

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LOS SERVICIOS DE UNA  
PLANTA EMBOTELLADORA DE REFRESCOS**

Presentado Ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. Niño S., Maybet Y.  
para optar al título  
de Ingeniero Mecánico

CARACAS, 2004

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LOS SERVICIOS DE UNA PLANTA EMBOTELLADORA DE REFRESCOS**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Alberto Fuentes

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Gustavo Domínguez

Presentado Ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. Niño S., Maybet Y.  
para optar al título  
de Ingeniero Mecánico

CARACAS, 2004

✎ *A mi Madre, Abuelo y Hermanos*  
*Por darme tanto amor,*  
*confiar en mí y contribuir*  
*a la realización de mis logros ✎*

## AGRADECIMIENTOS

ض A Dios por darme la oportunidad de vivir y de rodearme de personas tan valiosas. A mi padre por inculcarme los valores necesarios para el desarrollo de mi vida.

ض A mis amigos Elizabet, Marianna, Delfin, Mariangel, Junior, Alvaro, William y Víctor por brindarme su apoyo, estar allí cuando más los necesitaba y aceptarme tal como soy. A Javier Faoro por apoyarme, por su paciencia y por brindarme tanto amor.

ض Al Profesor Alberto Fuentes por guiarme a través del desarrollo de mi Trabajo Especial de Grado y al Profesor Pedro Cadenas por brindarme su ayuda y aconsejarme.

ض A todo el personal de Pepsi- Cola Venezuela, Planta Barcelona y Cervecería Polar Oriente por compartir sus conocimientos conmigo y por hacer grata mi estadía en sus instalaciones.

ض A Gustavo Domínguez por confiar en mí, por contribuir en el inicio de mi formación profesional, por su comprensión y tiempo y por ser además de un tutor mi amigo.

ض A Betty Rodríguez por ser un ejemplo de admiración tanto en lo personal como en lo profesional, por estar siempre dispuesta y alentarme en los momentos difíciles. A Eduardo Conde y Armado Cova por su alegría, autenticidad y amistad.

ض A Marina Olivero, Gregorio Olivero, Ruth Munera, Linda Alarcón y Mercedes Agüero por consentirme y apoyarme.

ض A Carlos, Martín y muy especialmente a Rafael por ayudarme, protegerme, preocuparse por mí.

ض A todos gracias por ser parte de mi vida y haber participado en logro de mis metas y en ser la persona que ahora soy.

**Niño S., Maybet Y.**

**ANÁLISIS ENERGÉTICO DE LOS SERVICIOS DE UNA  
PLANTA EMBOTELLADORA DE REFRESCOS**

**Tutor Académico: Prof. Alberto Fuentes, Tutor Industrial: Ing. Gustavo Domínguez. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2004. 155 pág.**

**Palabras clave:** Capacidad Instalada, Consumo Energético, Producción.

En el presente Trabajo se realizó un análisis energético del consumo teórico y la capacidad instalada de los servicios de una planta embotelladora de refrescos con el fin de determinar la capacidad disponible de los servicios para futuras ampliaciones. Para determinar la capacidad disponible de los servicios, se evaluaron los consumos nominales de cada uno de los servicios en cada área de la Planta, se determinó la capacidad de los servicios generados y se realizaron los cálculos necesarios para determinar la capacidad disponible de cada servicio. Luego se analizaron los resultados determinando así que los servicios que limitan la expansión de la Planta, son el servicio de suministro de agua y el servicio eléctrico, los cuales requerirían de una ampliación en caso de que la Planta opere al 100% de su capacidad instalada y bajo las condiciones de operación actual estos sistemas pudieran verse afectados en condiciones de operación pico; y en el caso de los servicios de aire comprimido, vapor, dióxido de carbono y amoníaco, la Planta dispone de capacidad para futuras ampliaciones. Por otra parte es recomendable realizar un estudio detallado de los consumos reales de cada servicio por áreas de la Planta, con el fin de establecer ahorros energéticos y el mejor aprovechamiento de los mismos.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	I
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento de Problema.....	4
1.2 Objetivos .....	6
1.2.1 Objetivo General .....	6
1.2.2 Objetivos Específicos.....	6
1.3 Justificación .....	7

### CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes .....	8
2.2 La Empresa .....	9
2.2.1 Reseña Histórica .....	9
2.2.2 Misión de la Empresa.....	11
2.2.3 Visión de la Empresa .....	11
2.2.4 Objetivos de la Empresa .....	12
2.2.5 Organigrama Planta Barcelona .....	12
2.3 Fundamentos Teóricos .....	16
2.3.1 Capacidad.....	16
2.3.2 Capacidad Instalada. ....	16
2.3.4 Transmisión de Calor.....	17
2.3.5 Primera Ley de la Termodinámica.....	18



2.3.6 Balance de Energía.....	19
2.3.7 Intercambio de Calor para Calentar un Fluido.....	20
2.3.8 Calor Específico de una Mezcla.....	21
2.3.9 Definición de Términos Básicos .....	21
2.4 Servicios.....	24
2.4.1 Sistema de Aire Comprimido.....	24
2.4.2 Sistema de Vapor .....	29
2.4.3 Sistema de Refrigeración .....	30
2.4.4 Sistema de Suministro de Agua .....	32
2.4.5 Sistema de Gas Carbónico .....	33
2.4.6 Sistema Eléctrico.....	36
2.4.7 Sistema de Iluminación y Aires Acondicionados .....	37
2.5 Proceso Productivo .....	37
2.5.1 Elaboración del Refresco .....	37
2.5.2 Etapas del Proceso Productivo.....	39
2.5.2.1 Proceso de Elaboración.....	39
2.5.2.2 Proceso de Envasado.....	43

### **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

3.1 Tipo de Investigación.....	59
3.2 Técnicas de Investigación .....	59
3.3 Procedimiento de la Investigación .....	60

### **CAPÍTULO VI: CÁLCULOS**

4.1 Parámetros de Cálculo .....	63
4.2 Cálculo de Requerimientos de Servicios.....	66
4.3 Cálculo de Capacidad de Servicios.....	72
4.4 Cálculo del Índice de Consumo para los Servicios (IC).....	75



**CAPÍTULO V:  
CONSUMO TEÓRICO DE ELABORACIÓN**

5.1 Sala de Jarabe Simple .....	77
5.2 Sala de Jarabe Terminado .....	79

**CAPÍTULO VI:  
CONSUMO TEÓRICO DE ENVASADO**

6.1 Líneas de Botellas Retornables .....	81
6.2 Resumen de consumos por servicios de la línea de envasado de botellas retornables de 1 L.....	97
6.3 Resumen de consumos por servicios de la línea de envasado de botellas retornables de 350 ml.....	100
6.4 Línea de Botellas No Retornables.....	102
6.5 Resumen de consumos por servicios de la línea de envasado de botellas no retornables.....	113

**CAPÍTULO VII:  
CONSUMO TEÓRICO DEL ÁREA DE SERVICIOS**

7.1 Consumo de Vapor.....	116
7.2 Consumo de Amoníaco .....	116
7.3 Consumo de Energía Eléctrica.....	117
7.4 Consumo de Agua.....	117

