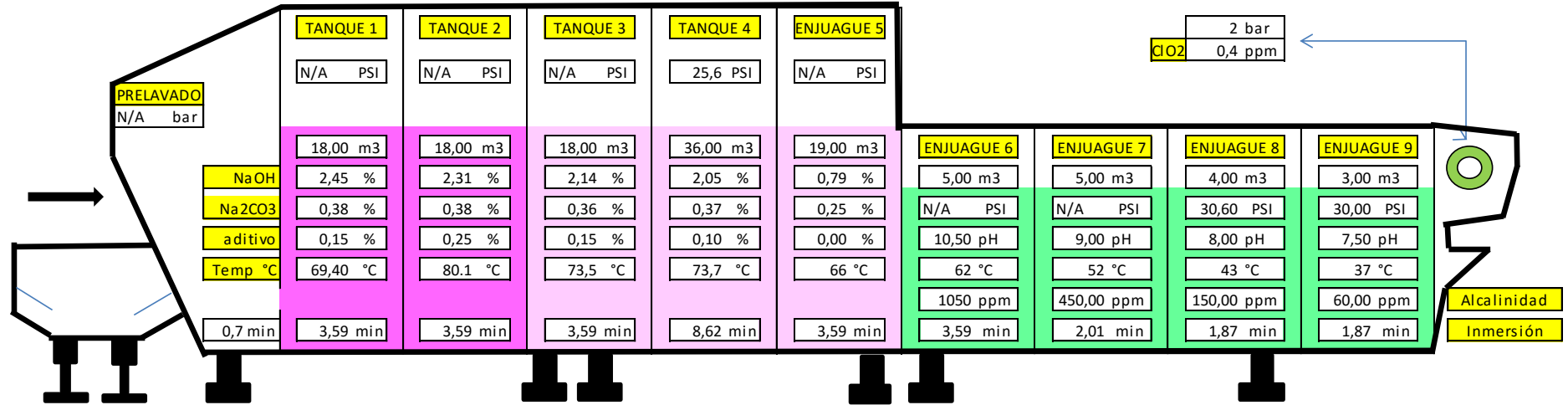
Figura 21. Acumulación de botellas mal lavadas  
Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

### Acciones Correctivas para el formato Light

Como Acciones correctivas a este problema se ha realizado modificaciones en los parámetros de lavado que se describen a continuación:

**Concentración.-** La solución de sosa cáustica se aumenta de 2,1% a 2,45% en el tanque 1 para mejorar la limpieza de las etiquetas, sin embargo no es posible aumentar más la concentración de la sosa cáustica porque la recomendación va desde 1,5% a 2,5%, si se aumenta más la concentración a ésta especificación la etiqueta se descompone en pequeñas partículas que puede ocasionar un mayor problema, las partículas de etiqueta destruida son más difíciles sacarlas y el inspector la va a detectar. La concentración de carbonatos se aumentó por el tipo de suciedad sin embargo están dentro de margen aceptable.

**Parámetros de la lavadora en formato Pilsener Light (transparente 550cc)**



Formato (cc)	Velocidad de Lavado (golpes por min)	Velocidad de Lavado (bph)	Tiempo de Lavado (min)
Pilsener Light 550cc	16	42240	33,05

Figura 22. Parámetros de lavado Pilsener Light  
 Fuente: Cervecería Nacional  
 Elaborado por: Autor

**Acción Mecánica.-** Este parámetro ya se encontraba en su tope máximo y no es posible aumentar la velocidad del motor axial para generar más turbulencia dentro del tanque, mejorar la acción mecánica ayudará en la remoción de etiquetas.

**Temperatura.-** En los tanques de lavado se aumenta la temperatura de 65°C a 70°C en el primer tanque de lavado y en el segundo tanque de lavado de 75°C a 80°C. Siempre manteniendo que la temperatura de la botella a la descarga de la lavadora no supere los 40 °C.

Con todos estos cambios aun no es posible mejorar el arrastre de etiqueta y existe rechazo por parte del inspector del 9% que aún es alto para poder tener una producción continua. Por este motivo la planta toma la decisión de bajar la velocidad del proceso de lavado a 17 golpes por minuto de lavadora.

**Tiempo de contacto.-** Con el fin de mejorar la calidad de lavado de las botellas de formato Pilsener Light se decide bajar la velocidad de la lavadora a 16 golpes por minuto que son 42240 botellas por hora una disminución de 13200 botellas por hora. Para mantener una buena calidad de lavado y una línea de producción constante.

Al disminuir la velocidad de la lavadora el tiempo de contacto de la solución de lavado con la botella aumenta de 2,5 minutos en los tanques 1, 2,3 aumenta a 3, 5,9 minutos en estos tanques. Y en el tanque 4 pasa de 6 minutos a 8,62 minutos.

Por lo que se puede definir que el tiempo de contacto es sumamente importante para remover este tipo de etiqueta.

**Nota importante:** La lavadora no tiene tanque de pre enjuague como las modernas, esto permite humedecer la botella y la etiqueta previa al ingreso en el tanque 1 de lavado.

Tabla 23. Análisis del Modo y Efecto de Falla AMEF del proceso de lavado de botellas de vidrio

Nombre del proceso		Lavado de botellas de vidrio			Proveedor del Material		Cervecería Nacional			Nombre		Patricio Ibarra					
Producto		Botellas reusables de vidrio formato Light 550 cc			Fecha de Fabricación		17 de agosto 2017			Supervisor		Jefe de turno					
Fecha AMEF inicial		10 de octubre 2016			Fecha AMEF última revisión		13 de Septiembre 2017										
											Resultados						
Artículo / Función	Modo potencial de falla	Efecto potencial de falla	Severidad	Causa potencial de falla	Ocurrencia	Controles de proceso actuales prevención	Controles de proceso actuales detección	Detección	NPR	Acción recomendada	Responsable / fecha	Acción Tomada	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	
Lavado de botellas	Deficiencias de lavado de botellas	Aumento del índice rechazo por el inspector	8	Equipo de lavado mayor a 35 años	6	Aumento de concentración de Soda Cáustica	disminución del rechazo del inspector	4	192	Mayor tiempo de Contacto de la botella en tanques cáusticos	Producción / Julio 2017	Si	6	4	4	96	
		Arrastre de etiquetas por botellas mal lavadas	9	falta de tiempo de contacto de la solución cáustica	8	Disminución de la velocidad del proceso de lavado	Disminución % de arrastre de etiquetas	4	288	Humectación mayor de la botella para una mejor penetración de la solución cáustica	Producción / Agosto 2017	Si	8	4	3	96	
		Baja productividad	6	Reproceso de lavado de botellas sucias	7	N/A	N/A	7	294	Adquirir una lavadora moderna	Proyectos/ 2022	N/A					
	Sistema de extracción hidráulico de etiquetas	Baja velocidad de producción	8	Falta de tiempo de humectación en la botella para la remoción de etiquetas	8	N/A	Aumento de la producción al día		5	320	Sistema hidráulico de duchas externas	Proyectos / Octubre 2017	N/A				
		Exceso de etiquetas en la descarga de la lavadora	5	Falta de turbulencia en los tanques de lavado	4	N/A	N/A		7	140	Cambio del sistema de extracción de etiquetas	Proyectos / 2018	N/A				
		Lavado deficiente	6	Al no generar turbulencia la solución no llega a limpiar la goma que esta entre la etiqueta y la botella	6	Aumento de concentración con aditivos de lavado	Disminución de rechazo por el inspector		4	144	Diseñar un tanque de prelavado o tanque cero a la lavadora	Proyectos / 2018	N/A				

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Autor

### Las ponderaciones AMEF.

Las ponderaciones que se asignaron al AMEF fueron dadas de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 24. Criterios de evaluación para ponderación AMEF.

Tabla de criterios de evaluación de Severidad, ocurrencia y Detección			
Puntuación	Severidad (S)	Frecuencia – ocurrencia (O)	Detección (D)
10	Peligroso sin advertencia	Muy alta: fallo casi inevitable	No se pueden detectar
9	Peligroso con advertencia		Posibilidad muy remota de detección
8	Pérdida de función primaria	Alta: fallos repetidos	Posibilidad remota de detección
7	Rendimiento reducido de la función primaria		Posibilidad muy baja de detección
6	Pérdida de función secundaria	Moderada: fallos ocasionales	Posibilidad baja de detección
5	Rendimiento reducido de función secundaria		Posibilidad moderada de detección
4	Defecto pequeño notado por la mayor parte de los clientes		Posibilidad moderada alta de detección
3	Defecto pequeño notado por algunos clientes	Baja: pocos fallos	Posibilidad alta de detección
2	Defecto pequeño notado por pocos clientes meticulosos		Posibilidad muy alta de detección
1	Sin efecto		Remota: fallos improbables

Fuente: <http://asesordecalidad.blogspot.com>

Elaborado por: Adriana Gómez Villoldo

Para este análisis el NPR (número prioritario de riesgo) en la actualidad se encuentran todos los resultados sobre 140 puntos llegando en algunas fallas a 320 y con las acciones tomadas se tiene una disminución a 96 puntos disminución con acciones tomadas por el personal que tiene experiencias en el proceso para controlar el problema.



## Formato Pilsener vs Formato Light

Con los datos de distribución de frecuencias se realiza una comparación entre los valores de producción máximo de botellas producidas en un día de cada formato como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 25. Comparación de producción entre Formato Pilsener y Light

<b>Formato</b>	<b>Producción máxima real de botellas/día</b>
Pilsener	975957
Light	624420

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: Autor

Según la Tabla 24 se observa la diferencia entre la producción máxima de Pilsener y Light. Dando en Pilsener un intervalo de producción máxima producida de 975957 botellas y al comparar con el formato Light se tiene que el intervalo de producción máxima es completamente diferente siendo de 624420 botellas, con una diferencia de producción de 351537 botellas producidas y una disminución del 36% de eficiencia en el mismo intervalo de tiempo, por lo que se concluyó que la producción de Light es relativamente más baja que en el formato Pilsener.

El Análisis del proceso de lavado de botellas en el que se confirma que por el tiempo de contacto entre la botella sucia y solución de limpieza ayuda para lograr una limpieza de. La etiqueta de un formato al otro formato es el punto clave en el proceso de limpieza una es de papel normal, y la otra tiene una tinta metalizada en la etiqueta. Por lo tanto la solución de limpieza no penetra sobre la etiqueta para eliminar la goma y extraer la etiqueta.

## Conclusiones y Recomendaciones

### Conclusiones

- En la verificación de los parámetros de lavado en el formato de Pilsener Light existe deficiencias de lavado debido al tipo de etiqueta que este formato utiliza, y el tiempo de contacto es fundamental para que la lavadora logre sacar toda el etiqueta de la botella, haciendo que la lavadora disminuya su velocidad incidiendo en la productividad. Disminuyendo al 14,91% en botellas lavadas por 1 USD.
  
- Al analizar los resultados del levantamiento de información se verifica que existe correlación entre el rechazo del inspector y la productividad con un coeficiente de Pearson  $r = 0,7211$ , con una fuerte correlación entre estas dos variables. También se demostró que la producción máxima de Pilsener normal es mayor a la producción de Pilsener Light con una diferencia de 351537 botellas, estas deficiencias de la lavadora son corregidas con la velocidad de la lavadora permitiendo un mayor tiempo de contacto o de limpieza de la botella dentro de la lavadora. Los resultados de la AMEF muestran que el número prioritario de riesgo es alto llegando a un valor máximo de 320 puntos por el fallo al bajar la velocidad de producción.
  
- Con los resultados obtenidos se confirma que la baja velocidad en el formato Light es de 36% sobre el ya establecido del formato Pilsener, y se conoce que las deficiencias mecánicas y además de no contar con un tanque de prelavado en la lavadora por ese motivo se analizan opciones para

mejorar el proceso de lavado de botellas, en los que se encuentran las siguientes soluciones: Adquirir una lavadora nueva, diseñar un tanque de prelavado, sistema externo de lavado (duchas), cambio del sistema de extracción de etiquetas, y el aumento de los parámetros de limpieza.

## **Recomendaciones**

- Debido a que los parámetros de limpieza concentración, temperatura, acción mecánica, se encuentran al máximo solo se puede variar el parámetro de tiempo de contacto de la solución con la botella. Pero esto hace que la velocidad de la línea baje considerablemente. Por lo que se recomienda realizar modificaciones mecánicas en el proceso de lavado de botellas. Para lograr aumentar la productividad.
- Es fundamental realizar un estudio de costos de producción de uno y el otro formato porque en el formato Pilsener Light de 550cc la producción baja un 36%, frente al formato Pilsener 600cc. Para que la propuesta sea viable.
- Se recomienda el diseño de un sistema hidráulico de duchas para el proceso de lavado de botellas de vidrio que mejore la calidad de lavado, y que pueda adaptarse a la necesidad que esta lavadora requiere con el menor costo y tiempo posible, el estudio revela que el tiempo de contacto de la botella sucia con la solución de lavado debe ser mayor al actual para poder incrementar la velocidad de la lavadora elevando la producción de botellas mejorando su efectividad.

## **CAPÍTULO V**

### **PROPUESTA**

#### **Tema**

Sistema hidráulico de duchas para el proceso de lavado de botellas de vidrio.

#### **Datos informativos**

El estudio se realizó en la Línea 1 de la planta de Cervecería Nacional se encuentra ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Cumbayá, en la calle Francisco de Orellana.

#### **Antecedentes de la propuesta**

Con el estudio realizado previamente en la Línea 1 de la planta de Cervecería Nacional y en función de los resultados obtenidos se ha descubierto que el proceso de lavado de botellas tiene algunas deficiencias en la acción mecánica (turbulencia) en la solución de lavado para lavar las botellas sucias, por lo que para solventar este inconveniente se plantea realizar un sistema mecánico e hidráulico que permita mejorar la calidad de lavado con un mayor tiempo de humectación a la botella sucia que permita mejorar la velocidad del lavado del formato Pilsener Light.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseñar un sistema hidráulico de duchas para el proceso de lavado de botellas de vidrio.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar la mejor opción para mejorar la eficiencia de la lavadora de botellas
- Mejorar la calidad de lavado aumentando la velocidad de la lavadora en formato Light.
- Demostrar económicamente que el proyecto es viable recuperando la productividad de la línea en producción Light.

### **Justificación de la propuesta**

El presente proyecto surge de la necesidad que la planta de Cervecería Nacional tiene al producir en su Línea 1 el producto Pilsener Light de 550 cc, este producto al tener materiales de la etiqueta diferente a la de la Pilsener ámbar 600 cc, hace que la solución de lavado no elimine la etiqueta de la botella.

Con esta deficiencia el área de producción como acción correctiva al problema disminuye la velocidad de producción de la lavadora de 55440 botellas/hora hasta 42240 botellas/hora produciendo una ineficiencia en el proceso de lavado de botellas.

Por lo que se evalúan alternativas que puedan mitigar esta ineficiencia que permitan subir las velocidades de lavado.

## Desarrollo de la propuesta

### Análisis de factibilidad

En la actualidad las nuevas tendencias empresariales analizan muy de cerca el desarrollo y mejoramiento continuo de los procesos productivos, y este proyecto no es la excepción porque al verse involucrada la productividad que la línea tiene por su baja velocidad de producción, el aumentar la velocidad de la lavadora hace que sea factible dicho proyecto y se recupere rápidamente.

### Matriz de priorización para determinar la mejor opción

Entre las alternativas de solución para corregir el problema de la lavadora de botellas de la Línea 1 de la planta de Cervecería Nacional se tiene lo siguiente:

Alternativas para solución del problema de la lavadora de botellas

Tabla 26. Matriz para determinar la mejor opción

Opción	Costos	Calidad de Limpieza (rechazo del inspector)	Velocidad de Producción golpes por minuto	Tiempo de entrega
Lavadora nueva	\$ 3.000.000,00	3%	21	10 meses
Elaboración de tanque extra de prelavado	\$ 100.000,00	4%	20	6 meses
Sistema externo de lavado	\$ 15.000,00	4%	21	2 meses
Cambio de sistema de extracción de etiqueta	\$ 50.000,00	5%	19	6 meses
Aumentar parámetros de limpieza	\$ 5.000,00	5%	18	1 mes

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

Para la ponderación de alternativas se realiza lo siguiente:

Se atribuye los pesos de importancia relativa entre las alternativas, los criterios van en las filas las columnas se refieren a los mismos criterios, así cada criterio será comparado con todos los demás. Se comienza por las filas, y en cada celda de la matriz de arriba realizar la siguiente pregunta:

Cuál es la importancia de este criterio (fila) con respecto a este otro (columna)

Muy importante = 9  
Más importante = 7  
Igualmente importante) = 5  
Menos importante = 3  
Muchos más importante = 1

Se construye las matrices de priorización para cada criterio, colocar las alternativas en las filas y columnas, respondiendo a la pregunta. Cuánto esta alternativa (fila) cumple con este criterio, con relación a esta otra (columna)

Cumple mucho más = 9  
Cumple más = 7  
Cumple igualmente = 5  
Cumple menos = 3  
Cumple mucho menos = 1

En la Tabla 27 de ponderación de alternativas se considera los factores: costos, calidad de limpieza, Velocidad de Producción y Tiempo de entrega del proyecto, de la siguiente manera:

- El costo frente a la calidad de limpieza con una calificación de 3 la calidad de limpieza 7, esto porque la calidad de limpieza es mucho más importante.
- El costo frente a la velocidad de producción con un valor de 3 y la velocidad de producción con 7, porque lo primordial es mejorar la productividad.



- El costo versus al tiempo de entrega se pondera en puntos iguales 5 a cada uno. porque si se compara una lavadora de 3 millones de dólares y esperar 10 meses.
- La calidad de limpieza frente a la velocidad de producción se pondera en 5 para cada factor porque los dos son los parámetros fundamentales.
- Si comparamos la calidad de lavado y el tiempo de entrega de un proyecto es preferible tener una solución al problema, que bajar la velocidad de lavado produciendo menos botellas.
- Velocidad de producción frente al tiempo de entrega del proyecto es menor porque se necesita urgente mejorar el proceso. De qué sirve tener una velocidad si no existe una buena productividad

Tabla 27. Ponderación de alternativas

	Costo	Calidad de la Limpieza	Velocidad de producción	Tiempo de entrega	Suma	Porcentaje
1 Costo	7	7	5	19	32%	
2 Calidad de la Limpieza	3	5	7	15	25%	
3 Velocidad de producción	3	3	7	15	25%	
4 Tiempo de entrega	5	3	3	11	18%	

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

Como parámetros fundamentales en la elección de la alternativa tenemos con un 25% la Calidad de limpieza y la Velocidad de Lavado. Que son los parámetros fundamentales para que este proyecto escoja la mejor alternativa.

Entre las alternativas se tienen las siguientes:

Tabla 28. Priorización en relación al costo

	Costo	1	2	3	4	5	Suma	Porcentaje
1	Lavadora nueva		3	1	3	1	8	8%
2	Elaboración de tanque extra de prelavado	7		7	5	3	22	22%
3	Sistema hidráulico de duchas externas	9	3		7	5	24	24%
4	Cambio de sistema de extracción de etiqueta	7	5	3		3	18	18%
5	Aumentar parámetros de limpieza	9	7	5	7		28	28%
							100	100%

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

Se analizan las alternativas vs el costo en la variable 1 de lavadora nueva el costo es extremadamente alto que bordea los \$3.000.000; la fabricación de un tanque de lavado externo tiene un costo de aproximadamente de \$100.000; El sistema de externo de lavado es de bajo costo y está aproximadamente en \$15.000; para el cambio del sistema de extracción de etiquetas el precio está en unos \$50.000, Aumentar los parámetros de limpieza tiene un costo aproximado mensual de \$5.000 dólares mensuales.

Para la obtención de datos se relaciona el precio de lavadora de botellas frente a elaborar un tanque de pre enjuague de \$3.000.000 y \$100.000 respectivamente, por lo que se da valores del 1 al 9 en valores impares y que sumen entre ellos 10 en este caso se da valores de 3 a la alternativa de adquirir una lavadora nueva y 7 al proyecto de construir un tanque de prelavado.

La mejor alternativa en costos es: Aumentar parámetros de limpieza, sin embargo cabe resaltar que al aumentar los parámetros en la lavadora el costo es mensual de aproximadamente \$5.000,00.

Tabla 29. Ponderación por calidad de lavado

	Calidad de la Limpieza	1	2	3	4	5	Suma	Porcentaje
1	Lavadora nueva		7	7	7	9	30	30%
2	Elaboración de tanque extra de prelavado	3		5	5	7	20	20%
3	Sistema hidráulico de duchas externas	3	5		7	7	22	22%
4	Cambio de sistema de extracción de etiqueta	3	5	3		5	16	16%
5	Aumentar parámetros de limpieza	1	3	3	5		12	12%
							100	100%

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

Sin duda la calidad de lavado es importante y la mejor alternativa a esto es una máquina lavadora nueva siendo la mejor alternativa para este parámetro, porque las condiciones de la lavadora actual ya son muy deficientes por su vida útil del equipo.

Existen lavadoras nuevas en las que el problema que tiene Línea 1 no es evidenciado, y sus resultados de producción son similares al formato de Pilsener ámbar de 600 cc, si comparamos y ponderamos la calidad de limpieza entre las alternativas la mejor opción con un 30% es comprar una lavadora nueva.

Una lavadora nueva actual trae mucha tecnología y sus parámetros en la acción mecánica son muy eficientes que ayudan incluso con botellas retornables de vidrio que tienen etiqueta de aluminio en todo el cuello. Gracias a que sus parámetros de limpieza son muy eficientes.

Tabla 30. Ponderación por velocidad de producción

	Velocidad de producción	1	2	3	4	5	Suma	Porcentaje
1	Lavadora nueva		7	5	7	7	26	26%
2	Elaboración de tanque extra de prelavado	3		3	5	7	18	18%
3	Sistema hidráulico de duchas externas	5	7		7	7	26	26%
4	Cambio de sistema de extracción de etiqueta	3	5	3		3	14	14%
5	Aumentar parámetros de limpieza	3	3	3	7		16	16%
							100	100%

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

Para mejorar la productividad está claro mejorar la velocidad del proceso si se comparan las alternativas de solución al problema y si se comparan entre ellas las

mejores opciones son comprar una lavadora nueva y realizar un sistema hidráulico de duchas de lavado. Con el 26% cada una, seguido de la elaboración de un tanque de lavado con el 18%.

Tabla 31. Ponderación por tiempo de entrega

	Tiempo de entrega	1	2	3	4	5	Suma	Porcentaje
1	Lavadora nueva		3	1	3	1	8	8%
2	Elaboración de tanque extra de prelavado	7		1	3	1	12	12%
3	Sistema hidráulico de duchas externas	9	9		9	3	30	30%
4	Cambio de sistema de extracción de etiqueta	7	7	1		1	16	16%
5	Aumentar parámetros de limpieza	9	9	7	9		34	34%
							100	100%

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

El tiempo de entrega del proyecto hace que estas propuestas sean viables porque se necesita solucionar el problema con el menor tiempo posible existen opciones que pueden durar 10 meses o más como la lavadora nueva, al igual que la fabricación de un tanque externo. Ya estos son equipos hechos en Alemania y bajo pedido, el tiempo es un aproximado, y puede durar mucho más.

Aumentar los parámetros de limpieza puede ser la solución más rápida con un 34% pero no siempre es la mejor opción. Para aumentar los parámetros se puede adicionar un aditivo de lavado para mejorar las condiciones de humectación de la solución a la etiqueta de la botella.

La puntuaciones finales establecen la prioridad, y se calculan como la media la ponderada entre los pesos de cada criterio y los grados de adecuación correspondiente

Tabla 32. Resultados de la ponderación de alternativas

		Costo	Calidad de la Limpieza	Velocidad de producción	Tiempo de entrega	PORCENTAJE
		32%	25%	25%	18%	
1	Lavadora nueva	8%	30%	26%	8%	<b>18,0%</b>
2	Elaboración de tanque extra de prelavado	22%	20%	18%	12%	<b>18,7%</b>
3	Sistema hidráulico de duchas externas	24%	22%	26%	30%	<b>25,1%</b>
4	Cambio de sistema de extracción de etiqueta	18%	16%	14%	16%	<b>16,1%</b>
5	Aumentar parámetros de limpieza	28%	12%	16%	34%	<b>22,1%</b>

Fuente: Cervecería Nacional

Elaborado por: Autor

En la Tabla 32 se comparan los resultados de la ponderación teniendo el 25,1% de mejor opción de crear un sistema hidráulico de duchas externas, en esto se analizaron costos, calidad de lavado, velocidad de producción y tiempo de entrega del proyecto.

En la Tabla 28 se explica que la variable del costo tiene mayor ponderación con un 32%, y la mejor opción en costo es la alternativa es: Aumentar parámetros de limpieza. La calidad de limpieza y Velocidad de producción tienen una ponderación del 25%, y las alternativas ganadoras son: Lavadora nueva y el Sistema hidráulico de duchas, respectivamente. La ponderación a la variable del tiempo de entrega tiene el 18% y la alternativa ganadora es: Aumentar los parámetros de limpieza con 34%.

Se calculó con las ponderaciones de las variables frente a las alternativas planteadas. Y la mejor opción es: Sistema hidráulico de duchas externas.

## Estudio de ingeniería

### Parámetros de Diseño

Para la elaboración de un sistema hidráulico se necesita del siguiente estudio de ingeniería el cual es realizar el diseño de las siguientes partes:

- Tanque rectangular de 220 litros o  $0,22 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable 304
- Sistema hidráulico de duchas de limpieza.

Para el diseño del tanque se consideran dos sensores que medirán el nivel de agua. En el diseño del tanque rectangular se tienen los siguientes datos:

### Dimensiones

$L = 1000 \text{ mm} = 0.1 \text{ m}$	Largo del tanque
$W = 880 \text{ mm} = 0.88 \text{ m}$	Ancho del tanque
$H = 250 \text{ mm} = 0.25 \text{ m}$	Altura del sensor

### Esquema del tanque rectangular

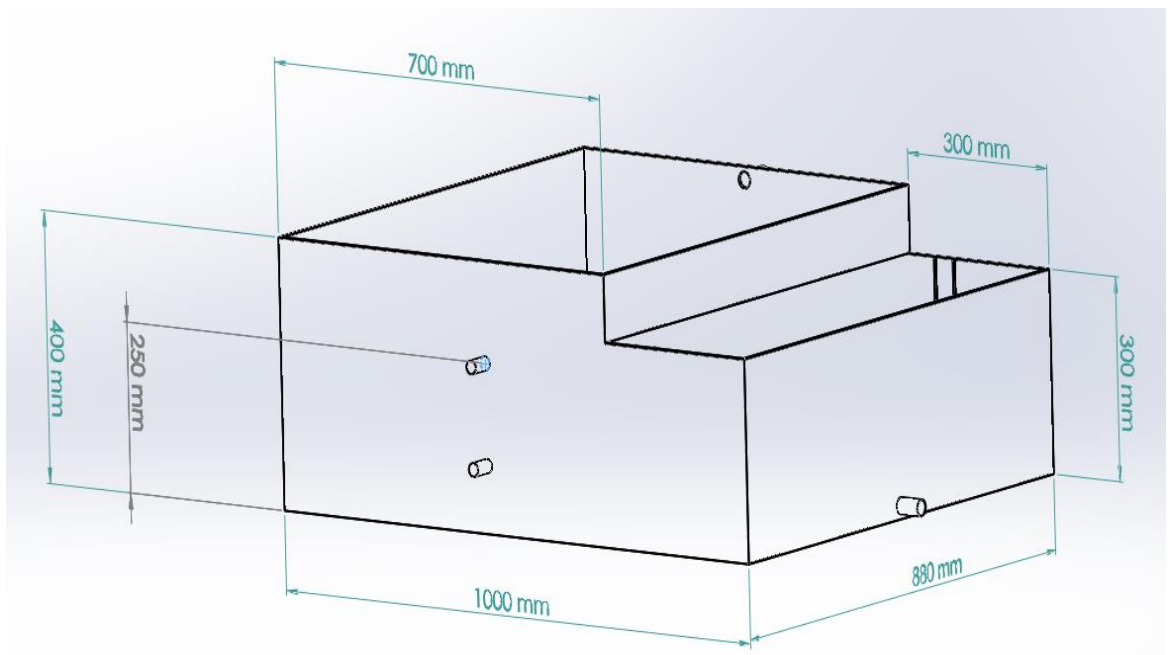


Figura 23. Esquema del tanque rectangular

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

## Diseño del Tanque Rectangular

Los tanques de paredes planas se utilizan solamente para presiones hidrostáticas bajas, debido a su fórmula mecánicamente débil. La cantidad de material requerida para los tanques rectangulares es mucho mayor a los que requieren los tanques cilíndricos de la misma capacidad. Sin embargo, existen ocasiones que se prefiere construir tanques rectangulares por la facilidad en la fabricación.

Los tanques de paredes planas se utilizan con una cantidad de material requerida para los tanques rectangulares es mayor que la que requieren los tanques cilíndricos de igual capacidad. Se prefiere utilizar tanques rectangulares por la facilidad de fabricación y buena utilización de espacio.

El tamaño máximo de los tanques sin elementos atiesadores no pueden ser mayores de  $30 \text{ pies}^3$  o  $0.8495 \text{ m}^3$  de capacidad. Y los que tienen elementos atiesadores tendrán  $140 \text{ pies}^3$  de capacidad. En el caso del sistema que se va a diseñar el volumen es de  $0,22 \text{ m}^3$  por lo que no necesita elementos atistadores.

Para el diseño del tanque se establecerá dimensiones y su capacidad, también se considera la deflexión máxima permitida con la siguiente ecuación:

$$\delta = \frac{L}{500}$$

Dónde:

**L**=lado más largo de la placa

$\delta$  = Deflexión máxima permitida

Soldadura de los bordes de las placas:

En la Figura 24 se ilustran algunas juntas recomendadas para los bordes de las placas

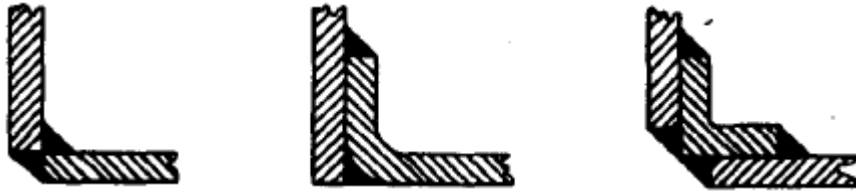


Figura 24. Esquema del tanque rectangular  
Fuente: Manual de recipientes a presión diseño y cálculo  
Elaborado por: Eugene Megyesy.

En la Figura 25 se puede obtener los valores de  $\alpha$  que dependen de la proporción de los lados de un tanque rectangular.

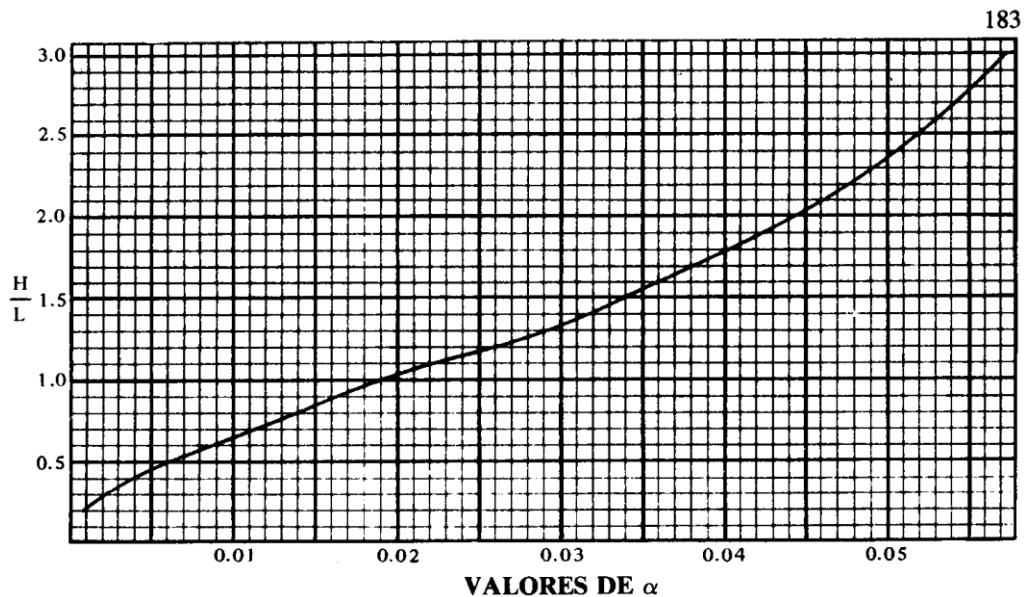


Figura 25. Valores de  $\alpha$  para tanques rectangulares  
Fuente: Manual de recipientes a presión diseño y cálculo  
Elaborado por: Eugene Megyesy.



## Cálculo de paredes del tanque

Para tanques rectangulares sometidos a presión hidrostática se utilizará la siguiente ecuación para espesor en las paredes de la placa.

$$t = 2.45 * L \sqrt{\frac{\alpha * H * 0.036 * G}{S}}$$

Dónde:

$\alpha$ : Factor que depende de la relación de la longitud a la altura del tanque, H/L

G: gravedad específica del líquido

L: longitud del tanque, pulgadas

S: valor de esfuerzo de la placa, lb/pulg<sup>2</sup>

H: altura del tanque

t: espesor de placa requerido, pulgada

También puede usarse el espesor t para la placa del fondo si está apoyada toda su superficie. Para condiciones de corrosión puede incrementarse el espesor t.

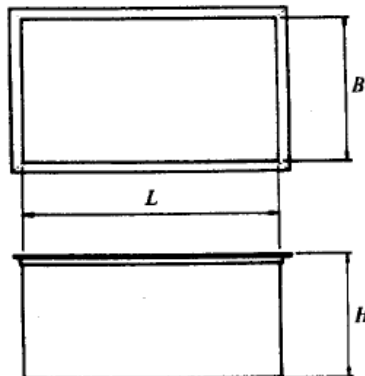


Figura 26. Tanques sometidos a presión hidrostática  
Fuente: Manual de recipientes a presión diseño y cálculo  
Elaborado por: Eugene Megyesy.