**CAPÍTULO VIII:**

CONSUMO TEÓRICO DE ILUMINACIÓN Y AIRES ACONDICIONADOS	119
---	-----

**CAPÍTULO IX:  
CAPACIDAD DE LOS SERVICIOS DE SALA DE MÁQUINAS Y PLANTA  
DE TRATAMIENTO DE AGUAS**

9.1 Capacidad de los servicios de Sala de Máquinas y Área de Servicios .....	121
9.2 Capacidad de la Planta de Tratamiento de Aguas.....	122





**PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Análisis entre el Consumo Teórico y Real de los Servicios Energéticos por  
Áreas ..... 124

Análisis entre la Capacidad disponible, el Consumo Nominal y el Consumo Real  
de los Servicios Energéticos de la Planta Pepsi ..... 130

Análisis entre la Capacidad y el Consumo de Agua ..... 133

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Conclusiones ..... 138

Recomendaciones..... 140

**BIBLIOGRAFÍA** ..... 142



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sala de Jarabe Simple .....	40
Figura 2. Tanque buffer.....	40
Figura 3. Disolutor .....	41
Figura 4. Sala de Jarabe terminado .....	42
Figura 5. Tanques de almacenamiento de Jarabe terminado.....	42
Figura 6. Despaletizador .....	44
Figura 7. Despaletizador .....	44
Figura 8. Desembalador .....	45
Figura 10. Lavadora de botellas, entrada de insumos .....	46
Figura 11. Inspector de botellas limpias .....	47
Figura 12. Llenadora .....	47
Figura 13. Llenadora .....	48
Figura 14. Inspector de nivel de llenado .....	48
Figura 15. Embalador.....	49
Figura 16. Paletizador .....	49
Figura 17. Paramix .....	50
Figura 18. Sopladora .....	53
Figura 20. Posicionador de botellas .....	54
Figura 21. Etiquetadora .....	54
Figura 22. Llenadora .....	55
Figura 23. Embalador SMI.....	56
Figura 24. Embalador SMI, salida del horno .....	56
Figura 25. Robokombi .....	57
Figura 26. Robokombi .....	57
Figura 27. Mixer .....	57
Figura 28. Comparación entre el consumo real y teórico de aire comprimido por áreas de la Planta.....	125
Figura 29. Comparación entre el consumo real y teórico de dióxido de carbono por áreas de la Planta.....	126

---



Figura 30. Comparación entre el consumo real y teórico de vapor por áreas de la Planta.....	126
Figura 31. Comparación entre el consumo real y teórico de agua de proceso por áreas de la Planta. ....	127
Figura 32. Comparación entre el consumo real y teórico de agua suave por áreas de la Planta.....	128
Figura 33. Comparación entre el consumo real y teórico de amoníaco por áreas de la Planta.....	128
Figura 34. Comparación entre el consumo real y teórico de energía eléctrica por áreas de la Planta. ....	129
Figura 35. Comparación entre la capacidad disponible, consumos nominales y consumos reales de aire comprimido y agua de Planta Pepsi. ....	131
Figura 36. Comparación entre la capacidad disponible, consumos nominales y consumos reales de vapor, amoníaco y electricidad de Planta Pepsi. ....	132
Figura 37. Comparación entre la capacidad y el consumo de agua estimando que trabaja Cervecería a una capacidad instalada de 60 MMI de cerveza y malta la Planta de refrescos con una producción de 39,150 MML al mes. ....	134
Figura 38. Comparación entre la capacidad y el consumo de agua estimando que trabaja Cervecería a una capacidad instalada de 60 MMI de cerveza y malta, y la Planta de refrescos con una producción de 26,500 MML al mes. ....	135
Figura 39. Comparación entre la capacidad y el consumo de agua estimando una producción para el mes de diciembre de 2004 en Cervecería de 47 MMI de cerveza y malta, y en la planta de refrescos una producción de 12 MML. ....	136



## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Equipos de la línea de envasado de botellas retornables de 1 L.....	51
<i>Tabla 2.</i> Equipos de la línea de envasado de botellas retornables de 350 ml. ....	52
<i>Tabla 3.</i> Equipos de la línea de envasado de botellas no retornables. ....	58
<i>Tabla 4.</i> Resumen de consumos por servicios de la Sala de Jarabe Simple .....	79
<i>Tabla 5.</i> Resumen de consumos por servicios de la Sala de Jarabe Terminado. ....	80
<i>Tabla 6.</i> Consumo de aire comprimido de la línea de envasado de 1 L .....	97
<i>Tabla 7.</i> Consumo de dióxido de carbono de la línea de envasado de 1 L .....	97
<i>Tabla 8.</i> Consumo de vapor de la línea de envasado de 1 L.....	98
<i>Tabla 9.</i> Consumo de agua de la línea de envasado de 1 L .....	98
<i>Tabla 10.</i> Consumo de amoníaco de la línea de envasado de 1 L .....	98
<i>Tabla 11.</i> Consumo de electricidad de la línea de envasado de 1 L .....	99
<i>Tabla 12.</i> Consumo de aire comprimido de la línea de envasado de 350 ml.....	100
<i>Tabla 13.</i> Consumo de dióxido de carbono de la línea de envasado de 350 ml .....	100
<i>Tabla 14.</i> Consumo de vapor de la línea de envasado de 350 ml.....	101
<i>Tabla 15.</i> Consumo de agua de la línea de envasado de 350 ml.....	101
<i>Tabla 16.</i> Consumo de amoníaco de la línea de envasado de 350 ml.....	101
<i>Tabla 17.</i> Consumo de electricidad de la línea de envasado de 350 ml.....	102
<i>Tabla 18.</i> Consumo de aire comprimido de la línea de envasado de botellas no retornables.....	113
<i>Tabla 19.</i> Consumo de dióxido de carbono de la línea de envasado de botellas no retornables.....	114
<i>Tabla 20.</i> Consumo de agua de la línea de envasado de botellas no retornables.....	114
<i>Tabla 21.</i> Consumo de amoníaco de la línea de envasado de botellas no retornables .....	114
<i>Tabla 22.</i> Consumo de electricidad de la línea de envasado de botellas no retornables .....	115
<i>Tabla 23.</i> Consumo de agua con una producción de 39.150.000 L/mes. ....	118
<i>Tabla 24.</i> Consumo de agua con una producción de 26.500.000 L/mes. ....	118
<i>Tabla 25.</i> Consumo de agua con una producción de 12.000.000 L/mes. ....	118



<i>Tabla 26.</i> Consumo de iluminación por áreas.....	119
<i>Tabla 27.</i> Consumo de iluminación por áreas.....	120
<i>Tabla 28.</i> Capacidad de los Sala de Máquinas y Área de Servicios .....	121
<i>Tabla 29.</i> Capacidad de los servicios de agua de planta Pepsi, trabajando solo Cervecería a una capacidad instalada de 60 MMI de cerveza y malta.....	122
<i>Tabla 30.</i> Capacidad de los servicios de agua de planta Pepsi, trabajando solo Cervecería a una capacidad instalada de 47 MMI de cerveza y malta.....	123
<i>Tabla 31.</i> Consumos teóricos y reales de cada servicio por áreas de la Planta.....	124
<i>Tabla 32.</i> Capacidades disponible, consumos nominales y consumos reales de los servicios energéticos de planta Pepsi. ....	130
<i>Tabla 33.</i> Capacidades y consumos de los sistemas de agua, estimando que trabaja Cervecería a una capacidad instalada de 60 MMI de cerveza y malta la planta de refrescos con una producción de 39,150 MML al mes.....	133
<i>Tabla 34.</i> Capacidades y consumos de los sistemas de agua, estimando que trabaja Cervecería a una capacidad instalada de 60 MMI de cerveza y malta la planta de refrescos con una producción de 26,500 MML al mes.....	135
<i>Tabla 35.</i> Capacidades y consumos de los sistemas de agua, estimando una producción para el mes de diciembre de 2004 en Cervecería de 47 MMI de cerveza y malta, y en la planta de refrescos una producción de 12 MML.	136



## **INTRODUCCIÓN**

Dentro de una economía globalizada, la competitividad de un país es uno de los factores que se encuentran en mejora continua. Actualmente, si una empresa quiere estar al nivel competitivo requerido por el mercado, debe poseer una filosofía de valor y tener definida una estrategia genérica de mercado. Pepsi- Cola Venezuela por ser una empresa con una creciente demanda en el mercado consumidor, no escapa a esta realidad.

Esta empresa realiza frecuentemente cambios en su estructura organizativa y sus procesos productivos, producto de los constantes cambios en nuestro país, con el fin de establecer las condiciones necesarias que exijan la calidad en sus productos y servicios.

La energía juega un papel primordial en la elaboración de bebidas gaseosas y por ende influye en la calidad de los productos elaborados en la empresa. La energía es necesaria para la alimentación, la salud, la calidad de vida, es indispensable tanto para el progreso económico de las sociedades como para el desarrollo de las personas. La utilización racional de la energía es, por ende, un problema determinante en el desarrollo del país. En la actualidad, la empresa está desarrollando una reestructuración en los sistemas que inciden en la producción para mejorar la eficiencia y productividad de la misma.

En Pepsi-Cola Venezuela Planta Barcelona, existen seis servicios energéticos que son comunes dentro de la elaboración de refresco y las operaciones de envasado (aire comprimido, vapor, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, electricidad y agua). Estos servicios constituyen una fuente de energía que se suministra según se requiere dentro de cada uno de los procesos. Debido a la importancia que representan estos servicios, surge la necesidad de realizar un análisis del consumo energético de cada uno de los servicios, a fin de establecer índices de consumo, los cuales serán utilizados en el desarrollo de este

---



Trabajo Especial como referencia para hacer el seguimiento de los consumos reales existentes, permitiendo conocer cuanto es el gasto o defecto de energía que se tiene en exceso y en que parte del proceso se manifiesta.

Este proyecto muestra detalles sobre los seis sistemas que comprenden los servicios de apoyo de la Planta, describiendo sus aplicaciones, así como también sus productores y consumidores. Además se realiza un levantamiento de los diferentes planos y diagramas involucrados en el proceso debido a que no se encuentran actualizados. Este Trabajo de Grado está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo I. Representa el eje de la investigación y la base para el desarrollo de los siguientes capítulos, ya que, en este capítulo se delimita el problema a estudiar, los objetivos a alcanzar, la justificación y sus alcances.

Capítulo II. Expone los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo de la investigación, así como la definición de términos básicos utilizados; se muestran los antecedentes de la investigación y se hace una breve descripción de la empresa. Por otra parte, se describen los seis servicios de apoyo y el proceso productivo del área de envasado y elaboración de refresco.

Capítulo III. Explica el proceso de investigación, considerando el tipo de investigación realizada, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procedimiento seguido para dicha investigación.

Capítulo IV. Se realiza el cálculo teórico de cada una de las etapas del proceso productivo, aires acondicionados e iluminación.

Capítulos del V al VIII. Se muestran los consumos de los servicios de cada una de las etapas del proceso productivo, iluminación y aires acondicionados.



Capítulo IX. Se muestra el resultado del calculo de la capacidad de los servicios generados en sala de máquinas y la planta de tratamiento de agua.

Presentación y Análisis de Resultados. Se presentan los resultados teniendo en cuenta los datos obtenidos de cada ítem debidamente procesados, con su respectiva interpretación y análisis en función de los objetivos planteados.

Conclusiones y Recomendaciones. Se sintetizan los resultados y se resaltan los aspectos más importantes, se evidencia el logro de los objetivos y la resolución de los interrogantes de la investigación, se plantean las deducciones correspondientes y se generalizan los resultados. Adicionalmente se presenta una serie de mejoras a fin de aportar posibles soluciones a la problemática planteada.





## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1 Planteamiento de Problema

La capacidad instalada representa la cantidad de energía o servicio que puede ser obtenido en una determinada unidad productiva durante un período establecido de tiempo, y es la razón máxima de capacidad para la combinación de energía presente en las operaciones de una organización.

El consumo de energía implica satisfacer necesidades presentes o futuras. La capacidad instalada y el consumo energético, encierran una actividad de tipo circular en cuanto que, el hombre produce para poder consumir y a la vez consume para producir.

Un análisis energético permite establecer un estudio comparativo entre la capacidad instalada y el consumo energético, el cual es de vital importancia en el desarrollo del proceso productivo en una empresa manufacturera.

Las empresas productoras de bebidas carbonatadas, día tras día, se ven forzadas a establecer y aplicar programas de mejoramiento continuo en sus procesos productivos a fin de garantizar la rentabilidad y estabilidad de la organización debido a que trata con productos de fabricación masiva de gran competitividad en el mercado actual.

Pepsi – Cola Venezuela C. A. es una reconocida organización productora de bebidas gaseosas. Su organización vista desde una perspectiva de constante evolución, abarca actualmente las principales regiones del país. Está constituida por seis plantas productoras ubicadas en diferentes puntos de la geografía nacional. Pepsi

---



– Cola Venezuela está en capacidad de satisfacer las necesidades de los clientes y consumidores Venezolanos ya que su refrescante portafolio incluye Pepsi, Pepsi Light, Seven Up, Seven Up Light, Sabores Golden (uva, piña, naranja, manzana, mandarina, kolita).

Por ser Pepsi-Cola Venezuela C.A., Planta Barcelona, una empresa con una creciente demanda en el mercado consumidor, se ha visto en la necesidad de hacer aumentos en la producción, colocándose casi al tope de su máxima capacidad instalada. Esta situación ha despertado el interés de los accionistas en comenzar a pensar en una posible ampliación y para ello es necesario determinar la disponibilidad de los servicios.