Al tener una capacidad  $0,22 \text{ m}^3$  que es menor a  $0.8495 \text{ m}^3$  no se usarán elementos de atiesamiento.

### Cálculo de paredes del tanque

Para la placa del fondo o la base del tanque con soporte para vigas se aplica la siguiente ecuación; se puede añadir el margen por corrosión.

$$t = \frac{l}{1.254 \sqrt{\frac{S}{0.036 * G * H}}}$$

Dónde:

**G:** gravedad específica del líquido

**I:** momento de inercia,  $\text{pulg}^4$

**L:** longitud del tanque, pulgadas ( en el diseño  $L= l$  debido a que va sin vigas).

**S:** valor de esfuerzo de la placa,  $\text{lb/pulg}^2$

**H:** altura del tanque

**t:** espesor de placa requerido, pulgada

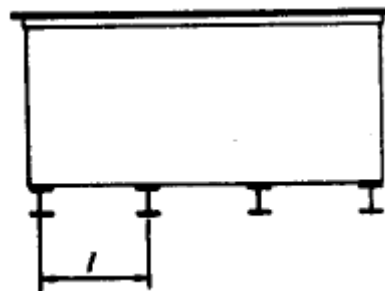


Figura 27. Placa de fondo cuando es soportada con vigas  
Fuente: Manual de recipientes a presión diseño y cálculo  
Elaborado por: Eugene Megyesy.

## Corrosión

En los tanques o recipientes donde está expuesto a corrosión se debe tener en cuenta en los cálculos determinados por las ecuaciones de diseño un margen de espesor para prolongar la vida deseada. Como se trabajará con agua es predecible el desgaste por corrosión por lo tanto un desgaste por corrosión de 5 milésimas de pulgada por año (1/16 de pulg, en 12 años) es satisfactorio para tanques y tuberías.

### Diseño del recipiente para el sistema hidráulico de duchas.

A continuación se muestra el cálculo de un tanque rectangular bajo presión hidrostática sin bastidores de atiesamiento. En este tanque se almacenará el agua que será enviada por una bomba al sistema de duchas para hacer un prelavado de las botellas que ingresan al proceso de lavado de botellas.

### Dimensiones del tanque

$$V_{Tanque} = L * W * H$$

$$V_{Tanque} = 0.1 \text{ m} * 0.88 \text{ m} * 0.25 \text{ m}$$

$$V_{Tanque} = 0.22 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$$

$$V_{Tanque} = 0.22 \text{ m}^3 * 1000 \text{ L}$$

$$V_{Tanque} = 220 \text{ L}$$

La razón por la que no hay bastidores de atiesamiento es porque la capacidad del tanque es de  $0.22 \text{ m}^3$  y como se estableció anteriormente un volumen menor a  $0.8495 \text{ m}^3$  no es necesario poner atiesadores.

## Material escogido

Acero Inoxidable

Son aleaciones de hierro y cromo. El cromo es el elemento más importante que le da al acero una alta resistencia a la corrosión.

La corrosión es la disolución química o electroquímica de un metal o aleación, con pérdida de materia, que depende del material o del ambiente.

### Criterio de selección del acero inoxidable:

- Resistencia a la corrosión y durabilidad general.
- Es fácil de limpiar, desinfectar o esterilizar y tiene gran resistencia a los agentes químicos.
- El mantenimiento del acero inoxidable es barato.
- Es 100% reciclable.

Tabla 33. Propiedades del Acero Inoxidable

Acero Austenítico	Resistencia a la cedencia (N/mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tensión (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad (GPa)
AISI 304	215 a 255	441.5 a 588.6	207

Fuente: Ivan Bohman

Elaborado por: Autor

### Cálculo de espesor para la base o fondo del tanque

Con referencia a lo establecido anteriormente en la sección de tanques rectangulares se toma la ecuación para encontrar el espesor de la plancha de acero inoxidable. Se diseñará la placa con los siguientes datos:

**Datos:**

$$L = 1000 \text{ mm} = 39.37 \text{ pulg}$$

$$H = 250 \text{ mm} = 9.84 \text{ pulg}$$

$$G = \text{gravedad específica del agua} = 1$$

$$S = 255 \frac{N}{\text{mm}^2} = 36984.7 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$t = \frac{39.37}{1.254 \sqrt{\frac{S}{0.036 * G * H}}} + \text{Margen por corrosión}$$

$$t = \frac{39.37}{1.254 \sqrt{\frac{36984.7}{0.036(1)(9.84)}}} + \frac{1}{16}$$

$$t = 0.15966 \text{ pulg}$$

$$t = 4.06 \text{ mm}$$

**Deflexión**

$$\delta = \frac{l}{500} < t_{\min}$$

$$t_{\min} = 0.15966 \text{ pulg}$$

$$\delta = \frac{39.37}{500} = 0.07874 \text{ pulg}$$

$$0.07874 \text{ pulg} < 0.15966 \text{ pulg}$$

Por lo tanto el espesor encontrado es mayor que la deflexión que puede soportar el tanque. Esto nos garantiza que el cálculo fue correcto.

## Presión en las paredes del Tanque

Un sólido es un cuerpo rígido y puede soportar que se le aplique fuerza sin que cambie sensiblemente su forma, un líquido solo puede soportar que se le aplique fuerza en una superficie o frontera cerrada si el fluido no está restringido en su movimiento, empezará a fluir bajo el efecto del esfuerzo cortante en lugar de deformarse elásticamente.

## Fuerza que ejerce el agua sobre las paredes

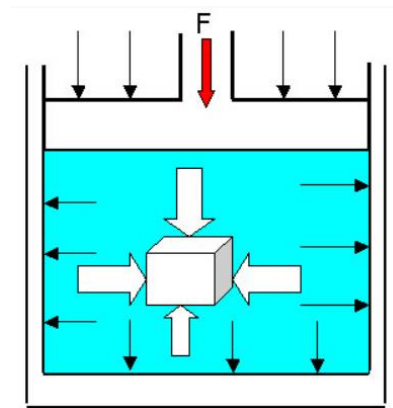


Figura 28. Fuerza que ejerce el agua sobre las paredes  
Fuente: Manual de recipientes a presión diseño y cálculo  
Elaborado por: Eugene Megyesy.

La fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene actúa siempre en forma perpendicular a las paredes. Los líquidos ejercen presión en todas direcciones.

La presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie.

Se disminuyó la superficie se obtendrán presiones muy altas con fuerzas reducidas.

Un recipiente que contiene un líquido soporta una fuerza debido al peso del líquido, y por lo tanto sobre este actúa una presión.

La presión también actúa sobre el líquido mismo, porque las capas superiores también actúan sobre las inferiores.

Es decir, en el interior de un líquido existe una presión originada por su mismo peso, llamada Presión Hidrostática.

### **Presión Hidrostática**

- La presión del interior de un líquido actúa en todas las direcciones
- La presión es más alta cuanto mayor sea la profundidad
- La presión es mayor cuanto mayor sea la densidad del líquido.
- La presión no depende de la forma ni de la amplitud del recipiente

Las paredes o muros de contención son ejemplos clásicos de paredes rectangulares expuestas a una presión que varía desde cero, en la superficie del fluido, a un máximo en el fondo de la pared. La fuerza ejercida por la presión del fluido tiende a hacer girar la pared o romperla en el sitio en que esta fija al fondo.

La fuerza real se distribuye sobre toda la pared, pero para el propósito del análisis se determinara la fuerza resultante y el lugar en el que actúa, el cual se denomina centro de presión. Es decir, si toda la fuerza se concentrara en un solo punto, donde estaría esta y cuál sería la magnitud de la fuerza.

La distribución de la presión sobre las paredes verticales, varía en forma lineal con la profundidad del fluido. Las longitudes de las flechas punteadas representan la magnitud de la presión del flujo en puntos diferentes sobre la pared del tanque.

La distribución de la presión mostrada en la Figura 30, indica que sobre la parte inferior de la pared actúa una porción de fuerza mayor que sobre la parte superior. El centro de presión está en el centroide del triángulo de distribución de la presión, a un tercio.

Presión del flujo en puntos diferentes sobre la pared del tanque

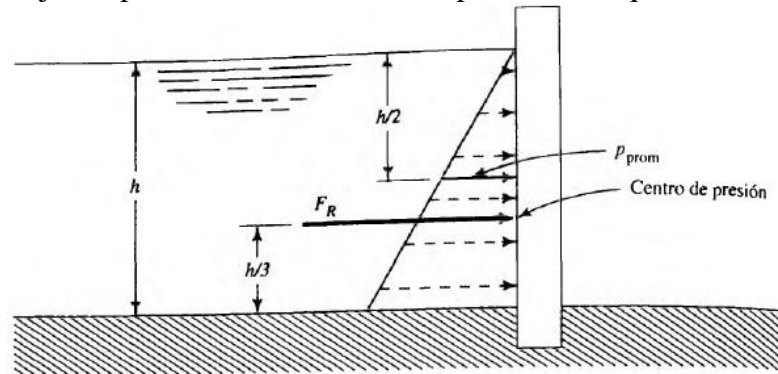


Figura 29. Presión del flujo en puntos diferentes sobre la pared del tanque  
Fuente: Manual de recipientes a presión diseño y cálculo  
Elaborado por: Eugene Megyesy

### Cálculo de espesor en las paredes del tanque

$$t = 2.45 * L \sqrt{\frac{\alpha * H * 0.036 * G}{S}} + \text{Margen por corrosión}$$

#### Datos:

$$L = 1000 \text{ mm} = 39.37 \text{ pulg}$$

$$H = 250 \text{ mm} = 9.84 \text{ pulg}$$

$$G = \text{gravedad específica del agua} = 1$$

$$S = 360 \frac{N}{mm^2} = 52213.7 \frac{lb}{in^2}$$

$$\frac{H}{L} = \frac{9.84}{34.65} = 0.28$$

De la Figura 25 se tiene un  $\alpha$  aproximado de:

$$\alpha = 0.0019$$



$$t = (2.45)(39.37) \sqrt{\frac{(0.0019)(9.84)(0.036)(1)}{52213.7}} + \frac{1}{16}$$

$$t = 0.07345 \text{ pulg}$$

$$t = 1.87 \text{ mm}$$

### Cálculo Hidráulico

Carga de aspiración o succión: Es el valor de la energía que posee el fluido al llegar a la boca de succión de la bomba hidráulica, expresada en metros de líquido. Se define como la suma de la carga de presión, la carga cinética y la altura geográfica o cota en la boca de succión de la bomba, de acuerdo con la Figura 30.

La cantidad de fluido que pasa por un sistema por unidad de tiempo puede expresarse por medio de tres términos distintos:

- Q El *flujo volumétrico* es el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.
- W El *flujo en peso* es el peso del fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.
- M El *flujo másico* es la masa de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo.

El flujo volumétrico se calculó por medio del número de boquillas y las boquillas que se escogió generan 1,44 litros por minuto entonces para 50 boquillas será: (anexo

1)

$$50 * \frac{1.44 \text{ l}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 0.0012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Por lo tanto:

$$Q = 0.0012 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 4.32 \frac{m^3}{h}$$

El flujo volumétrico o la velocidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = A * v$$

### Dimensiones para tuberías

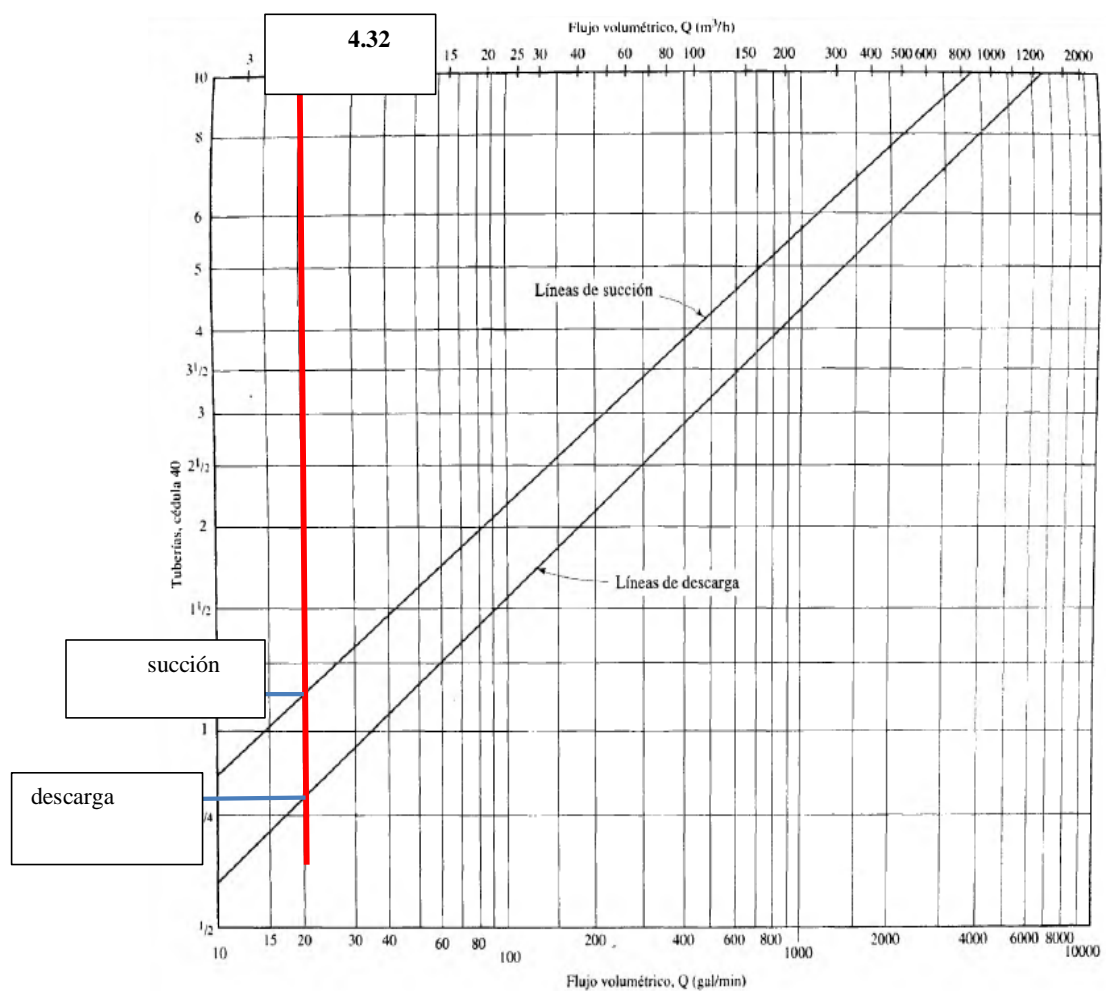


Figura 30. Dimensiones para tuberías  
Fuente: Mecánica de Fluidos de Robert Mott  
Elaborado por. Autor

Como no se encuentra tubos comerciales de exactamente las medidas encontradas se escogen las que más se aproximen por lo tanto:

Velocidad para la línea de succión 1  $\frac{1}{4}$  :

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{Q}{\pi \frac{D^2(\text{interior del tubo})}{4}}$$

$$v = \frac{0.0012 \frac{m^3}{s}}{\frac{\pi * \left(\frac{(35.1)}{1000}\right)^2}{4} m^2}$$

$$v = 1.24 \frac{m}{s}$$

Tabla 34. Velocidad para la línea de descarga en la línea 1

	Diámetro exterior	Espesor	Diámetro interior	Área
Descarga	1 $\frac{1}{4}$ pulg	3,56 mm	35,1 mm	$9.653 \times 10^{-4} m^2$
Succión	1 pulg	33,40 mm	26,6 mm	$5.574 \times 10^{-4} m^2$

Fuente: Mecánica de Fluidos de Robert Mott

Elaborado por: Autor

$$v = \frac{0.012 \frac{m^3}{h}}{\frac{\pi * \left(\frac{(26.6)}{1000}\right)^2}{4} m^2}$$

$$v = 2.16 \frac{m}{s}$$

### Ecuación de Bernoulli

Hay tres formas de energía que se toman siempre en consideración cuando se analiza un problema de flujo en tuberías.

Energía potencial: Debido a su elevación, la energía potencial del elemento en relación con algún nivel de referencia es

$$EP = w * z$$

**w:** peso del elemento

**z:** nivel de referencia

Energía cinética: Debido a su velocidad, la energía cinética del elemento es:

$$EC = \frac{w * v^2}{2 * g}$$

Energía del flujo: Representa la cantidad de trabajo necesario para mover el elemento de fluido a través de cierta sección contra la presión  $p$

$$EF = \frac{w * p}{\gamma}$$

**$\gamma$ :** peso específico del fluido

La cantidad total de energía que posee el elemento de fluido es la suma de las energías, si no hay energía que se agregue o pierda en el fluido entre dos secciones ubicadas en diferentes posiciones, sabiendo que el peso del elemento  $w$  es común en todos los términos se tiene:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 * g}$$

Calculando la presión en la línea de succión (1) con respecto a la línea de descarga (2), en la línea de descarga se considera una presión de 1.5 a 2 bares.

$$\frac{p_1}{9.69 \frac{kN}{m^3}} + 0.15 m + \frac{\left(1.24 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} = \frac{2.5 \times 10^5 \frac{N}{m^2}}{9.69 \frac{kN}{m^3}} + 1.5 m + \frac{\left(2.16 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}$$

$$p_1 = 264626 Pa$$

La temperatura máxima a la que puede estar el agua es a 50°C el peso específico es de  $9.69 \frac{kN}{m^3}$ .