Para la operación de la Planta son necesarios los sistemas de aire comprimido, refrigeración, dióxido de carbono, generación de vapor, electricidad y las plantas de tratamiento de aguas blancas y aguas residuales. Cada uno de estos sistemas cumple una función determinada y es necesario estimar el potencial energético que cada uno es capaz de proporcionar.

La empresa tiene como objetivo determinar la capacidad de expansión en cuanto a sus instalaciones, para esto es necesario realizar el cálculo del consumo energético en cuanto a aire comprimido, dióxido de carbono, amoníaco, vapor, electricidad y agua de los diferentes equipos de las líneas de producción, tales como: sopladora, silos, posicionador, etiquetadoras, llenadoras, envolvedoras, paletizadoras, despaletizadoras, lavadoras, etc., así como también de las distintas áreas de la Planta y calcular la capacidad instalada de compresores, enfriadores, tanques, secadores, condensadores, calderas, bombas, etc., (generadores de los distintos servicios), con que cuenta la Planta para así poder determinar la disponibilidad de servicios.

En el estudio a realizar se analizará la situación energética actual de la Planta para determinar el consumo energético de los equipos existentes y la capacidad

---



instalada, en base a la información obtenida de los diferentes datos suministrados por los fabricantes de los equipos.

La principal limitante de la investigación radica en la falta de información y desactualización de los catálogos de algunos equipos.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Analizar el consumo energético y la capacidad instalada en una planta embotelladora de refrescos, con la finalidad de determinar la disponibilidad de servicios para futuras ampliaciones.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar el proceso productivo, el uso de los diferentes servicios y equipos de planta en cada una de las áreas.
- Elaborar el diagrama del proceso de producción.
- Determinar los consumos y capacidades del sistema aire comprimido.
- Determinar los consumos y capacidades del sistema de vapor.
- Determinar los consumos y capacidades del sistema de refrigeración.
- Determinar los consumos y capacidades del sistema de suministro de agua.
- Determinar los consumos y capacidades del sistema de CO<sub>2</sub>.
- Determinar los consumos y capacidades del sistema eléctrico.
- Elaborar tablas donde se reflejen los resultados obtenidos.
- Comparar mediante la elaboración de gráficos, el consumo energético con la capacidad instalada total para determinar la capacidad de expansión de la Planta.
- Analizar los resultados obtenidos.



- Elaborar un informe incluyendo presentación de mejoras a fin de aportar posibles soluciones a la problemática planteada.

### **1.3 Justificación**

Pepsi-Cola Venezuela C. A. Planta Barcelona, es una empresa productora de bebidas gaseosas en diferentes presentaciones. Debido al crecimiento constante y las exigencias del mercado, esta Planta con el fin de satisfacer las necesidades que se presentan, se encuentra en miras de ampliación, para lo cual es necesario realizar diferentes estudios de factibilidad, entre los cuales resalta el análisis de los servicios de la Planta desde el punto de vista energético.

El análisis energético de las diferentes áreas de la Planta permitirá establecer una comparación entre la capacidad instalada y el consumo energético de servicios de los diferentes equipos.

De esta manera será posible determinar la capacidad de servicio disponible, lo cual resultará de gran importancia en el momento de desarrollar proyectos de ampliación en la Planta, en el cual se encuentren involucrados los diferentes servicios tales como agua, aire, electricidad, refrigeración, vapor y dióxido de carbono, lo que conlleva a un aumento de la capacidad del sistema de producción que define los límites competitivos de la empresa.

Esta investigación ha sido motivada a que actualmente la empresa no cuenta con un estudio previo, el cual permita determinar la disponibilidad de servicios de la Planta y en su inquietud por obtener la solución al problema planteado, se ha orientado en la realización de un estudio formal, el cual constituirá un proyecto de mucha importancia, pues viene a representar un gran aporte en el área energética de la empresa.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

Para la recopilación de la información necesaria, en este Trabajo de Grado se hará uso de trabajos realizados con anterioridad, en los cuales se muestran detalles sobre el sistema de aire comprimido, describiendo sus aplicaciones en planta, así como también sus productores y consumidores; es decir, los equipos que están ubicados e involucrados, respectivamente en el manejo y operación del mismo. Se define claramente el uso de cada uno de los servicios de planta utilizados en las diferentes etapas de la elaboración y envasado de bebidas gaseosas. Se establecen los parámetros de operación o necesidades energéticas en cada una de las fases de los diferentes procesos y se calculan los índices de consumo en función de la producción. Además muestran cálculos teóricos y reales de cada servicio y realiza comparaciones entre ellos de manera de poder establecer el desperdicio de energía de una de las áreas de una planta. Se describe un estudio de ampliación y reubicación de equipos en el área de sala de máquinas de Cervecería Polar de Oriente C.A., para lo cual se describen los sistemas de los diferentes servicios de planta, así como también se realiza una actualización de los planos de tuberías. Se describe el proceso de envasado, las máquinas y equipos, realiza la estimación de los parámetros operativos para un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y para que el proceso sea lo más productivo posible.

La información antes mencionada proviene de diferentes fuentes, las cuales se mencionan a continuación:

Varela Albaro. (1995). “Mantenimiento y Mejoras del Sistema de Aire Comprimido para una Industria Cervecera”. Informe de pasantía presentado como



requisito para optar al título de Técnico Superior Universitario en Tecnología Naval, mención Mecánica Naval.

José Quintero. (1998). “Análisis Energético de la Cervecería Polar de Oriente C.A. para la Disminución de los Índices de Consumo”. Trabajo Especial de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico en el I.U.P.F.A.N..

Méndez Félix. (2000). “Informe de pasantías”. Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional Experimental del Táchira.

Guiliano Moreno. (2000). “Estimación de los Parámetros Operativos en las Líneas de Producción de una Planta de Refresco”. Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial.

## **2.2 La Empresa**

### **2.2.1 Reseña Histórica**

La historia de la Empresa se remonta al año 1948, cuando los Señores Juan José Díaz y Peter Viera se asocian para iniciar el negocio de las bebidas gaseosas, el cual tuvo por nombre de EMBOTELLADORAS GOLDEN CUP C. A. Ubicada en los Teques, Edo. Miranda. Por esa época ya existían Empresas del mismo ramo en el mercado nacional.

A principio de los años 70, se amplían las actividades productivas, con la apertura de la nueva Planta ubicada en Villa de Cura, Edo. Aragua. Una de las



actividades resaltantes de esta Empresa es que fué pionera en el lanzamiento de nuevos productos y empaques.

En Diciembre de 1993, la Organización “Empresas Polar” adquiere el total de las acciones de “EMBOTELLADORA GOLDEN CUP C. A.” (Presamir C. A) en su interés de diversificar aún más sus actividades y aprovechar la oportunidad de incursionar en la industria refresquera.

La industria se ha desarrollado como experta en la producción de bebidas, con énfasis en el Sector Cerveza, sin embargo, posee una consolidada experiencia y gran destreza en el manejo de la logística de empaques, proceso de llenado, distribución, acondicionamiento y tratamiento de agua, procesos Físicos – Químicos, Investigación Aplicada, Microbiología, Control de Calidad, etc. Habilidades claves para el éxito en cualquier negocio de bebidas; el negocio refresquero es una diversificación natural de las “Empresas Polar”. La Organización refresquera en manos del mencionado grupo, comenzó a desarrollarse fuertemente y más hacia finales de 1996, cuando se asocia con PEPSI – CO INC.