### **Pérdidas y ganancias de energía**

Una bomba es un dispositivo mecánico que añade energía a un fluido. Un motor eléctrico u otro tipo de aditamento impulsan al eje rotatorio en la bomba. La bomba aprovecha esta energía cinética y la transmite al fluido. Lo que provoca el movimiento de este y el incremento de su presión.

### **Fricción del fluido**

Un fluido en movimiento presenta resistencia por fricción al fluir. Parte de la energía del sistema se convierte en energía térmica, que se disipa a través de las paredes de la tubería por la que circula el fluido. La magnitud de la energía que se pierde depende de las propiedades del fluido, velocidad del flujo, tamaño de la tubería, acabado de la pared de la tubería y la longitud.

### **Válvulas y accesorios**

Los elementos que controlan la dirección o el flujo volumétrico del fluido en un sistema generen turbulencia, lo que ocasiona que la energía se disipe como calor. En un sistema grande la magnitud de las pérdidas por las válvulas y accesorios, por lo general es pequeña en comparación con las pérdidas por fricción en las tuberías, siendo las pérdidas menores.

Las pérdidas y ganancias de energía en un sistema se contabilizan en términos de energía por unidad de peso del fluido que circula por él. Algunas de estas pérdidas son las siguientes:

$h_A$  = Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba; es frecuente que se le denomine carga total sobre la bomba.

$h_R$  = Energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico como un motor de fluido.

$h_L$  = Pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías, o pérdidas menores por válvulas y otros accesorios.

La magnitud de las pérdidas de energía que producen la fricción del fluido se expresa así:

$$h_L = K \frac{v^2}{2 * g}$$

K: coeficiente de resistencia.

Para el cálculo de las pérdidas se hace referencia a la ecuación de energía con el empleo de punto de referencia en la superficie del tanque:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} + h_A - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 * g}$$

Los primeros tres términos del lado izquierdo de esta ecuación representan la energía que tiene el fluido en el punto 1, en forma de carga de presión, carga de elevación y carga de velocidad. Los términos del lado derecho de la ecuación representan la energía y el fluido en el punto 2. El sistema tiene tuberías en serie, la

pérdida total de energía es la suma de las pérdidas individuales menores más todas las pérdidas provocadas por la fricción.

El término  $h_A$  representa la carga total sobre la bomba, y emplea como uno de los parámetros principales para seleccionar una bomba y determinar su rendimiento.

El término  $h_L$  denota la energía total que se pierde en el sistema en cualquier lugar entre los puntos de referencia 1 y 2. Es posible que existan varios factores que contribuyen a las pérdidas de energía como son las pérdidas menores y las pérdidas por fricción. Para el problema planteado y con el diseño especificado para el diseño del tanque se tomara las siguientes pérdidas con sus respectivas ecuaciones:

#### Diseño completo tanque – boquillas

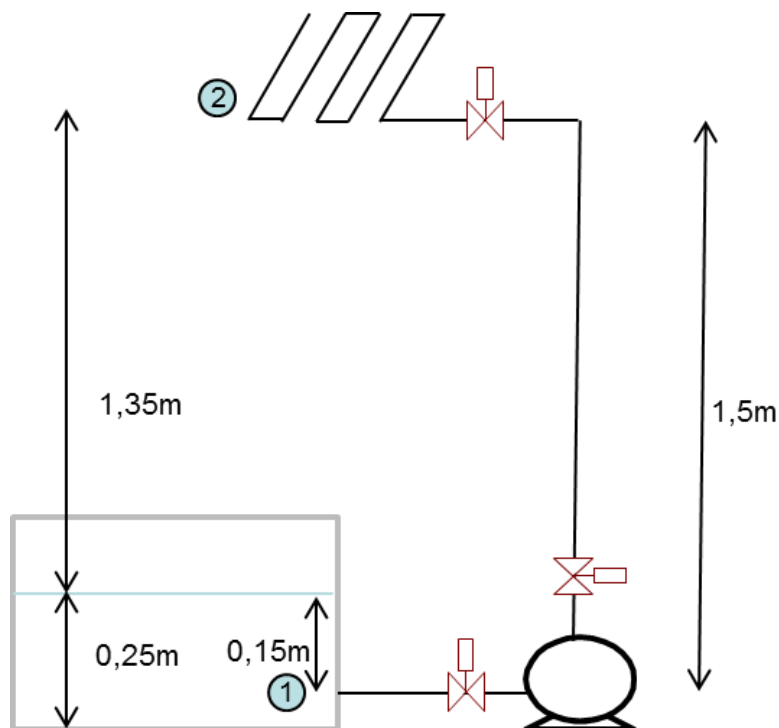


Figura 31. Diseño completo tanque- boquillas

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

**Para la línea de succión:**

$$h_1 = K \frac{v_s^2}{2 * g}, \text{ pérdida en la entrada}$$

$$h_2 = f_s * \frac{L}{D} * \frac{v_s^2}{2 * g}, \text{ pérdida por fricción en la línea de succión}$$

$$h_3 = f_{dR} * \frac{L_e}{D} * \frac{v_d^2}{2 * g}, \text{ pérdida en la válvula tipo bola}$$

**Para la línea de descargar:**

$$h_4 = f_{dR} * \frac{L_e}{D} * \frac{v_d^2}{2 * g}, \text{ pérdida en la válvula tipo bola}$$

$$h_5 = f_{dR} * \frac{L_e}{D} * \frac{v_d^2}{2 * g}, \text{ pérdida en los codos a } 90^\circ \text{ de radio largo}$$

$$h_6 = f_d * \frac{L}{D} * \frac{v_d^2}{2 * g}, \text{ pérdida por fricción en la línea de descarga}$$

$$h_7 = 1 * \frac{v_d^2}{2 * g}, \text{ pérdida en la salida}$$

Por lo tanto la pérdida total será:

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7$$

Se utilizan las superficies de los depósitos como puntos de referencia, y se tiene:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} + h_A - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 * g}$$



$$z_1 + h_A - h_L = z_2$$

Ordenando la ecuación para la carga total queda de la siguiente manera:

$$h_A = z_2 - z_1 + h_L$$

Debido a que se requiere la carga de velocidad en las líneas de succión y descargar para cada pérdida de energía, ahora se calculará estos valores. Después se seguirá un procedimiento para llegar al objetivo, que es, la curva del sistema.

Se tiene los siguientes datos calculados anteriormente:

$$Q = 0.0012 \frac{m^3}{s}$$

$$v_s = 1.24 \frac{m}{s}$$

$$v_d = 2.16 \frac{m}{s}$$

Los subíndices  $s$  y  $d$  representan la línea de succión y la línea de descarga respectivamente.

$$\frac{v_s^2}{2 * g} = \frac{0.675^2}{2 * 9.81} = 0.0784 m$$

$$\frac{v_d^2}{2 * g} = \frac{1.09^2}{2 * 9.81} = 0.237 m$$

Para determinar las pérdidas de energía por fricción en las líneas de succión, de descarga y las pérdidas menores, se necesita el número de Reynolds, la viscosidad y el factor de fricción para cada tubería

## Numero de Reynolds

El comportamiento de un fluido en las pérdidas de energía, depende de que el flujo sea laminar o turbulento, la ecuación siguiente muestra la definición del número de Reynolds:

$$N_R = \frac{v * D * \rho}{\eta}$$

$\eta$ : viscosidad

$v$ : velocidad promedio del flujo

Si el número de Reynolds para el flujo es menor que 2000, este será laminar. Si es mayor que 4000, el flujo es turbulento.

Para el agua a 50°C,  $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$  y  $\eta = 4.60 \times 10^{-4} Pa * s$ . Para la línea de succión se tiene:

$$N_R = \frac{(1.2)(0.0351)(1000)}{5.41 \times 10^{-4}}$$

$$N_R = 9.46 \times 10^4$$

Como el flujo es turbulento, el valor de  $f_s$  debe evaluarse, esto se pudo realizar por medio del diagrama de Moody o simplemente utilizando la siguiente ecuación:

$$f_s = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 * \frac{D}{\epsilon}} + \frac{5.74}{N_R^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$\epsilon$ : rugosidad del material

La rugosidad del material es  $\epsilon = 4.6 \times 10^{-5}$  se obtiene del anexo 2

$$\frac{D}{\epsilon} = \frac{0.0351}{4.6 \times 10^{-5}}$$

$$\frac{D}{\epsilon} = 763$$

Donde

$$f_s = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{(3.7)(763)} + \frac{5.74}{(9.46 \times (10)^4)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f_s = \mathbf{0.02347}$$

De la misma forma para la línea de descarga

$$N_R = \frac{0.675 * 0.029 * 1000}{5.41 \times 10^{-4}}$$

$$N_R = 1.25 \times 10^5$$

El flujo también es turbulento. Al evaluar el factor de fricción  $f_d$ , quedó

$$\frac{D}{\epsilon} = \frac{0.029}{4.6 \times 10^{-5}}$$

$$\frac{D}{\epsilon} = 459.33$$

Donde

$$f_d = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{1}{3.7 * 459.33} + \frac{5.74}{(9.46 \times (10)^4)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f_d = \mathbf{0.02547}$$

Ahora, se regresa a los cálculos de pérdida de energía e ir calculando cada h. Se comenzará por  $h_1$ .

Para una entrada con una tubería que se proyecta hacia adentro  $K=1$ , del anexo 3.

$$h_1 = K \frac{v_s^2}{2 * g}$$

$$h_1 = 1 * 0.0784$$

$$\mathbf{h_1 = 0.0784 m}$$

Ahora se calcula  $h_2$ , la pérdida por fricción en la línea de succión.

$$h_2 = f_s * \frac{L}{D} * \frac{v_s^2}{2 * g}$$

$$h_2 = 0.02347 * 4.27 * 0.0784$$

$$\mathbf{h_2 = 0.00786 m}$$

Luego, se calcula  $h_3$ , la pérdida de energía en la válvula de la línea de succión, para esto se necesita saber la razón de longitud equivalente  $\frac{L_e}{D}$  para una válvula de verificación tipo bola abierta por completo es  $\frac{L_e}{D} = 150$ , del anexo 4. El factor de fricción es  $f_{dR} = 0.025$ , del anexo 4.

$$h_3 = f_{dR} * \frac{L_e}{D} * \frac{v_s^2}{2 * g}$$

$$h_3 = 0.025 * 150 * 0.0784$$

$$\mathbf{h_3 = 0.294 m}$$

Luego, se calcula  $h_4$ , la pérdida de energía en la válvula de la línea de descarga, para lo cual es necesario saber la razón de longitud equivalente  $\frac{L_e}{D}$  para una válvula de verificación tipo bola abierta por completo es  $\frac{L_e}{D} = 150$ , del apéndice C. El factor de fricción es  $f_{dT} = 0.025$ , del anexo 4. Se multiplica por 2 al tener dos válvulas.

$$h_4 = 2 * f_{dT} * \frac{L_e}{D} * \frac{v_s^2}{2 * g}$$

$$h_4 = 2 * 0.025 * 150 * 0.237$$

$$\mathbf{h_4 = 1.78 m}$$

Ahora se calcula  $h_5$ , la pérdida de energía en los dos codos a  $90^\circ$ . Para los codos estándar a  $90^\circ$  de radio largo,  $\frac{L_e}{D} = 20$ . El factor de fricción es  $f_{dT} = 0.025$ . Entonces, se tiene para 11 codos.

$$h_5 = f_{dT} * \frac{L_e}{D} * \frac{v_d^2}{2 * g}$$

$$h_5 = 11 * 0.025 * 20 * 0.237$$

$$\mathbf{h_4 = 1.31 m}$$

Se calcula  $h_6$ , la pérdida por fricción en la línea de descarga. Se tiene seis líneas de descarga para cada tubo por lo tanto:

$$h_6 = f_d * \frac{L}{D} * \frac{v_d^2}{2 * g}$$

$$h_6 = 0.02547 * 227.44 * 0.237$$

$$\mathbf{h_6 = 1.38m}$$

Sigue el cálculo de  $h_7$ , la pérdida en la salida.

$$h_7 = 1 * \frac{v_d^2}{2 * g}$$

$$h_7 = 1 * 0.237$$

$$\mathbf{h_7 = 0.0609 m}$$

Con esto termina el cálculo de las pérdidas individuales de energía. Es posible determinar la pérdida total  $h_L$ .

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7$$

$$h_L = 0.0232 m + 0.00359 m + 0.228 m + 0.0913 m + 0.3045 m + 2.92 m + 0.0609 m$$

$$\mathbf{h_L = 4.79 m}$$

De la ecuación de la energía, la expresión para la carga total sobre la bomba es

$$h_A = z_2 - z_1 + h_L$$

$$h_A = 1.35 + 4.79$$

$$\mathbf{h_A = 6.14 m}$$

Y se puede calcular la potencia suministrada a la bomba.

$$P_A = h_A * \gamma * Q$$

$$\mathbf{P_A = 71.4 W}$$

En resumen todos los resultados se encuentran en la Tabla 35. Esta tabla se tomó como una hoja de cálculo para poder hacer la curva del sistema. Los datos tomados

para la curva del sistema fueron el caudal y la carga dinámica total  $h_a$ , que está dada por:

$$h_a = (z_2 - z_1) + \frac{p_2}{\gamma} + h_L$$

$$h_a = 1.35 + \frac{4 \times 10^5}{9.69 \times 10^3} + 4.79$$

$$h_a = 6.2 \text{ m}$$

Esta ecuación se emplea para evaluar para cada caudal, el caudal se evaluó desde 0 hasta  $0.000413 \text{ m}^3/\text{s}$  con un intervalo de uno en uno como se muestra en la Tabla 35.

Tabla 35. Curva del sistema

gal/min	m
0	1,35
1,9047619	1,40
3,80952381	1,55
5,71428571	1,79
7,61904762	2,13
9,52380952	2,56
11,4285714	3,09
13,3333333	3,71
15,2380952	4,43
17,1428571	5,24
19,047619	6,07
20,952381	7,06

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Obteniendo así la Figura 32, donde se puede apreciar la curva del sistema con los datos de la Tabla 35.

## Curva del sistema

Tabla 36. Resumen de datos

MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA		SISTEMA EN SERIE	
Objetivo: curva del sistema		Puntos de referencia para la ecuación de la energía	
Figura 33		Punto 1: Superficie del depósito inferior Punto 2: Superficie de la última boquilla	
<b>Datos del sistema:      Unidades del Sistema Internacional</b>			
Flujo volumétrico: $Q= 0.0012 \text{ m}^3/h$		Elevación en el punto 1= 0 m	
Presión en el punto 1= 0 Pa		Elevación en el punto 2= 1.35 m	
Presión en el punto 2= $2.5 \times 10^5$ Pa		Si el punto está en la tubería: $v_1$ "=B20" o $v_2$ "=E20"	
Velocidad en el punto 1= 0.00 m/s		Carga de velocidad en el punto 1= 0.00 m	
Velocidad en el punto 2=0.00 m/s		Carga de velocidad en el punto 2= 0.00 m	
<b>Propiedades del fluido:</b>			
Peso específico= $9690 \text{ N/m}^3$		Viscosidad= $5.41 \times 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{s}$	
<b>Tubo 1: tubería de acero de 1 1/4 pulg</b>		<b>Tubo 2: tubería de acero de 1 pulg cedula 40</b>	
Diámetro: $D=0.0351 \text{ m}$		Diámetro: $D=0.0266 \text{ m}$	
Rugosidad de la pared: $\epsilon=4.6 \times 10^{-5} \text{ m}$		Rugosidad de la pared: $\epsilon=4.6 \times 10^{-5} \text{ m}$	
Longitud: $L= 0.15 \text{ m}$		Longitud: $L= 6.05 \text{ m}$	
Area: $A= 9.68 \times 10^{-4} \text{ m}^2$		Area: $A= 5.56 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	
$D/\epsilon= 763$		$D/\epsilon= 578$	
$L/D= 4.27$		$L/D= 227.44$	
Velocidad del flujo= $1.24 \text{ m/s}$		Velocidad del flujo= $2.16 \text{ m/s}$	
Carga de velocidad= $0.0784 \text{ m}$		Carga de velocidad= $0.238 \text{ m}$	
Numero de Reynolds= $9.46 \times 10^4$		Numero de Reynolds= $1.25 \times 10^5$	
Factor de fricción: $f= 0.02347$		Factor de fricción: $f= 0.02426$	
<b>Pérdida de energía en la tubería 1: Qty.</b>			
Tubería: $K_1= 0.10$	1	Pérdida de energía $h_{L1}= 0.00786 \text{ m}$	
Pérdida en la entrada: $K_2= 1.00$	1	Pérdida de energía $h_{L2}= 0.0784 \text{ m}$	
Válvula tipo bola: $K_3= 3.75$	1	Pérdida de energía $h_{L3}= 0.0294 \text{ m}$	
Elemento 4: $K_4= 0.000$	1		
<b>Pérdidas de energía en la tubería 2: Qty.</b>			
Tubería: $K_1= 8$	1	Pérdida de energía $h_{L1}= 1.38 \text{ m}$	
Válvula tipo bola : $K_2= 3.75$	2	Pérdida de energía $h_{L1}= 1.78 \text{ m}$	
2 Codos estándar: $K_3= 0.75$	11	Pérdida de energía $h_{L1}= 1.307 \text{ m}$	
Pérdida en la entrada: $K_4= 1.00$	1	Pérdida de energía $h_{L1}= 0.0238 \text{ m}$	
<b>Resultados:</b>		<b>Pérdida total de energía: <math>h_{Ltot}=4.72 \text{ m}</math></b>	
		<b>Carga total sobre la carga: <math>h_A=6.07 \text{ m}</math></b>	
		<b>Potencia agregada al fluido: <math>P=70.6 \text{ W}</math></b>	
		<b>Eficiencia de la bomba: 0.85</b>	
		<b>Potencia de entrada de la bomba: 83.1 W</b>	

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor



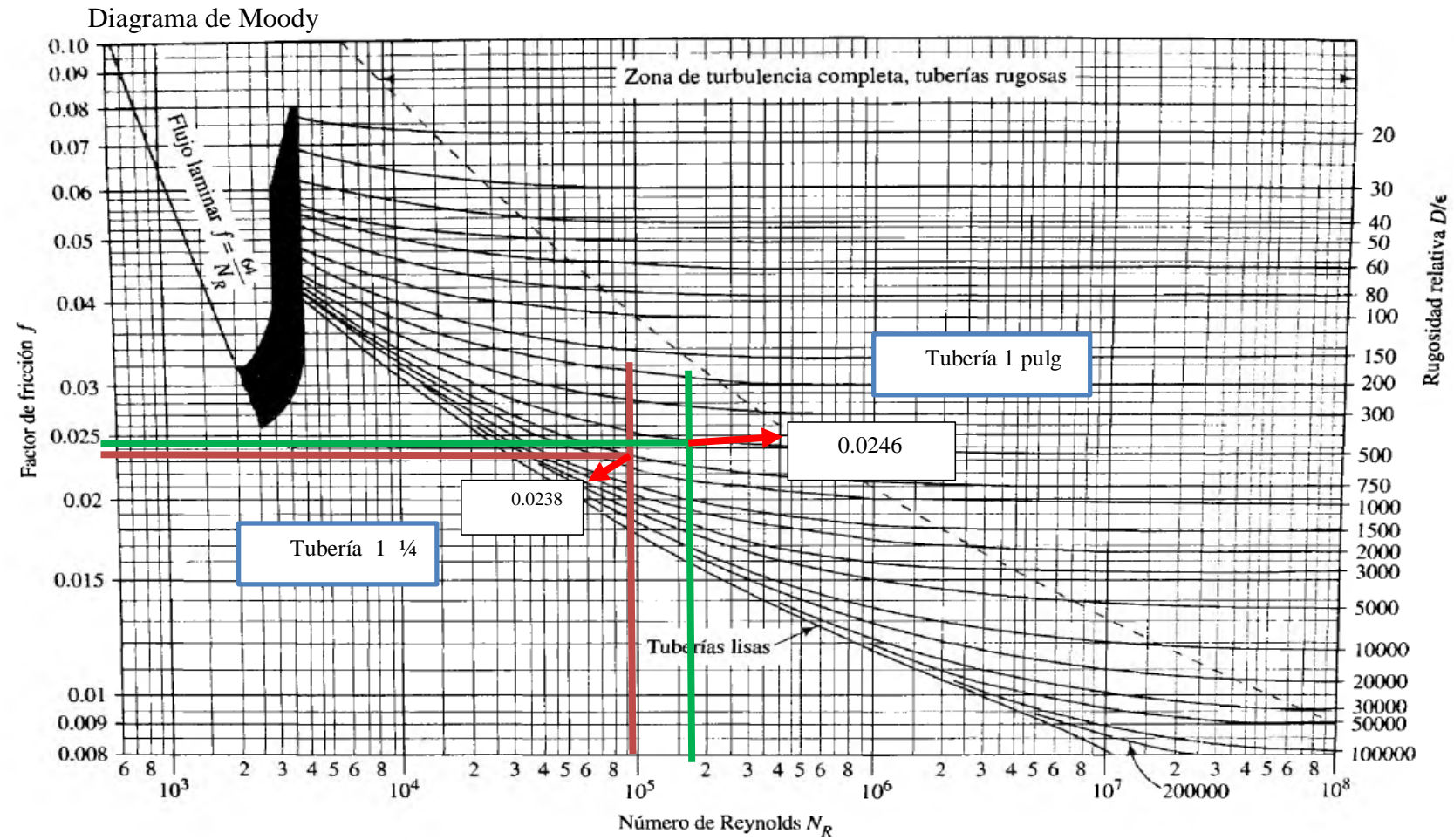


Figura 32. Diagrama de Moody  
Fuente: Mecánica de fluidos de Moody  
Elaborado por: Autor

Con la Figura 34 se debe seleccionar la bomba y el corte de operación se da entre la curva del diámetro de impulsión y la curva del sistema. Llegando a la Figura 33.

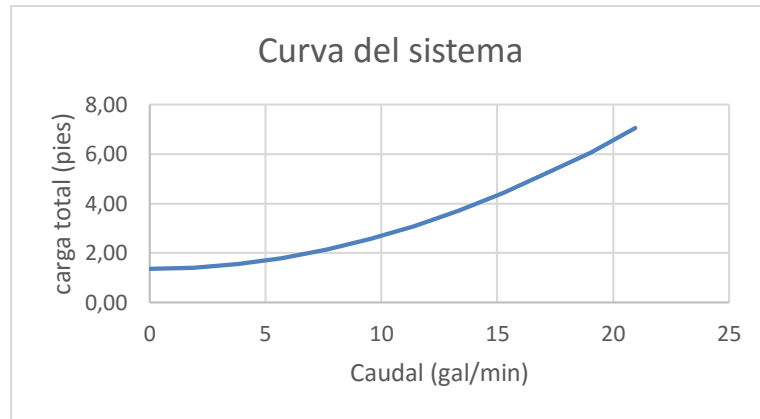


Figura 33. Curva del sistema  
Fuente: Mecánica de Fluidos de Robert Mott  
Elaborado por: Autor

### Selección de bomba

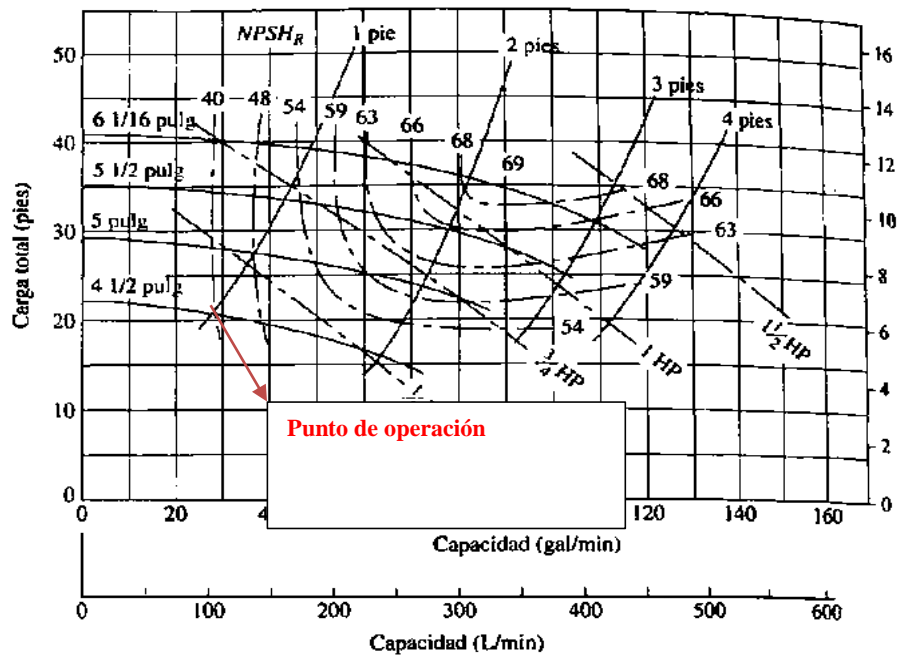


Figura 34. Selección de bomba  
Fuente: Mecánica de Fluidos  
Elaborado por: Autor

En Figura 34 se observa en el punto de operación.

La selección de la bomba tiene las siguientes características:

- Una bomba centrífuga  $1\frac{1}{2} \times 3-6$  a 1750 rpm, impulsor con diámetro de  $4\frac{1}{2}$  pulgadas.
- El puerto de succión es de  $1\frac{1}{4}$  pulgada; el de descarga es de 1 pulgada.
- Capacidad=  $Q= 12$  gal/min.
- Carga total  $h_a=23$  pies.
- Eficiencia=40%

Potencia de entrada=  $P=1/2$  hp.

## Análisis financiero

### Análisis financiero situación inicial

#### Capacidad de producción diaria

Es fundamental conocer la capacidad de producción de la lavadora de botellas en la Línea 1 de la planta de Cervecería Nacional ubicada en Cumbayá utilizando la capacidad instalada de la Tabla 1, 45000 botellas/hora, para lo cual se calcula la producción diaria con una eficiencia del 92% (dato generado por metas de producción). Y con 7,5 horas de producción.

Se calcula las botellas que se debe producir en un día de producción. Para esto se realizará una regla de tres simple calculados de la siguiente manera:

7,5 horas por turno  $\longrightarrow$  en un día existe 3 turnos por lo tanto son 22,5 horas de producción al día.

Las 1,5 horas del día se realiza limpiezas COP en equipos en contacto directo con el producto como son la llenadora.

45000 botellas/hora con una eficiencia de 96,39%

$$X = 45000 \times 0,9639 = 43376 \text{ botellas/hora}$$

Cantidad de botellas producidas por cada día

$$X = 43376 \frac{\text{botellas}}{\text{hora}} \times 22,5 \frac{\text{hora}}{\text{dia}} = 975960 \text{ botellas/dia}$$

*Capacidad Producción Diaria = 975960 botellas/dia*

## **Productividad**

Es la relación que existe entre la cantidad de botellas producidas y los recursos utilizados por lo que si se mejora la cantidad de botellas producidas se disminuyen los recursos utilizados y aumenta la productividad de la Línea de producción, y el crecimiento de la compañía.

Con el sistema hidráulico de duchas se busca incrementar la velocidad de lavado en el formato Light de 27.752 botellas/hora que se producen actualmente a 30.000 botellas/hora, por lo tanto con referencia a la Tabla 16 los valores de productividad en el formato Light son 105,37 botellas lavadas/ 1 USD. Con el sistema hidráulico de duchas el incremento de la productividad pasa a 110,64 botellas lavadas/ 1 USD que equivale a un aumento de productividad del 5%.

## **Costos de producción**

### **Costos variables**

Los costos variables de producción son todos los costos que intervienen en la producción de una botella producida estos son, materia prima, insumos, y los consumos que la lavadora de botellas necesita para producir botellas limpias.

Para encontrar estos costos es necesario conocer todos los elementos que intervienen en la producción de una botella producida. En las Tablas 37 y 38 se encuentran los costos variables para producir un día de producción de botellas.

Tabla 37. Costo de producción Variable para formato Pilsener

<b>Costos Variables Pilsener \$/día</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
Agua ablandada	\$ 541,35
Tratamiento Efluente	\$ 533,15
Sosa Cautica	\$ 660,00
Vapor Saturado	\$ 1.855,56
Aditivos	\$ 556,67
<b>Total</b>	<b>\$ 4.146,72</b>

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

Tabla 38. Costo de producción Variable para formato Light

<b>Costos Variables Light \$/día</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
Agua ablandada	\$ 541,35
Tratamiento Efluente	\$ 533,15
Sosa Cautica	\$ 780,00
Vapor Saturado	\$ 2.714,11
Aditivos	\$ 556,67
<b>Total</b>	<b>\$ 5.125,27</b>

Fuente: Cervecería Nacional  
Elaborado por: Autor

Estos costos varían debido a que las condiciones de los parámetros de limpieza no son los mismos y varía en cada formato que la línea produce, y son la temperatura, consumo de materia prima como sosa cáustica, aditivos.

### **Costos fijos**

Los costos fijos son de producción son: mano de obra, mantenimiento, seguros, predial de infraestructura, energía eléctrica, trabajos administrativos, sueldos.

Los costos para el proceso de lavado de botellas están detallados en la Tabla 39.

Tabla 39. Costos de producción fija

<b>Costos Fijos de Producción \$/día</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
Energía Eléctrica	\$ 84,70
Predial	\$ 17,84
Mantenimiento	\$ 21,60
Seguros	\$ 645,16
Mano de obra	\$ 756,00
<b>Total</b>	<b>\$ 1.525,30</b>

Elaborado por: Autor

Fuente: Cervecería Nacional

### **Costos totales**

Los costos totales (CT) son la suma de los costos fijos (CF) y los costos variables (CV) para este cálculo se utilizará la fórmula de

$$CT = CF + CV$$

$$CT = \$4.146,72 + \$1.525,30$$

$$CT = \$ 5.622,02 \text{ Pilsener}$$

Se realizan los mismos cálculos para determinar los costos del formato Light.

Tabla 40. Costos totales de producción \$/ día

<b>Costos totales de producción \$/día</b>	
<b>Formato</b>	<b>Costo</b>
Pilsener	\$ 5.672,02
Light	\$ 6.650,57

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá

Elaborado por: Autor

## Análisis financiero con la propuesta

### Productividad en la Planta de Cervecería Nacional con la implementación de la propuesta

Como se dijo anteriormente la productividad es la relación que existe entre la cantidad de botellas producidas los recursos utilizados, se aplicará la fórmula para el cálculo de la productividad luego de haber realizado la propuesta y poder compararlos con los datos obtenidos anteriormente.

### Capacidad del Proceso de lavado

Tabla 41. Velocidades de producción Actual

Velocidades actuales		
Formato	Capacidad Instalada Botellas /hora	Actual Botellas/hora
Pilsener	45000	43376
Light	45000	27752

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: Autor

Tabla 42. Eficiencia de la producción

Formato	Capacidad de producción instalada Botellas/día	Producción botellas/día máxima real	Eficiencia
Pilsener	1012500	975960	<b>96,39%</b>
Light	1012500	624420	<b>61,67%</b>

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: Autor

La capacidad de lavado de la máquina lavadora de botellas es de 45000 botellas/hora pero en la actualidad las velocidades máximas por cada formato son de las Tablas 41 y 42.

Y está calculado con 7,5 horas de producción por turno es decir 22,5 horas/día



Se calcula la eficiencia estimada actual del proceso de lavado de botellas con los diferentes formatos con el siguiente cálculo para determinar la eficiencia en formato Pilsener y en formato Light

$$Eficiencia = \frac{Producción Actual}{Capacidad instalada} \times 100\%$$

$$Eficiencia = \frac{975960}{1012500} \times 100\%$$

$$Eficiencia Pilsener = 96,39\%$$

$$Eficiencia Light = 61,67\%$$

### **Capacidad efectiva**

La capacidad instalada está dada por la velocidad de la llenadora que su capacidad máxima de producción, es de 45.000 botellas por hora, en 3 turnos de 7,5 horas cada turno, el 0,5 horas restantes de cada turno son para conservar la calidad del producto y en este tiempo se limpia y desinfecta la llenadora porque es pasterización flash y las normal de inocuidad lo establecen así.

La capacidad instalada al día se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & \text{velocidad de producción máxima} * 3 \text{ turnos} * 7,5 \text{ horas al día} \\ & = \text{Capacidad de producción instalada} \end{aligned}$$

$$\text{Capacidad de producción instalada} = (45000)(3)(7,5)$$

$$\text{Capacidad de producción instalada} = 1012500 \text{ botellas producidas /día}$$

Tabla 43. Eficiencia de producción Actual vs Estimado

<b>Eficiencia de producción Actual vs Estimado</b>					
<b>Formato</b>	<b>Capacidad de producción instalada Botellas/día</b>	<b>Producción máxima real</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>Producción Esperada</b>	<b>Eficiencia Esperada</b>
Pilsener	1012500	975960	96,39%	980000	96,79%
Light	1012500	624420	61,67%	675000	66,67%

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: Autor

La producción estimada en el formato Pilsener tiene un aumento del 0,4% mientras que en el formato de Light el aumento estimado es del 5% de su producción.

Esto es posible porque el sistema hidráulico de duchas de lavado externo, mejora la calidad de lavado de la botella sucia con una mejor humectación de la botella para remover la etiqueta del formato Light que es una etiqueta metalizada, permitiendo aumentar la velocidad del proceso de producción disminuyendo el rechazo que el inspector tiene.