A principio del mes de Octubre del año 2000 se cambió la razón social de Presamir C. A., Presaragua C. A, Presazulia C. A y Presandes C. A, pasando a ser PEPSI – COLA VENEZUELA C.A. centralizando el Departamento de Nómina para todas las Plantas.

Hoy por hoy, PEPSI – COLA VENEZUELA C.A. continúa en la lucha con inversiones que garantizan la avanzada tecnología de los equipos, capacitando cada día más a su personal y satisfaciendo las necesidades de sus clientes.

Pepsi – Cola Venezuela C. A Planta Barcelona, inicio sus operaciones el día 30 de Octubre de 1998, ésta se encuentra ubicada en las instalaciones de Cervecería Polar Planta Oriente, en la Carretera Negra, Km. 15 Sector Ojo de Agua vía Naricual.



En la actualidad cuenta con dos líneas de producción que poseen la versatilidad para envasar Pepsi, 7 Up y sabores Golden en diferentes presentaciones: en Línea 4 (Embotelladora): 266 ml y 350 ml y Línea 5 (Pet): 1.5 L. y 2.0 L, contando con un Plan de Producción mensual aproximado de 1.200.000 cajas en diferentes presentaciones y sabores.

### **2.2.2 Misión de la Empresa**

Satisfacer las necesidades de los Consumidores, Clientes, Compañías vendedoras, Concesionarios, Distribuidores, Accionistas, Trabajadores y Suplidores a través de nuestros productos y de la gestión de nuestros negocios, garantizando los más altos estándares de calidad, eficiencia y competitividad, con la mayor relación precio, valor, alta rentabilidad y crecimiento sostenido, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad y del desarrollo del país.

### **2.2.3 Visión de la Empresa**

Seremos líderes en el mercado de bebidas no alcohólicas en Venezuela. Desarrollaremos un portafolio de marcas líderes, así como sistemas comerciales y de información que nos permitan llegar consistentemente a la totalidad de los puntos de venta y colocar todos nuestros productos, siendo reconocidos como la empresa que brinda el mejor servicio a sus clientes. Contaremos con una organización orientada al mercado, que promueva la generación y difusión del conocimiento en las áreas comercial, tecnológica y gerencial.

Seremos la compañía más eficiente de la industria en el aspecto de costos de producción y distribución en Venezuela. Seleccionaremos y capacitaremos a nuestro personal con el fin de alcanzar los perfiles requeridos, lograremos su pleno compromiso con los valores de Empresas Polar y le ofreceremos las mejores oportunidades de desarrollo.

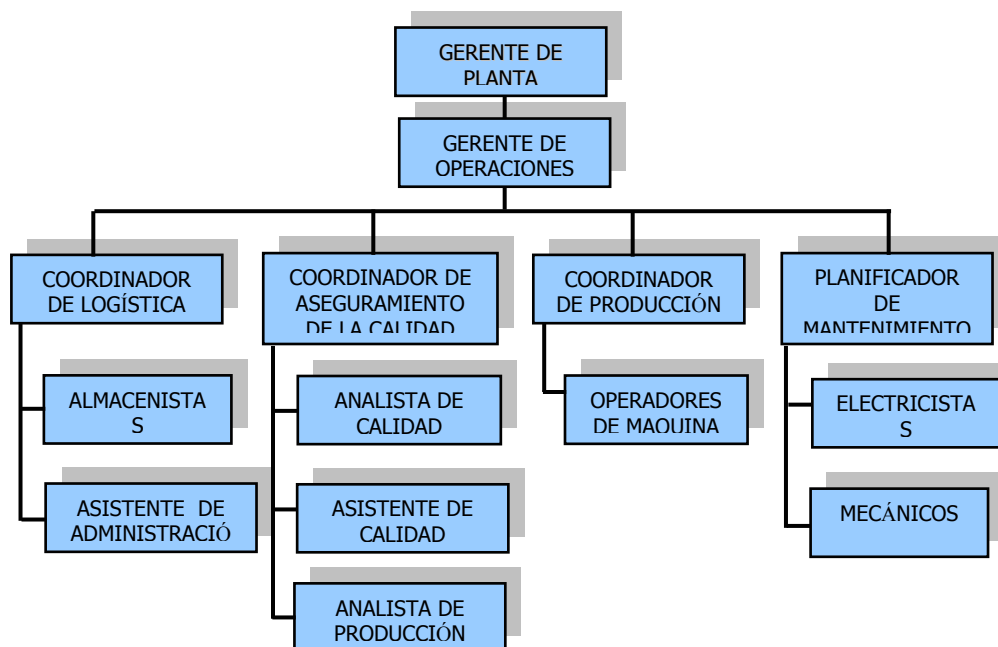




### 2.2.4 Objetivos de la Empresa

- Satisfacer las necesidades de nuestros consumidores y clientes de manera consciente.
- Actuar oportunamente ante los cambios del entorno, siempre guiados por nuestra visión, misión y valores.
- Poseer la disposición de aprender, gerenciar y difundir los conocimientos.
- Tener una actitud proactiva ante la generación de nuevas tecnologías de condiciones.
- Fomentar la integración de equipos con el propósito de alcanzar metas comunes.
- Reconocer constantemente entre nuestros trabajadores la excelencia y la orientación al logro.
- Proveer oportunidades de empleo en igualdad de condiciones.
- Exhibir una actitud consistentemente ética, honesta, responsable, equitativa y proactiva hacia nuestro trabajo y hacia la sociedad en la cual nos desenvolvemos.

### 2.2.5 Organigrama Planta Barcelona





## **Funciones**

### **Gerente de Planta**

Es el que coordina y dirige todas las actividades que se realizan en la Planta, es quien recibe la información directa de cada Gerencia integrante de la organización y es quien asume el rol ejecutivo de todas las propuestas y proyectos dentro de la empresa.

### **Gerente de Operaciones**

Responsable de la elaboración, envasado y despacho de los productos Pepsi-Cola, Sabores Golden y Seven Up, con los estándares de calidad establecidos. Garantizar a través del mantenimiento de los equipos la continuidad de los procesos y el abastecimiento estratégicamente planificado Coordinar y elaborar la planificación operativa. Evaluar que las operaciones y sistemas de la empresa se ejecuten conforme a las normas, políticas y procedimientos de control interno establecido por PEPSICOLA VENEZUELA, verificando que los recursos que la empresa ha dedicado a tal fin sean utilizados en forma óptima.

### **Coordinador de Logística**

Se ocupa de analizar, planificar, ejecutar y dirigir las actividades de distribución de producto terminado de distintas agencias, compra de materia prima, almacenamiento y control de flota de transportistas.