#### **Costos de producción por cada Formato**

Es la cantidad de unidades producidas y vendidas al mes se utilizará para este cálculo la siguiente fórmula de precio de venta

*Costos de producción = Unidades x Costo de producción por unidad producida*

*Costos de producción = 975960 unidades x \$0,00581 formato Pilsener*

*Costos de producción = 624420 unidades x \$0,01065 formato Light*

*Costos diarios = 5672,02 USD Formato Pilsener*

*Gastos diarios = 6657,27 USD Formato Light*

## Ahorros operacionales

La productividad de la línea en el formato Light aumentará 5% que generan un aumento de producción de 50.580 botellas al día

Tabla 44. Diferencia de producción Botellas/día y ahorros en la producción

	<b>Diferencia en la producción Botellas/día</b>	<b>Ahorros en la producción</b>
Pilsener	4040	\$ 23,47
Light	50580	\$ 538,71

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: Autor

## Costos del proyecto

Tabla 45. Costo del proyecto

<b>Materiales</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor</b>
Planchas acero inoxidable	1000x2,44 mm	1	\$2.450,00
Base	pared	2	\$700,10
Sensores de nivel		2	\$1.685,00
Tubería de acero	succión	1 1/4 pulgada	\$55,35
Tubería de acero	descarga	1 pulgada	\$420,25
válvulas tipo bola	1 pulgada	3	\$810,12
codos radio largo 90 grados	1 pulgada	11	\$460,00
Boquillas		50	\$1.234,00
rejillas		2	\$350,00
mano de obra		*	\$3.400,00
gastos varios		*	\$1.500,00
bomba	1 1/2x3-6 1750 rpm	1	\$2.500,00
		<b>Total</b>	<b>\$15.564,82</b>

Fuente: Cervecería Nacional de Cumbayá  
Elaborado por: Autor

## Indicadores financieros VAN y TIR

El Valor Actual Neto (VAN) es utilizado para establecer el valor presente de un flujo de caja futuro originados por una inversión, para obtener estos indicadores es necesario conocer algunos datos como son: la ganancia actual de operación, y el

tiempo utilizado para los cálculos es de 30 días de trabajo, con la inversión inicial que es de 15.568,82 USD, el flujo de efectivo neto que se muestra en la Tabla 46, se calcula restando el flujo de ingresos de cada ciclo con el flujo de egresos del mismo ciclo estos valores se los puede ver en la Tabla 47.

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) en una inversión está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN) o (VPN) es igual a cero, también es conocido como la tasa de flujo de efectivo descontado de retorno en términos de porcentaje, también conocida la tasa de rentabilidad libre de riesgo, se tomarán 30 días después de la implementación de la propuesta.

#### **Cálculo de la tasa de interés**

De acuerdo al Banco Central del Ecuador la tasa de interés activa efectiva máxima vigente hasta agosto del 2017 para el segmento productivo Empresarial es de 10,21 % anual, la inflación en el 2016 fue de 1,2%, entonces se realiza el cálculo utilizando la siguiente fórmula obtenida Anexo 5

$$\text{Tasa de descuento} = i + f + if$$

$$\text{Tasa de descuento} = 0,1021 + 0,012 + (0,1021 * 0,012)$$

$$\text{Tasa de descuento} = 11,53\% \text{ anual}$$

*Donde:*

*i: Tasa de interés pasiva*

*f: Índice inflacionario.*

Se tabulan los ingresos y egresos en un periodo de 20 días de producción con el formato Light.

Tabla 46. Datos para el cálculo del flujo de efectivo neto

Flujo de Ingresos		Flujo de Egresos		Flujo de Ingresos		Flujo de Egresos	
DIA	USD	DIA	USD	DIA	USD	DIA	USD
1	\$ 7.195,98	1	\$ 6.657,27	16	\$ 7.195,98	16	\$ 6.657,27
2	\$ 7.195,98	2	\$ 6.657,27	17	\$ 7.195,98	17	\$ 6.657,27
3	\$ 7.195,98	3	\$ 6.657,27	18	\$ 7.195,98	18	\$ 6.657,27
4	\$ 7.195,98	4	\$ 6.657,27	19	\$ 7.195,98	19	\$ 6.657,27
5	\$ 7.195,98	5	\$ 6.657,27	20	\$ 7.195,98	20	\$ 6.657,27
6	\$ 7.195,98	6	\$ 6.657,27	21	\$ 7.195,98	21	\$ 6.657,27
7	\$ 7.195,98	7	\$ 6.657,27	22	\$ 7.195,98	22	\$ 6.657,27
8	\$ 7.195,98	8	\$ 6.657,27	23	\$ 7.195,98	23	\$ 6.657,27
9	\$ 7.195,98	9	\$ 6.657,27	24	\$ 7.195,98	24	\$ 6.657,27
10	\$ 7.195,98	10	\$ 6.657,27	25	\$ 7.195,98	25	\$ 6.657,27
11	\$ 7.195,98	11	\$ 6.657,27	26	\$ 7.195,98	26	\$ 6.657,27
12	\$ 7.195,98	12	\$ 6.657,27	27	\$ 7.195,98	27	\$ 6.657,27
13	\$ 7.195,98	13	\$ 6.657,27	28	\$ 7.195,98	28	\$ 6.657,27
14	\$ 7.195,98	14	\$ 6.657,27	29	\$ 7.195,98	29	\$ 6.657,27
15	\$ 7.195,98	15	\$ 6.657,27	30	\$ 7.195,98	30	\$ 6.657,27

Fuente: Investigación Directa  
Elaborado por. Autor

En la Tabla 46 se tiene el flujo neto que no es más que la diferencia que existe entre el flujo de ingreso y el flujo de egresos para cada día de trabajo del proceso de lavado de botellas, con la implementación de la propuesta durante 30 día de trabajo del formato Light, con estos datos se procederá al cálculo del VAN y TIR y se verificará si la propuesta es factible o no, se calcula la tasa diaria dividiendo la tasa de 11,53% para 360 días del año lo que da como resultado 0,032%. El flujo neto esta dado solamente por los ahorros de producción.

En la Tabla 47 se detalla el cálculo del VAN para esto se ha tomado una tasa de interés del 0,032% y el TIR con una inversión inicial de \$15.864,82 que es el costo

que tiene el proyecto. El procesamiento de datos se ha realizado utilizando una tabla de cálculo en Excel.

En la Tabla 47 se muestran los resultados, en el VAN es de \$ 516,59 cantidad positiva a 30 días, por lo tanto el proyecto es rentable. El TIR es de 0,24% mayor al 0,032% de la tasa de descuento diario, que es 7,64 veces más alto el TIR que la Tasa de Descuento, lo que significa que la inversión se recupera en ese porcentaje diariamente, esto demuestra que la realización de la propuesta en la Línea 1 de la planta de Cervecería Nacional es factible.

Tabla 47. Análisis VAN y TIR

Día	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>INVERSION</b>	\$ (15.564,82)															
<b>Ahorros por producción</b>		\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98
<b>Gastos de producción</b>		\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27
<b>FLUJO DE CAJA</b>	\$ (15.564,82)	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71
<b>TASA DE DESCUENTO</b>	<b>0,032%</b>															

Día	0	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<b>INVERSION</b>	\$ (15.564,82)															
<b>Ahorros por producción</b>		\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98	\$ 7.195,98
<b>Gastos de producción</b>		\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27	\$ 6.657,27
<b>FLUJO DE CAJA</b>	\$ (15.564,82)	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71	\$ 538,71
<b>TASA DE DESCUENTO</b>	<b>0,032%</b>															

<b>VAN</b>	<b>\$ 16.081,41</b>	<b>\$ 516,59</b>
<b>TIR</b>	<b>0,24%</b>	

<b>VAN</b>	<b>\$ 516,59</b>
<b>TIR</b>	<b>0,244%</b>

Fuente: Investigación Directa  
 Elaborado por: Autor

## **Conclusiones y Recomendaciones**

### **Conclusiones**

- Se determinó que la mejor opción con un estudio técnico y económico que la mejor opción es desarrollar un sistema hidráulico de duchas para el proceso de lavado que permita humectar la botella sucia antes de ingresar a la lavadora las botellas y que al pasar este sistema las botellas sean bañadas con una solución de limpieza para que el tiempo de contacto de la solución penetre con mayor facilidad en la etiqueta y la limpieza sea de mejor calidad sobre todo en el formato de Pilsener Light.
- El sistema hidráulico de duchas se diseñó en función de la disponibilidad de espacio que la línea tiene para no afectar las áreas locativas de la Línea, los criterios de diseño se los tomó en base a estos espacios, la capacidad de limpieza del sistema es muy amplia ya que las boquillas de lavado generan una presión de 2,5 bar.
- Con el análisis financiero el VAN y el TIR se comprueba que el presente proyecto es viable y se lo puede recuperar en 30 días de producción, con un aumento de eficiencia en el equipo de lavado del 5%. Lo cual permite recuperar la inversión rápidamente y mejorar los índices de producción.



## Recomendaciones

- El sistema hidráulico de duchas o sistema de lavado externo diseñado en el proyecto, permitirá mejorar la velocidad de la lavadora de botellas, debido a que la botella ingresara completamente húmeda antes de ingresar a la lavadora de botellas lo que hace que el tiempo de contacto aumente, se recomienda utilizar la solución de lavado que es desechada en el tanque 5 ya que contiene características de limpieza como son temperatura, concentración de sosa cáustica 0,4%, un caudal mayor a 20 m<sup>3</sup> y sobre todo esta solución es gratis y no afecta los índices de consumo de agua. Y debe ser utilizada en el sistema de lavado.
- Se recomienda que en el sistema de duchas que se diseñó tenga una alimentación de agua con características de limpieza que vienen del tanque 5 de la misma lavadora y que son enviados al sistema de drenajes y poder aprovechar esta solución de limpieza.
- Los análisis financieros y técnicos garantizan que la inversión será recuperada a corto plazo debido que las velocidades de la lavadora serán aumentadas en un 5% mejorando la productividad de la Línea, que genere mayor ingresos que los actuales.

## **Bibliografías**

Apunte, F. (s.f). Análisis y optimización del desperdicio de agua en el área de embotellado de cervecería nacional planta pascuales. Recuperado el 10 de julio del 2017 de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4956/1/TESIS%20COMPLETA.pdf>

ECOLAB. (s.f). Buenas prácticas de calidad en una máquina lavadora. Documento pdf

ECOLAB. (s.f). Lavado de botella de Vidrio. Documento pdf. 1-36

ECOLAB. (s.f). Lavadoras. Tipos de Lavadoras. Documento pdf. 1-34

Filtec. (2017). Imperfecciones de envases de vidrio vacíos. Recuperado el 17 de abril del 2017 de <http://www.filtec.com/glass-empty/?lang=es>

González, S. (2014). Visitamos a Cervecería Nacional. El palpitar de una empresa centenaria. *ekosnegocios*, 34-37.

KRONES. (s.f). La lavadora de entrada y salida por dos lados. Lavatec D4/D5. Documento pdf

Megyesy, E.F. (1992). Manual de recipientes a presión. Editorial Limusa. Primera edición. México pág. 182-185

Morales, I. (s.f). Lavado de Botellas. Copilación y experiencias de terreno. ECOLAB. Documento pdf

Mott, R.L. (2006). Mecánica de Fluidos. Pearson Educación de México, S.A de C. V. Sexta edición. México

Naranjo, G. (s.f). Investigación. Recuperado el 4 de marzo del 2017 de <https://www.uta.edu.ec/v2.0/pdf/uta/informacionacademica/experienciatutoriainvestigacion.pdf>

Normativa Jurídica de Ecuador. (s.f). Resolución ARCSA-DE-042-2015-GGG Expídesse la Norma Técnica Sustitutiva de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados. Recuperado el 15 de julio del 2017 de <http://www.oficial.ec/resolucion-arcsa-042-2015-ggg-expidese-norma-tecnica-sustitutiva-buenas-practicas-manufactura>

Padrón, O.D. (Octubre de 2008). Estudio para la optimización del proceso de lavado de botellas mediante evaluación de aditivos de sosa cáustica. Recuperado el 18 de junio del 2017 de <http://159.90.80.55/tesis/000146894.pdf>

Pérez, S.F; Renedo, C. (s.f). Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. Flujo de Fluidos en Tuberías. Universidad de Cantabria. Documento pdf

Reinoso, J. (s.f ). Modernización del sistema de control y visualización de la línea de lavado de botellas en The Tesalia Springs Company S.A. Recuperado el 19 de junio del 2017 de <http://docplayer.es/15273385-La-version-digital-de-esta-tesis-esta-protegida-por-la-ley-de-derechos-de-autor-del-ecuador.html>

Semana S.A. (10 de octubre de 2016). AB InBev y SABMiller oficializan fusión y nombran presidente regional. Recuperado el 6 de junio del 2017 de <http://www.dinero.com/empresas/articulo/ab-inbev-y-sabmiller-oficializan-fusion-empresarial/234789#>

TeeJet. (2011). Catálogo 51- ES. Biblioteca de Imágenes. Asistencia Técnica. Documento pdf. 2-140

TeeJet. (s.f). Puntas de Chorro Plano Uniforme. Boquillas de pulverización en Bandas. Documento pdf . 39

Loeffelholz, R; Wichmann, G; Strasburger, J. (1999). Operaciones de Limpieza en cervecerías. ECOLAB. Documento pdf

Anexo 1

# TeeJet Puntas de Chorro Plano Uniforme



### Aplicaciones típicas:

Consulte la guía de selección de las páginas 4 y 5 para la aplicación típica recomendada para la TeeJet.

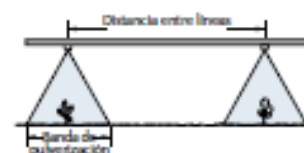
### Características:

- Ideal para pulverizar en bandas sobre la línea o entre líneas.
- Proporciona una distribución uniforme en todo el perfil de pulverización de chorro plano.
- Se monta fácilmente en la barra de pulverización o sembradora.
- Disponibles con codificación de colores VisiFlo® en acero inoxidable o todo acero inoxidable, acero inoxidable endurecido y latón.



Tip	Caudal de salida nominal (litros/min)	línea 30 cm						línea 75 cm						
		4 km/h	6 km/h	8 km/h	10 km/h	15 km/h	20 km/h	4 km/h	6 km/h	8 km/h	10 km/h	15 km/h	20 km/h	
TP4001S <sup>†</sup>	2,0	0,32	96,0	64,0	48,0	38,4	25,6	19,2	64,0	42,7	32,0	25,6	17,1	12,8
TP501S <sup>†</sup>	2,5	0,36	108	72,0	54,0	42,3	28,8	21,6	72,0	48,0	36,0	28,8	19,2	14,4
TP8001E TP9001E (100)	3,0	0,39	117	78,0	58,5	46,8	31,2	23,4	78,0	52,0	39,0	31,2	20,8	15,6
TP4001SE <sup>†</sup>	2,0	0,48	144	96,0	72,0	57,6	38,4	28,8	96,0	64,0	48,0	38,4	25,6	19,2
TP501SE <sup>†</sup>	2,5	0,54	162	108	81,0	64,8	43,2	32,4	108	72,0	54,0	43,2	28,8	21,6
TP8002E TP9002E (150)	3,0	0,59	177	118	88,5	70,8	47,2	35,4	118	78,7	59,0	47,2	31,5	23,6
TP4002E <sup>†</sup>	2,0	0,68	204	136	102	81,6	54,4	40,8	136	90,7	68,0	54,4	36,3	27,2
TP502E <sup>†</sup>	2,5	0,76	228	152	114	91,2	60,8	45,6	152	100,8	76,0	60,8	40,8	30,6
TP8002E TP9002E (50)	3,0	0,79	237	158	119	94,8	63,2	47,4	158	105	79,0	63,2	42,1	31,6
TP4002S <sup>†</sup>	2,0	0,91	273	182	137	109	72,8	54,6	182	121	91,0	72,8	48,5	36,4
TP502S <sup>†</sup>	2,5	0,96	288	192	144	115	78,8	57,6	192	128	96,0	78,8	51,2	38,4
TP8002S TP9002S (10)	3,0	1,08	324	216	162	130	86,4	64,8	216	144	108	86,4	57,6	43,2
TP4002E <sup>†</sup>	2,0	1,18	354	236	177	142	96,4	70,8	236	157	118	96,4	62,9	47,2
TP502E <sup>†</sup>	2,5	1,36	408	272	204	163	109	81,6	272	181	136	109	72,5	54,6
TP8004E TP9004E (10)	3,0	1,39	417	278	209	155	103	77,4	278	172	129	103	68,8	51,6
TP4004E <sup>†</sup>	2,5	1,44	432	288	216	173	115	86,4	288	192	144	115	76,8	57,6
TP5004E <sup>†</sup>	3,0	1,58	474	316	237	190	136	94,8	316	211	158	136	84,2	63,2
TP8004E TP9004E (10)	3,0	1,82	546	364	273	218	146	109	364	243	182	146	97,1	72,8
TP4005E <sup>†</sup>	2,0	1,61	483	323	243	193	139	96,6	323	215	161	139	85,9	64,4
TP5005E <sup>†</sup>	2,5	1,80	540	360	270	216	144	108	360	240	180	144	96,0	72,0
TP8005E TP9005E (10)	3,0	1,97	591	394	296	236	168	118	394	263	197	168	105	79,8
TP4005S <sup>†</sup>	2,0	2,27	680	454	341	272	182	136	454	303	227	182	121	90,8
TP5005S <sup>†</sup>	2,5	2,58	774	516	387	310	206	155	516	344	258	206	138	103
TP8005E TP9005E (50)	3,0	2,78	834	556	417	329	219	164	556	365	278	219	146	110
TP5006S <sup>†</sup>	2,5	2,88	864	576	432	346	230	173	576	384	288	230	154	115
TP8006E TP9006E (50)	3,0	3,16	948	632	474	379	253	190	632	421	316	253	169	126
TP4010E <sup>†</sup>	2,0	3,23	969	646	485	388	268	194	646	431	323	268	172	129
TP5100E <sup>†</sup>	2,5	3,61	1083	722	542	433	289	217	722	481	361	289	193	144
TP8010E <sup>†</sup>	3,0	3,95	1185	790	593	474	316	237	790	527	395	316	211	158
TP11010E <sup>†</sup>	4,0	4,56	1368	912	684	547	365	274	912	608	456	365	243	182
TP4015E <sup>†</sup>	2,0	4,83	1449	966	725	580	386	290	966	644	483	386	258	193
TP515E <sup>†</sup>	2,5	5,40	1620	1080	810	648	432	324	1080	720	540	432	288	216
TP8015E <sup>†</sup>	3,0	5,92	1776	1184	888	710	474	355	1184	789	592	474	316	237
TP11015E <sup>†</sup>	4,0	6,84	2052	1368	1026	821	547	410	1368	912	684	547	365	274

Nota: Siempre verifique dos veces los caudales de aplicación. Los valores indicados se basan en la pulverización de agua a 27°C (80°F). \*Disponibles en latón, acero inoxidable y acero inoxidable endurecido solamente.



Tip	FACTORES DE CONVERSIÓN PARA LÍNEA				
	30°	45°	60°	90°	110°
20 cm	27 cm	16 cm	12 cm	9 cm	7 cm
25 cm	34 cm	20 cm	15 cm	11 cm	9 cm
30 cm	41 cm	24 cm	18 cm	14 cm	11 cm
40 cm	55 cm	31 cm	24 cm	18 cm	14 cm

\*Para hallar el caudal de línea para los anchos de banda, multiplique los litros que se muestran bajo DISTANCIA ENTRE LÍNEAS por los factores de conversión.

Consulte las páginas 173-187 para fórmulas útiles e información adicional.

### Cómo hacer un pedido:

Especifique el número de punta.

- Ejemplos:
- TP8002EVS - Acero inoxidable con codificación de colores VisiFlo
  - TP8002E-HSS - Acero inoxidable endurecido
  - TP8002E-SS - Acero inoxidable
  - TP8002E - Latón

Anexo 2

Material	Rugosidad $\epsilon$ (m)	Rugosidad $\epsilon$ (pie)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	$3.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-6}$
Tubo extruido; cobre, latón y acero	$1.5 \times 10^{-6}$	$5.0 \times 10^{-6}$
Acero, comercial o soldado	$4.6 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1.5 \times 10^{-4}$	$5.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, recubierto	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Hierro dúctil, no recubierto	$2.4 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-4}$
Concreto, bien fabricado	$1.2 \times 10^{-4}$	$4.0 \times 10^{-4}$
Acero remachado	$1.8 \times 10^{-3}$	$6.0 \times 10^{-3}$

Anexo 3

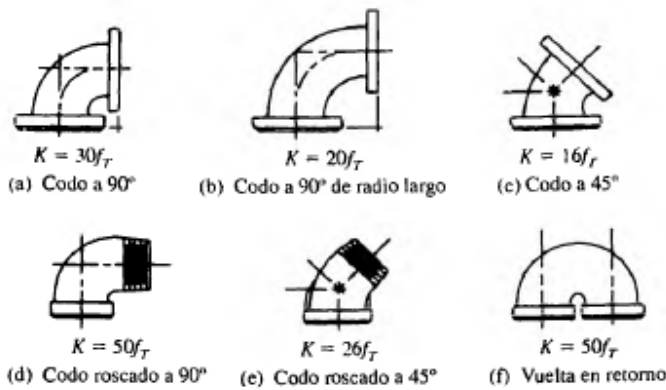


FIGURA 10.22 Codos de tubería. (Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)

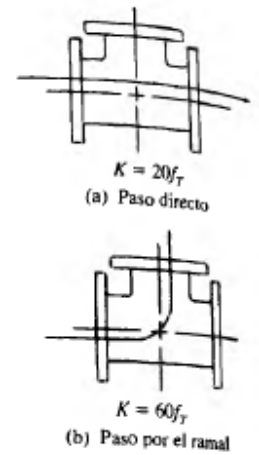


FIGURA 10.23 Tes estándar. (Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)

Anexo 4

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería $L_e/D$
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
— $3/4$ abierta	35
— $1/2$ abierta	160
— $1/4$ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a $90^\circ$	30
Codo a $90^\circ$ de radio largo	20
Codo roscado a $90^\circ$	50
Codo estándar a $45^\circ$	16
Codo roscado a $45^\circ$	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.

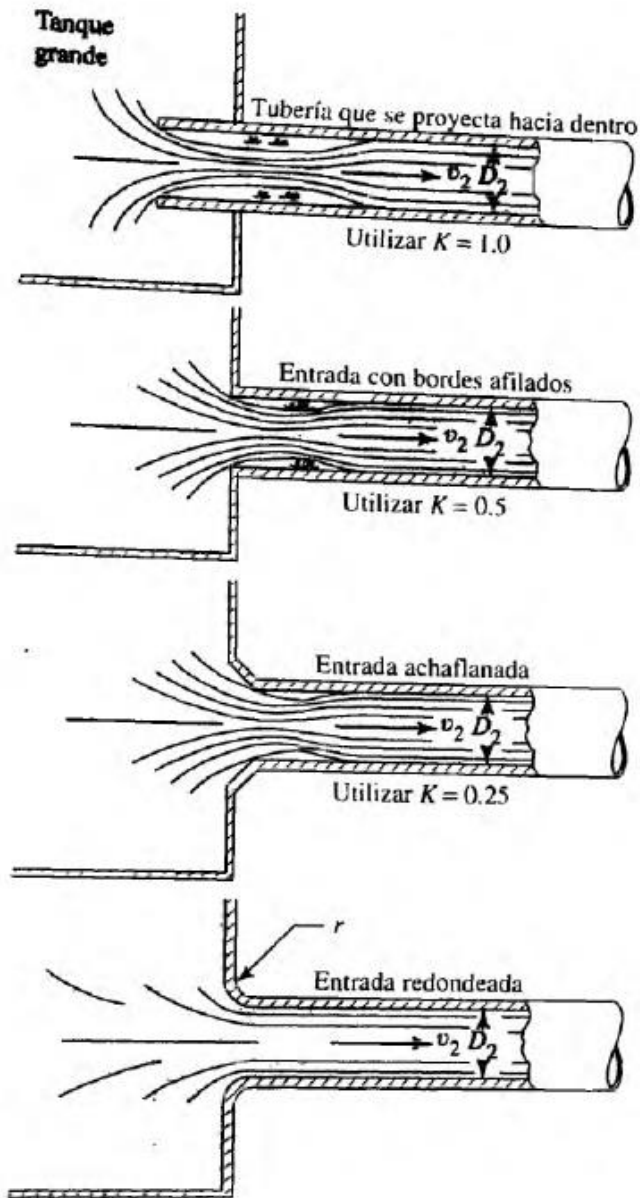
Anexo 5

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción $f_f$	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción $f_f$
1/2	0.027	3 1/2, 4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 1/4	0.022	8-10	0.014
1 1/2	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 1/2, 3	0.018		

Anexo 6

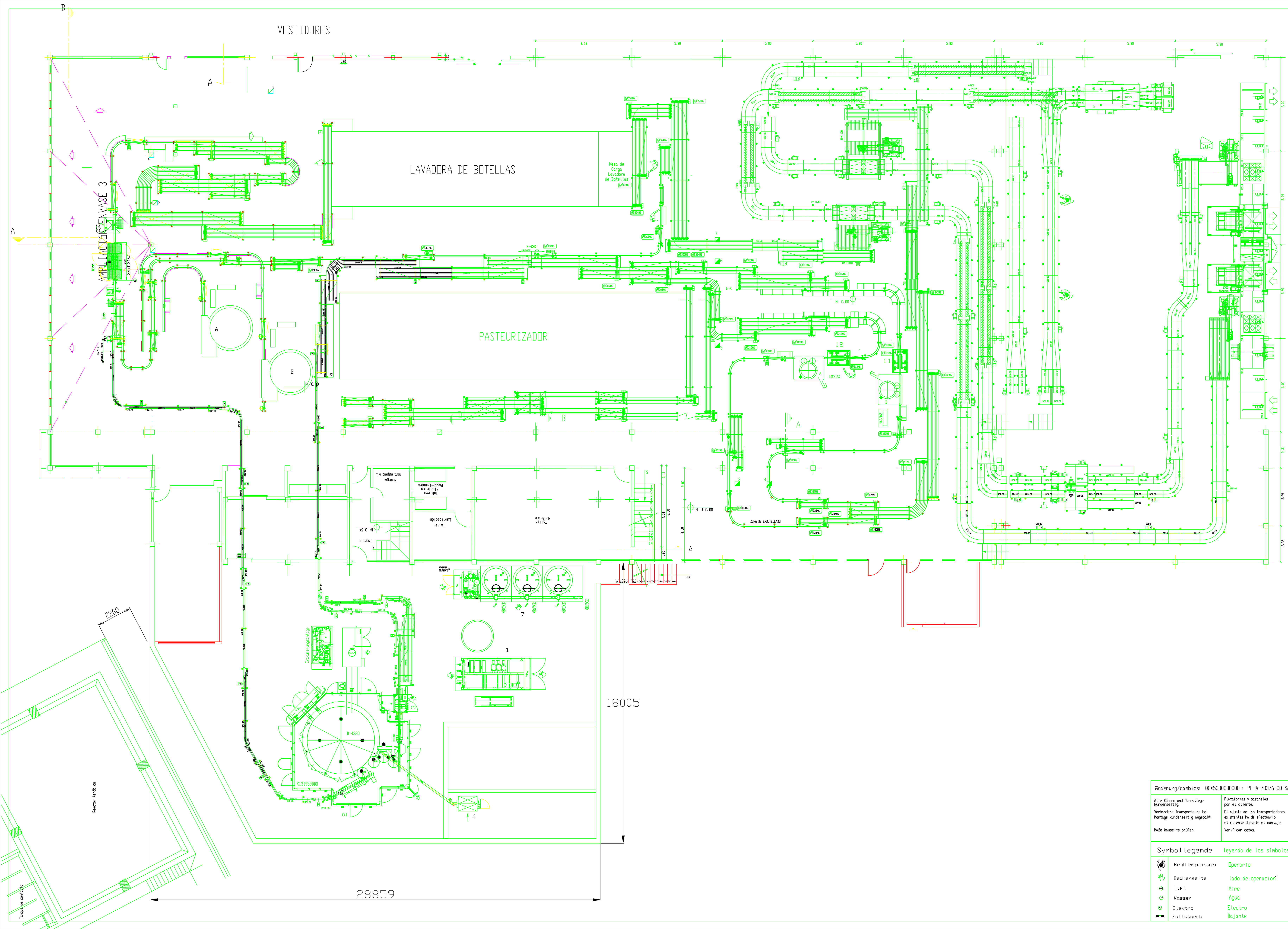
Temperatura (°C)	Peso específico $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Densidad $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidad dinámica $\eta$ (Pa·s)	Viscosidad cinemática $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)
0	9.81	1000	$1.75 \times 10^{-3}$	$1.75 \times 10^{-6}$
5	9.81	1000	$1.52 \times 10^{-3}$	$1.52 \times 10^{-6}$
10	9.81	1000	$1.30 \times 10^{-3}$	$1.30 \times 10^{-6}$
15	9.81	1000	$1.15 \times 10^{-3}$	$1.15 \times 10^{-6}$
20	9.79	998	$1.02 \times 10^{-3}$	$1.02 \times 10^{-6}$
25	9.78	997	$8.91 \times 10^{-4}$	$8.94 \times 10^{-7}$
30	9.77	996	$8.00 \times 10^{-4}$	$8.03 \times 10^{-7}$
35	9.75	994	$7.18 \times 10^{-4}$	$7.22 \times 10^{-7}$
40	9.73	992	$6.51 \times 10^{-4}$	$6.56 \times 10^{-7}$
45	9.71	990	$5.94 \times 10^{-4}$	$6.00 \times 10^{-7}$
50	9.69	988	$5.41 \times 10^{-4}$	$5.48 \times 10^{-7}$
55	9.67	986	$4.98 \times 10^{-4}$	$5.05 \times 10^{-7}$
60	9.65	984	$4.60 \times 10^{-4}$	$4.67 \times 10^{-7}$
65	9.62	981	$4.31 \times 10^{-4}$	$4.39 \times 10^{-7}$
70	9.59	978	$4.02 \times 10^{-4}$	$4.11 \times 10^{-7}$
75	9.56	975	$3.73 \times 10^{-4}$	$3.83 \times 10^{-7}$
80	9.53	971	$3.50 \times 10^{-4}$	$3.60 \times 10^{-7}$
85	9.50	968	$3.30 \times 10^{-4}$	$3.41 \times 10^{-7}$
90	9.47	965	$3.11 \times 10^{-4}$	$3.22 \times 10^{-7}$
95	9.44	962	$2.92 \times 10^{-4}$	$3.04 \times 10^{-7}$
100	9.40	958	$2.82 \times 10^{-4}$	$2.94 \times 10^{-7}$

Anexo 7



$r/D_2$	$K$
0	0.50
0.02	0.28
0.04	0.24
0.06	0.15
0.10	0.09
>0.15	0.04 (Bien redondeada)





Maschinenlegende 7015260  
 Leyenda de las maquinas

Maschinenart	Bezeichnung	Typ	Massblatt	Lieferant	
Kon.-Nr.	Modell	Nummer			
Denominacion	Tipo	Hoja de datos	Proveedor		
No. de maquina	Modelo				
1	Térmica de producto	VARIOFLASH B	B76	KRONES	
2	Tratan. térmico del producto	K B76074	30	KZEEA	
3	Florescencia-Füller	MODULFILL	131	KRONES	
4	Llenadora de botellas	K 131959	HES (VP VD) 4.320-156-87	FLPMA	
5	Kontrollgerät (Checkmat)	CHECKMAT 731	731	0901857730	KRONES
6	Dispos. de control (CHECKMAT)	K 731N17	FM-X	KRONES	
7	Verschlußförderer	PMF	826	KRONES	
8	Transportador de tapones	K 826C45		VSTDA	
9	Schaumreinigung		202	KRONES	
10	Limpieza por espuma	K 202302		FUJUA	
11	Reinraum		201	KRONES	
12	Cubierta de sala limpia	K 201418		BRGEA	
13	CIP-Anlage II	VARICLEAN F	880	KRONES	
14	Instalac. de limpieza CIP II	K 880399	AUT-S 000L, 30 M³/H	CIPZA	
15	Kältanlage		821	KRONES	
16	Instalación refrigeradora	K 821843		KANA	
17	Behältertransport	SYNCD	995	KRONES	
18	Transporte de envases	K 995RIV	S	BTAA	
19	Trackingsystem FM 2	POWER DRY 15	820	X-100-02-6018/2	KRONES
20	Sisten secador, máquina ajena 2	K 820T07		TRDTB	
21	Trackingsystem FM 2	POWER DRY 15	820	X-100-02-6018/2	KRONES
22	Sisten secador, máquina ajena 2	K 820T08		TRDTB	

Referenz Produktgruppe: Biergetränke  
 Referencia de grupo d producto: Bebidas de cerveza  
 Anlagenleistung (Beh/h): 45.000  
 Redim. da la línea (Deposito/h):

Belegter		Volumen		Höhe	Druckungs-	Leistung Füller	Pos
Nr.	Kundenbezeichnung	Verkstoff			Number	Behälter	Nr.
No.	Designación de cliente	Material	Volumen	Ø	Altura	de llenado	Deposito/h
1	Fraseren/tonada 60m	Glas	0,600 l	74,07 mm	289,00 mm	K20083230	47.700
							8000



Bodengefaelle  
 >= 100mm - Rucksprache  
 floor descending  
 >= 100mm - consultation

Änderung/changes: 00\*5000000000 - PL-A-70376-00 SAP-Workflow 26.07.11

Alle Böden und Oberstiege kundentypig  
 Vorhandene Transportwege bei Montage kundentypig angepasst.  
 Müll bauseits prüfen.

Symbol legende		leyenda de los símbolos	
	Bedienseite		Operario
	Luft		Aire
	Wasser		Agua
	Elektro		Electro
	Fallstueck		Bajante

Plataformas y pasarelas por el cliente.  
 El ajuste de los transportadores existentes ha de efectuarse durante el montaje.  
 Verificar costos.

Zeichnungen, Modelle, Pläne etc. bleiben ausschließlich Eigentum der Krones AG. An ihnen ruht KRONES ein unentgeltliches, einfaches Nutzungsrecht (Eigent. 1011 Urheberrechtsgesetz) ein, das sich ausschließlich auf die Nutzung der Zeichnungen, Modelle, Pläne etc. zum Vergleichszweck bezieht. Kopien oder sonstige Vervielfältigungen jeglicher Art dürfen nur zu dem vereinbarten Zweck angefertigt werden. Weder Dringale noch Vervielfältigungen dürfen Dritten ausgedrängt oder in sonstiger Weise zugänglich gemacht werden.

KRONES AG se reserva el derecho de la propiedad exclusiva en los dibujos, modelos, planos, etc. KRONES concede un derecho de uso simple y gratuito en los planos (conforme a 1011 II ley alemana de la Propiedad Intelectual) que se refiere exclusivamente al uso de dibujos, modelos, planos, etc. conforme a los fines acordados. La confección de copias o cualquier otro tipo de reproducción se permite únicamente para los fines acordados. No se permite la entrega de los originales o sus reproducciones a terceros o su puesta al alcance de otros.