### **Coordinador de producción**

Planificar, programar y controlar las actividades inherentes al proceso de elaboración de bebidas gaseosas, para ser envasadas en sus sabores Goleen, Seven



Up, Pepsi, optimizando los recursos de tal forma que la producción satisfaga las expectativas del departamento de ventas. La gerencia de producción tiene como finalidad planificar, coordinar, controlar y realizar el seguimiento de las actividades de producción, asegurando la calidad y tratando de atender las metas de producción, mejoras y modificaciones de los procesos sus equipos e instalaciones.

### **Coordinador de Aseguramiento de la Calidad**

Asegurar que la elaboración y el envasado de los productos Pepsi-Cola, Sabores Golden y Seven Up se realicen bajo los estándares de calidad establecidos por Dirección Nacional Técnica de Normas PEPSICOLA VENEZUELA y el mantenimiento del sistema de gestión de la calidad basado en las Normas COVENIN ISO 9000, mediante la supervisión, control y mejoramiento continuo de los procesos con la finalidad de que los productos salgan al mercado en óptimas condiciones y se asegure la satisfacción del cliente.

### **Planificador de Mantenimiento**

Planificar, ejecutar y controlar las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos e instalaciones de las áreas de elaboración, sala de máquinas, telecomunicaciones y áreas en general de la Planta, así como la función de provisión de servicios, suministros y controles energéticos que influyen en el proceso de producción a fin de asegurar el óptimo funcionamiento de los equipos y así poder garantizar la continuidad del proceso productivo. Realizar y ejecutar los trabajos de Ingeniería y construcción necesarios de la planta, así como coordinar, planificar, ejecutar y controlar las necesidades de nuevos proyectos.



## Personal

Planta Barcelona cuenta con una Fuerza Laboral de aproximadamente 115 trabajadores. Además cuenta con el servicio de Personal suministrados por Empresas Contratistas.

- Un (1) Gerente de Planta
- Un (1) Jefe de Operaciones
- Un (1) Coordinador de Aseguramiento de la Calidad
- Un (1) Coordinador de Logística
- Dos (2) Coordinadores de Producción
- Un (1) Programador de Mantenimiento
- Dos (2) Analistas de Control de Calidad
- Dos (2) Asistentes de Calidad
- Un (1) Analista de Producción
- Dos (2) Almacenistas
- Un (1) Almacenista de Insumos
- Un (1) Asistente Administrativo
- Dos (2) Supervisores de Producción
- Mecánicos
- Electricistas
- Operadores de Maquinas
- Jaraberos
- Azucareros
- Montacarguistas



## 2.3 Fundamentos Teóricos

### 2.3.1 Capacidad

Es la cantidad de producto o servicio que puede ser obtenido en una determinada unidad productiva durante un período establecido de tiempo, (Domínguez Machuca, 1995).

La capacidad es la razón máxima de capacidad productiva o de conversión para la combinación de producto existente en las operaciones de una organización.

### 2.3.2 Capacidad Instalada.

Término que se usa para hacer referencia al volumen de producción que puede obtenerse en un período determinado en una cierta rama de actividad. Normalmente la capacidad instalada no se usa en su totalidad.

Cuando hay situaciones de recesión o de crisis el porcentaje de la capacidad instalada utilizado tiende a disminuir, aumentando la capacidad ociosa o no utilizada. Este último término se usa equivocadamente para hacer referencia a los recursos naturales que las empresas, por razones de costos o por causas de la estrechez del mercado, no están en condiciones de explotar en un momento dado.

La definición de la capacidad instalada debe tomar en cuenta tanto las pérdidas energéticas en la transmisión y distribución como por otra parte, así como las limitaciones en cuanto a continuidad del servicio.

Por otra parte debe considerarse también la proyección de la demanda futura tanto en función de crecimiento poblacional como de incremento de los índices unitarios de demanda, evaluando las ventajas y desventajas comparativas de contar



con excedentes de capacidad instalada o requerir eventuales incrementos de capacidad instalada.

### **2.3.3 Consumo**

El acto o proceso de obtener utilidad de una mercancía o servicio. En un sentido general sirve para indicar el proceso de adquisición de bienes y servicios, así como también la cantidad que se gasta de cada uno de ellos.

### **2.3.4 Transmisión de Calor**

Para un análisis completo de la transferencia del calor es necesario considerar mecanismos fundamentales de transmisión: conducción, convección y radiación.

*Conducción.* La transmisión de calor por conducción, es el paso de energía entre dos partes adyacentes de un cuerpo, que se encuentran a diferentes temperaturas, desde la parte a mayor temperatura a la otra. Un ejemplo de transmisión de calor por conducción, se presenta cuando una varilla metálica se calienta en un extremo y el calor se propaga hacia el otro extremo.

En general, los metales son buenos conductores del calor, por ejemplo, el cobre y la plata.

*Convección.* La transmisión de calor por convección, es la propagación de él debido al desplazamiento de masas a diferentes temperaturas. Por ejemplo, cuando se calienta agua en una tetera, la parte inferior que recibe el calor disminuye su densidad y sube, mientras que la masa más fría baja, este movimiento reiterado logra que toda la masa líquida se caliente. En general, se transmite el calor por convección en líquidos y gases.



*Radiación.* La transmisión de calor por radiación, es su propagación en el espacio como energía radiante. Por ejemplo, el sol nos irradia calor. Todos los cuerpos absorben e irradian calor. Un buen absorbente es también un buen emisor.

### 2.3.5 Primera Ley de la Termodinámica

De la primera ley de la termodinámica (Ley de la Conservación de la Energía) cuando se tiene un sistema que sufre un cambio de estado se tiene que:

$$q - w = \Delta E$$
$$\Delta E = (h_2 - h_1) + \left( \frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} \right) + (z_2 - z_1)$$

lo que implica que,

$$q - w = (h_2 - h_1) + \left( \frac{v_2^2}{2} - \frac{v_1^2}{2} \right) + (z_2 - z_1)$$

donde:

q : calor por unidad de masa

w : trabajo por unidad de masa

$h_2 - h_1$ : diferencia de entalpía entre el estado final y el inicial del proceso

$v_2^2 - v_1^2$ : diferencia de energía cinética entre el estado final y el inicial del proceso

$z_2 - z_1$ : diferencia de energía potencial entre el estado final y el estado final del proceso

Se puede despreciar la diferencia de energía cinética y potencial, ya que son valores bastantes pequeños con respecto a los demás términos. Suponiendo que no se realiza trabajo en estos equipos, se tiene:



$$q = h_2 - h_1 \quad (1)$$

Por medio de la definición de densidad de una sustancia, la masa de un fluido, si se conoce su volumen, se puede obtener la siguiente ecuación:

$$m = \rho \times V \quad (2)$$

donde:

m : masa del fluido

$\rho$  : densidad del fluido

V : volumen del fluido

Multiplicando la ecuación de calor por unidad de masa (1) por la ecuación (2) se obtiene el calor requerido en el proceso.

$$Q = m \times (h_2 - h_1) \quad (3)$$

donde:

Q : calor requerido

m : masa del fluido

$h_1$  : entalpía del fluido a la entrada

$h_2$  : entalpía del fluido a la salida

La ecuación (3), nos permite obtener el calor requerido, en el caso de tener un fluido que sufre un cambio de estado.