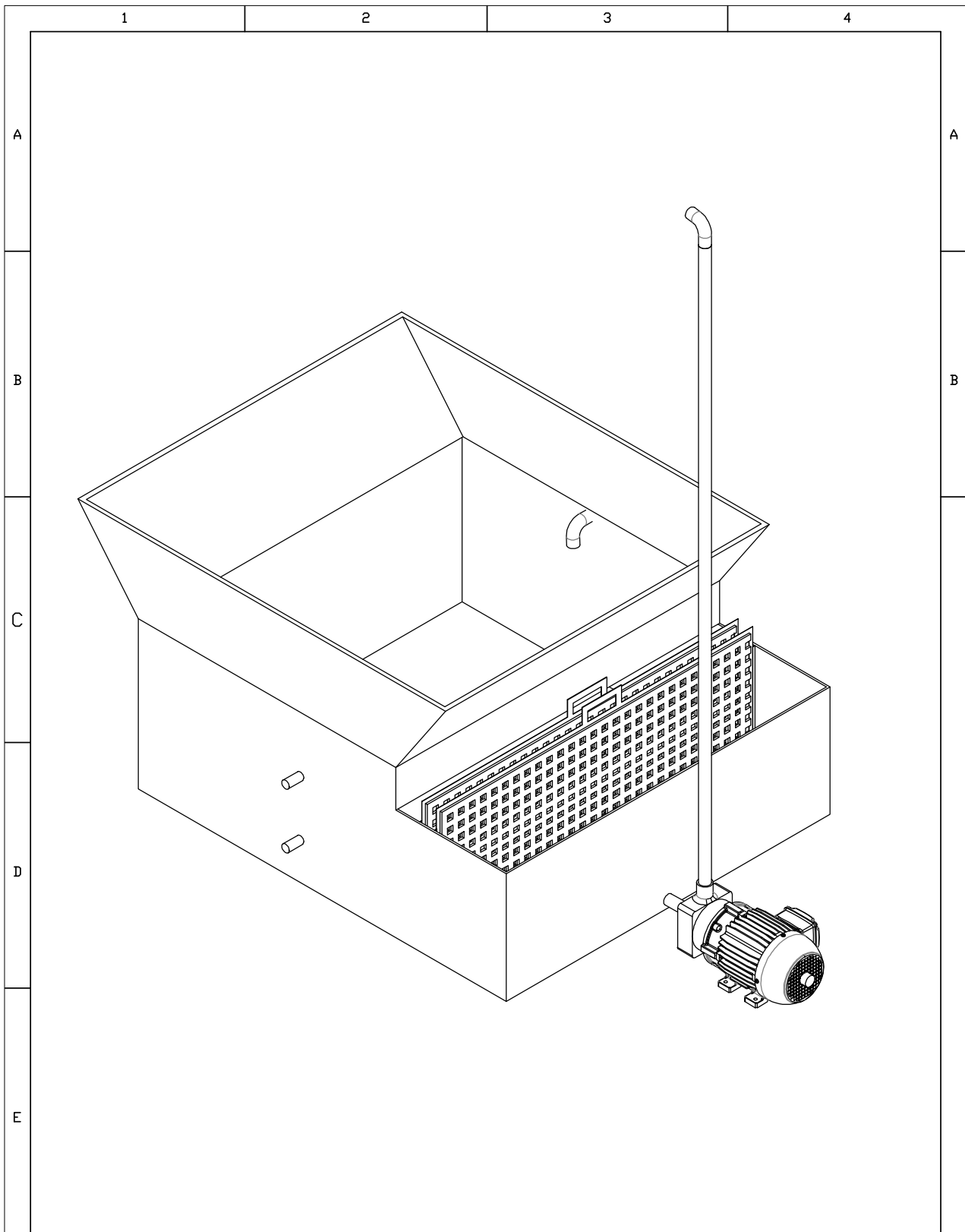
Gezeichnet/proyecto	Datum/Fecha	Name/Nombre
Gepflicht/comprometido	DATE	NME

Beleg/Quotation/Order: 7015260

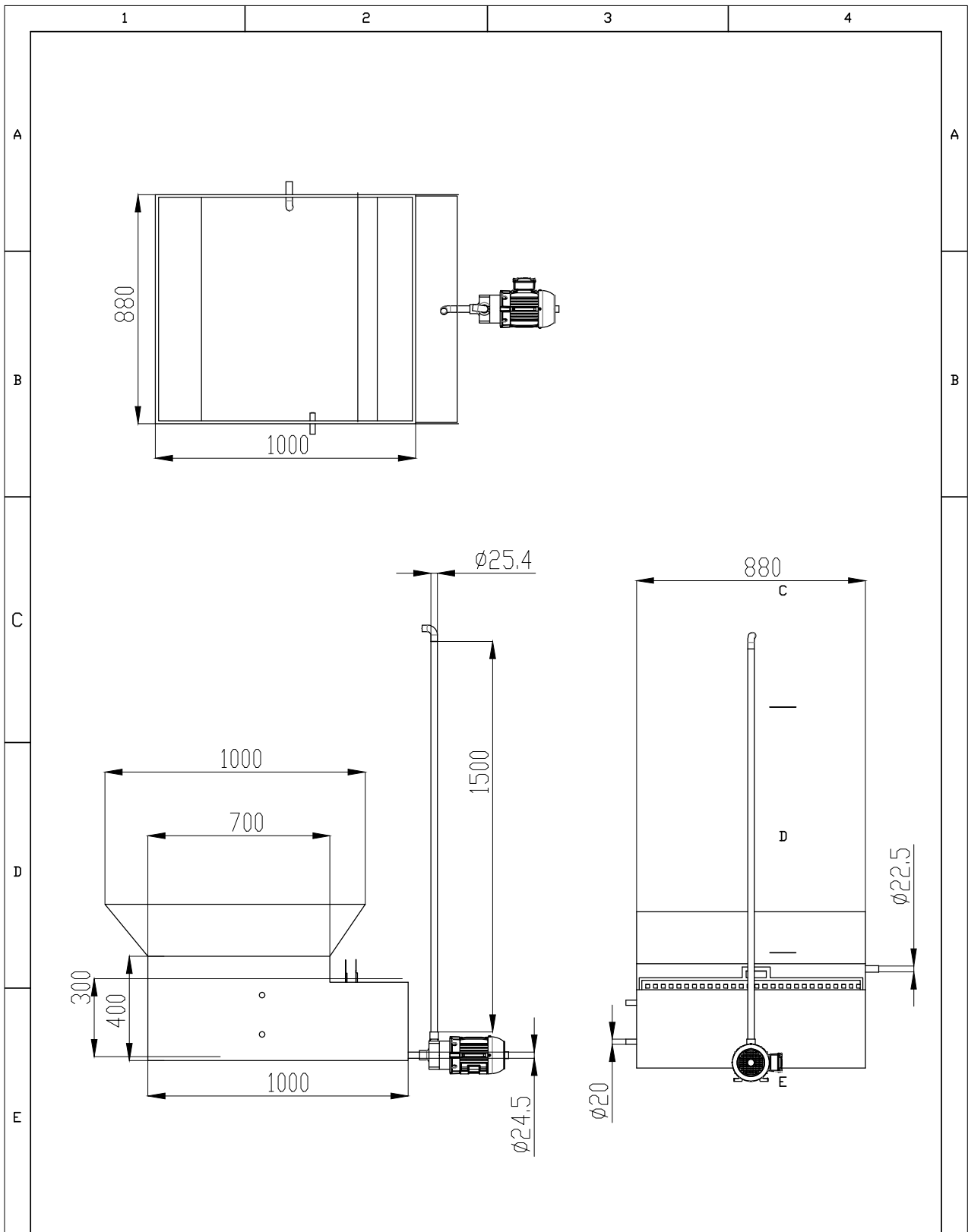
Anlage/Linea: ...  
 Cervecería Nacional CN S.A  
 Quito, Ecuador  
 Alternative 2

**KRONES Systems**

Maßstab escala 1:100  
 PL-A-70376-00  
 Blatt/pagina:

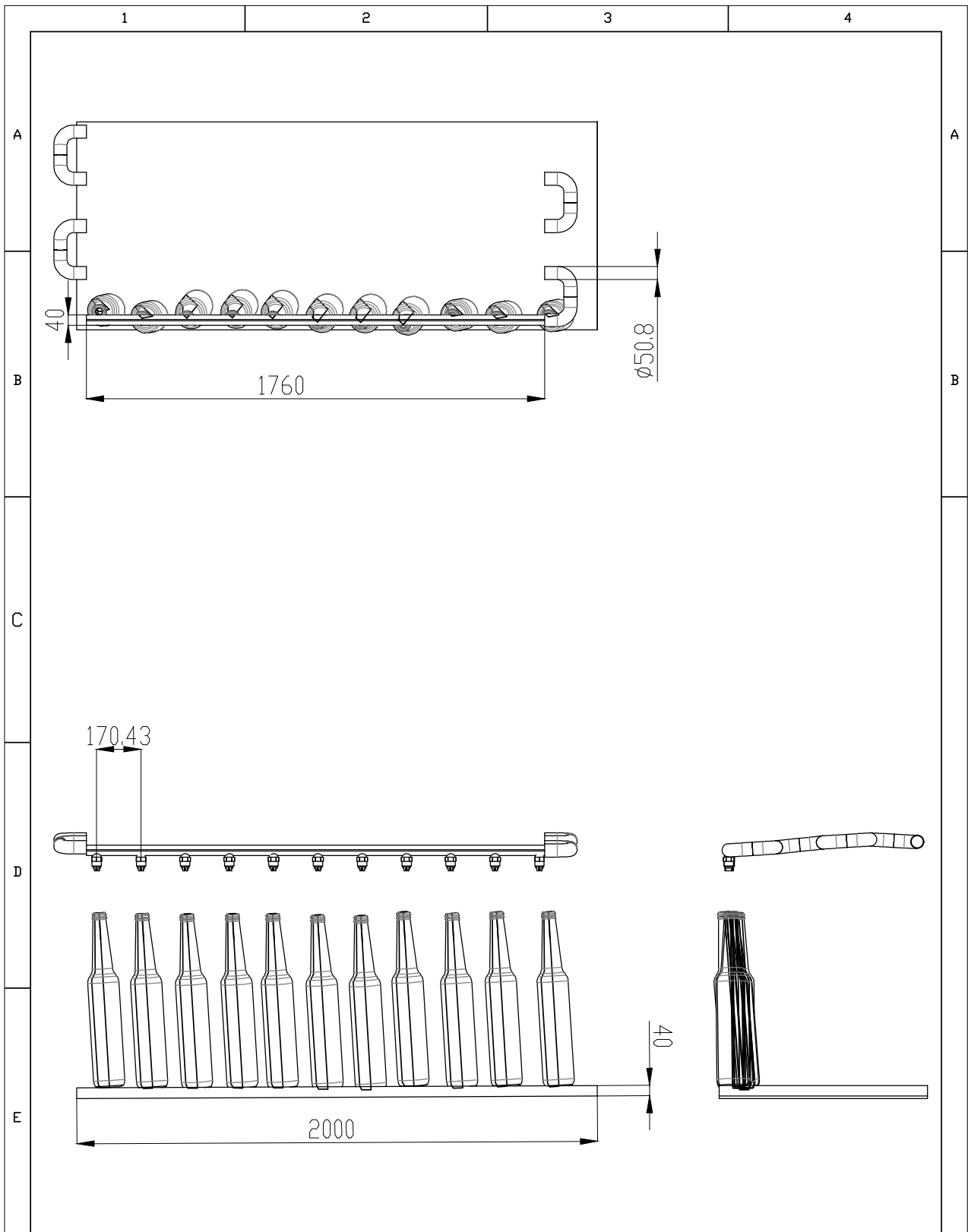


				Tolerancias (Peso)	ACERO INOXIDABLE		
					Tanque	Escala 1:20	
				Fecha			Nombre
				Dib. 2017-09-13			Grupo 1
				Rev. 2017-09-13			Tribunal
				Apro. 2017-09-13	Grupo 1		
				UTI	001	Marca de registro	
Edi- cion	Modifi- cación	Fecha	Nom- bre		(Sustitución)		

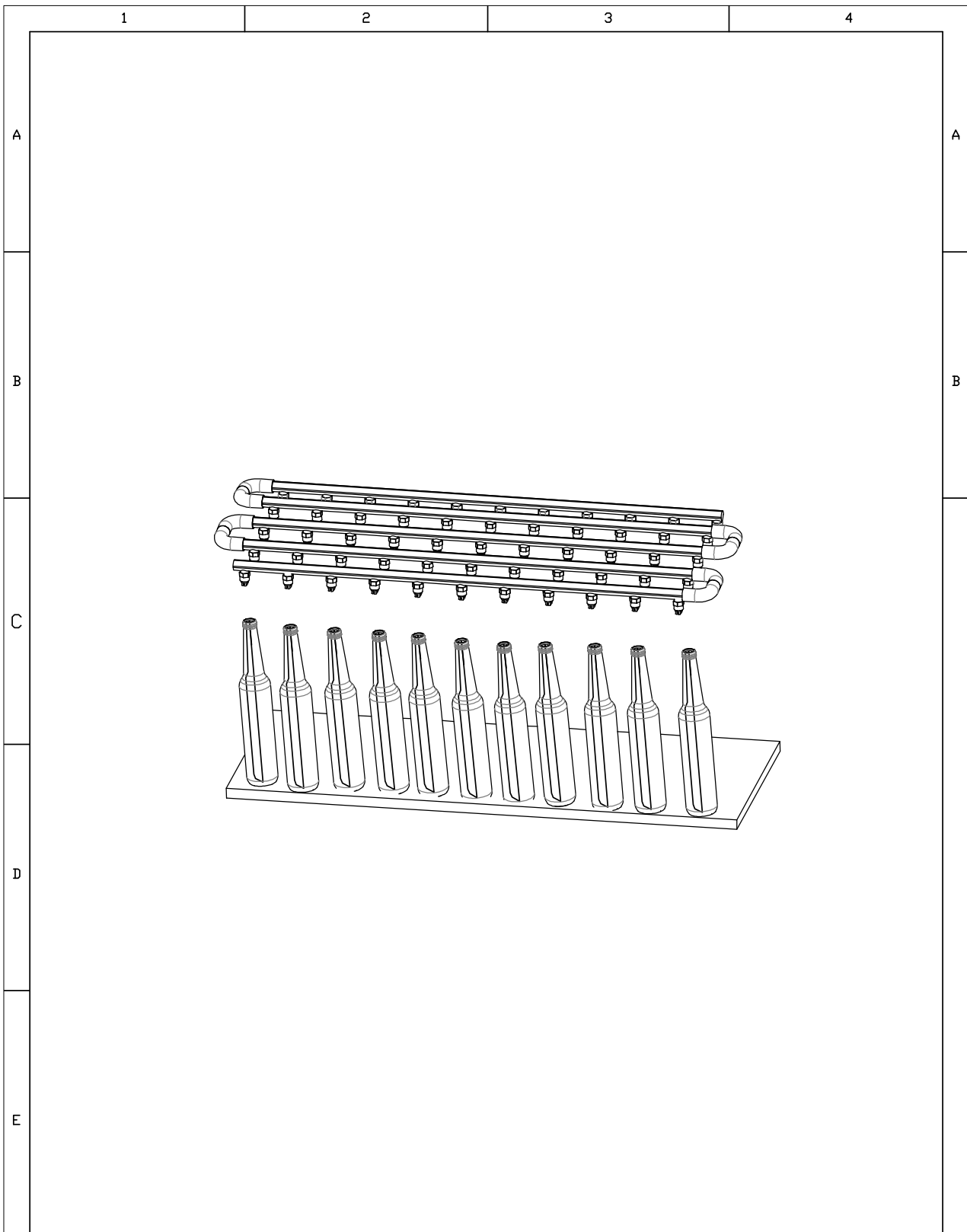


				Tolerancias (Peso)	ACERO INOXIDABLE	
				Fecha	Nombre	Tanque
			Dib.	2017-09-13	Grupo 1	
			Rev.	2017-09-13	Tribunal	
			Apro.	2017-09-13	Grupo 1	
					001	Escala 1:20
Edi- cion	Modifi- cación	Fecha	Nom- bre	UTI	(Sustitución)	
						Marca de registro





				Tolerancias (Peso)	ACERO INOXIDABLE		
					Boquillas	Escala 1:20	
				Fecha			Nombre
				Dib. 2017-09-13			Grupo 1
				Rev. 2017-09-13	Tribunal		
				Apro. 2017-09-13	Grupo 1		
				UTI		001	
Edi- cion	Modifi- cación	Fecha	Nom- bre			(Sustitución)	



				Tolerancias (Peso)	ACERO INOXIDABLE	
				Fecha	Nombre	Boquillas
				Dib. 2017-09-13	Grupo 1	
				Rev. 2017-09-13	Tribunal	
				Apro. 2017-09-13	Grupo 1	Escala 1:20
				UTI		001
Edi- cion	Modifi- cación	Fecha	Nom- bre			(Sustitución)