### 2.3.6 Balance de Energía

Cuando se realiza un proceso de intercambio de calor entre fluidos bien sea para enfriar o calentar una sustancia, ocurre un intercambio de energía. Es por ello





que es necesario desarrollar las ecuaciones que nos permitirán calcular ese intercambio.

Los balances de energía que ocurren en los procesos de intercambio de calor, permiten obtener el calor que requiere para calentar o enfriar un fluido, el calor absorbido por este fluido, debe ser igual al calor suministrado por el fluido utilizado para producir el calentamiento o enfriamiento.

$$Q_{\text{suministrado}} = Q_{\text{absorbido}}$$

El calor puede ser calculado por alguna de las dos ecuaciones definidas anteriormente según sea el proceso y las condiciones.

### **2.3.7 Intercambio de Calor para Calentar un Fluido**

En Pepsi-Cola Venezuela, Planta Barcelona, los procesos de calentamiento de fluidos se realizan a través del suministro de vapor, donde por medio de un intercambio de energía el vapor es condensado y el fluido calentado. El vapor utilizado en los procesos de calentamiento es suministrado por los generadores de vapor ubicados en el área de Sala de Máquinas, a las siguientes condiciones:

$$T_{\text{suministro}} = 110^{\circ}\text{C}$$

El condensado de vapor que se genera después del calentamiento es recogido en un tanque, el condensado de vapor proveniente de los equipos, se encuentra a:

$$T_{\text{condensado}} = 55^{\circ}\text{C}$$



La masa de vapor es calculada utilizando la ecuación de balance de energía

$$Q_{\text{suministrado}} = Q_{\text{absorbido}}$$

$$m_{\text{vapor suministrado}} = m_{\text{vapor absorbido}}$$

entonces:

$$m_{\text{vapor}} = \frac{Q_{\text{absorbido}}}{h_i - h_f}$$

### 2.3.8 Calor Específico de una Mezcla

Cuando el fluido que se está estudiando está compuesto por varias sustancias como componentes, la masa de la mezcla, se calcula como la suma de las masas de sus diversos componentes:

$$m_{\text{mezcla}} = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n$$

donde:

$m_{\text{mezcla}}$ : masa del fluido que se está estudiando

$m_1, m_2, m_3, m_n$ : masas de los componentes del fluido

### 2.3.9 Definición de Términos Básicos

*Agua dura*: Es utilizada para labores comunes de limpieza de sanitarios y riego de áreas verdes. Recibe un tratamiento de filtrado y cloración.

*Agua de proceso*: Es utilizada para la elaboración propiamente dicha de los jarabes que posteriormente se convierten en refrescos.



*Agua suave:* Es utilizada para servicios de generación de vapor, pasteurización del jarabe y lavado de los envases. A ésta agua se le extraen los minerales no deseados y luego se le agrega cloro, así se evitan daños a los equipos, se optimiza el proceso de mantenimiento y se respetan los niveles requeridos de limpieza.

*Brix:* Porcentaje en peso de los sólidos de sacarosa disueltos.

*C.I.P:* Literalmente Cleaning In Place. Es control automático de una secuencia de operaciones (lavado en frío o en caliente, enjuague, etc.) destinadas a lavar la máquina y evitar la formación de bacterias que puedan contaminar la bebida.

*Filtro de Arena:* sirven para eliminar los sólidos suspendidos y disminuir la turbidez.

*Filtro de Carbón:* tienen la finalidad de eliminar materia orgánica de bajo peso molecular, olores y sabores desagradables.

*Jarabe:* Base de la preparación de cualquier bebida gaseosa.

*Líquido Saturado:* Es cuando el líquido se encuentra en las condiciones de saturación.

*Líquido Comprimido:* Es aquel vapor que se halla a una temperatura menor que la de saturación o la presión está por encima de la presión de saturación.

*Organoléptico:* Se refiere a las características de los objetos que se aprecian sensorialmente, como sabor y olor.

*PET:* Tipo de material utilizado para la elaboración de botellas retornables.



*PH:* Indica la medida de acidez, basicidad o neutralidad de una sustancia

*Producto:* Indica la bebida completa, lista para ser enviada a la llenadora.

*Proceso:* Conjunto de recursos y actividades relacionadas entre si que transforman elementos entrantes en elementos salientes.

*Puente Principal:* Estructura metálica por la cual se realiza el soporte de todas las tuberías principales presentes en la Planta y las cuales le llevarán los servicios a los equipos.

*Saneamiento:* Conjunto de técnicas, servicios, dispositivos y piezas que los componen destinados a favorecer las condiciones higiénicas en un lugar.

*Temperatura de saturación:* Temperatura a la cual ocurre la vaporización para una presión determinada.

*Trampas de Vapor:* Mecanismo utilizado para separar el condensado del vapor.

*Válvula:* Dispositivo empleado para regular el flujo de un líquido, un gas, una corriente, etc., de modo que sólo pueda ir en un sentido de las tuberías, al igual que se emplea para interrumpir o reestablecer el paso del fluido.

*Vapor Saturado:* Es cuando el vapor se encuentra en las condiciones de saturación.

*Vapor Sobrecalentado:* Es aquel vapor que se halla a una temperatura mayor a la de saturación.



## 2.4 Servicios

Las plantas embotelladoras de refresco presentan en común el consumo de seis servicios: aire comprimido, vapor, refrigeración, suministro de agua, dióxido de carbono y electricidad; estos servicios representan una fuente de energía que se suministra según se requiere dentro del proceso de fabricación de refresco, operaciones de envasado y empaque. Cada uno de los sistemas mencionados está encargado de producir el componente respectivo o realizar el trabajo pertinente de una manera que permita que la Planta opere a la mayor eficiencia posible en cuanto al envasado de bebidas gaseosas.

La maquinaria generadora de los servicios de aire comprimido, vapor, amoníaco y electricidad está ubicada en la central de energía y sala de máquinas de la planta de Cervecería Polar, Planta Oriente, donde se generan también los seis servicios necesarios para el funcionamiento de la planta de Cervecería. La función principal de la sala de máquinas es generar y acondicionar los fluidos necesarios para iniciar los distintos procesos indispensables en la elaboración de refrescos, así como generar electricidad a las áreas críticas en casos de que las circunstancias lo requieran.

### 2.4.1 Sistema de Aire Comprimido

Este sistema tiene como objetivo la compresión del aire que se encuentra a condiciones atmosféricas para poder ser usado en los diferentes procesos que lo requieran.

Comprimir es el proceso mediante el cual se reduce el volumen de un gas, para obtener una presión mayor. Se conoce como aire comprimido, al aire cuya presión le ha sido aumentada.



La sencillez en la operación, la disponibilidad, la facilidad y la seguridad en el manejo de las herramientas y elementos neumáticos han propiciado la gran utilización del aire comprimido, El uso del aire comprimido en los sistemas neumáticos, actuadores y equipos es de vital importancia. El hecho de comprimir aire nos provee de una forma de energía limpia relativamente fácil y segura de conducir; razón por la cual posee numerosas y diversas aplicaciones.

El rendimiento de una instalación de aire comprimido depende de algunos factores como:

- Buen funcionamiento de los equipos.
- Cantidad de aire perdido por fugas y escapes.
- Pérdidas excesivas de carga que afectan la potencia de las herramientas y equipos.
- Selección y funcionamiento óptimo de los equipos consumidores de aire comprimido.
- Transmisión de energía con un mínimo de pérdidas.

El sistema de aire comprimido está conformado de la siguiente manera:

*Filtro de aire de aspiración:* en éste el aire es liberado de las partículas en suspensión, las cuales al entrar al compresor podrían ocasionar grandes daños.

*Compresor:* el compresor es el encargado de comprimir el aire tomado de la atmósfera. Éste debe estar correctamente dimensionado según los requerimientos de consumo del sistema, de manera que se garantice la cantidad de caudal y presión necesaria para la operación de los equipos. En la sala de máquinas, se cuenta con tres compresores reciprocantes y tres compresores centrífugos.



*Compresores reciprocantes:* Son aquellos que tienen como elemento de compresión un pistón, el cual se mueve hacia delante y hacia atrás dentro del cilindro. Estos compresores son de la firma Ingersoll Rand de doble efecto y dos etapas de compresión. Al ser comprimido el aire experimenta un aumento en su temperatura, la cual es disminuida nuevamente al hacer pasar este aire por un enfriador llamado Interenfriador. Este aumento de temperatura se observa en todo los gases y debe ser disminuido.

Las razones para disminuir dicha temperatura son las siguientes:

- Reducir el volumen del aire a comprimir en la segunda etapa; para así disminuir el tamaño del cilindro y del pistón, balanceando las fuerzas del cigüeñal.
- Condensar y separar vapores (principalmente vapor de agua), pues son corrosivos.
- Ahorrar energía.

Una vez que el aire sale del interenfriador es aspirado por la etapa de alta presión en la cual se comprime a la presión final de 7 Kg./cm<sup>2</sup> y una temperatura de 150 °C.

*Compresores Centrífugos:* El compresor centrífugo es caracterizado por ser el flujo de gas en el sentido radial. El gas en la aspiración es dirigido hacia el centro de una rueda rotativa mejor conocida como impulsor, la cual lleva aletas radiales cuya función es impulsar el gas (aire) hacia la periferia por medio de una fuerza, conocida como fuerza centrífuga.

Los compresores Centrífugos del sistema son de la firma ELLIOT, de tres etapas de compresión. El aire entra a la primera etapa a través de la válvula de entrada, en donde es acelerado por el primer impulsor. Un difusor radial convierte la



velocidad del aire en presión, antes de que el aire entre a la cámara de aire de alta eficiencia, para ser conducido a través de la tubería de interconexión hacia el primer interenfriador. El aire enfriado fluye hasta el segundo impulso, y otra vez a través del difusor, y después hasta el segundo interenfriador. El aire va desde el segundo interenfriador hasta el tercer impulsor, el difusor y la voluta, antes de ser descargado en el post-enfriador y en el sistema de aire de la planta.

*Post-enfriador:* tiene como función condensar el vapor del agua presente en el aire y extraer esta agua de las tuberías. La importancia de este equipo es que evita la humedad dentro de los equipos y sistema de tuberías.

*Tanque de almacenamiento:* el siguiente elemento del sistema es el tanque de almacenamiento, el cual cumple la función de mantener una reserva de aire para suplir las demandas pico y amortiguación de pulsaciones. Estas pulsaciones son ocasionadas por los compresores de pistón y deben ser minimizadas para el normal funcionamiento de los equipos. Las características principales que debe poseer este tanque son las de tener una capacidad mayor que el consumo total del sistema, además de procurar que el compresor no tenga un ciclo de trabajo muy corto, es decir, que el compresor no arranque tan seguido, de manera de preservar los componentes mecánicos y eléctricos del mismo. El sistema cuenta con tres tanques de almacenamiento.

*Secador de aire:* para poder utilizar este aire en instrumentos, sistemas, herramientas neumáticas, etc., se debe asegurar que el aire no arrastre, en ningún momento, agua condensada hacia los equipos; por lo tanto, se pasa el aire por el secador, el cual está constituido principalmente por un enfriador. Este funciona con alcohol y su propósito es condensar el vapor de agua para su posterior separación.

El sistema dispone de dos enfriadores de igual tamaño, de los cuales uno de ellos es capaz de absorber toda la carga del sistema.





*Línea principal:* Se ubica luego del tanque y es la encargada de abastecer a las líneas de distribución de aire comprimido con la presión, flujo y calidad solicitadas y parte desde la sala de compresores hasta las áreas de consumo. Suelen ubicarse en el puente de tuberías principales junto con las demás tuberías principales.

*Líneas de distribución:* son las encargadas de distribuir el aire dentro del área de consumo. Suelen colocarse en puentes de tuberías secundarios junto con las demás tuberías de distribución.

*Líneas de servicio:* son las encargadas de llevar aire al punto de llevar el aire al punto de trabajo final.

*Consumidores:* las aplicaciones más comunes son la transmisión de potencia a máquinas automáticas, herramientas neumáticas, dispositivos de instrumentación y control, etc.. En la planta los consumidores del sistema de aire comprimido son controladores e instrumentos de los procesos que se realizan en los procesos de elaboración y envasado del refresco.

El sistema de aire comprimido en la Planta se divide en: sistema de aire comprimido de baja presión (6 bar.) y sistema de aire comprimido de alta presión (40 bar).

El proceso descrito anteriormente, corresponde al sistema de compresión de aire de baja presión.

En el sistema de aire comprimido de alta presión, el aire de trabajo es inicialmente tomado de la atmósfera, luego es llevado a través de un sistema de compresión de cuatro etapas, por medio de un compresor alternativo, del cual sale a una presión aproximada de 40 bar para luego ser depositado en un tanque o pulmón de aire, a medida que se requiera el consumo, el aire sale del pulmón y pasa por el



deshumidificador donde el aire es secado, para luego ser guiado y transportado al punto de consumo.

En el compresor ocurre un calentamiento por la acción de compresión del aire en cada etapa, por lo cual el flujo de aire debe ser enfriador a través de un sistema de refrigeración por agua. Este sistema de refrigeración, es un ciclo que comienza tomando el agua proveniente de PTAB, se hace pasar por una torre de enfriamiento para luego hacerla circular por los refrigeradores en los compresores en donde se lleva consigo gran parte del calor generado en cada etapa de compresión, esta agua (que sale a una temperatura mayor), es llevada nuevamente a la torre de enfriamiento con lo cual se completa el ciclo.

#### **2.4.2 Sistema de Vapor**

El vapor provee toda la cantidad de calor necesaria para la elaboración del refresco, limpieza de equipos como sistemas, tuberías, válvulas, tanques, etc. El vapor también es necesario para el proceso de envasado.

El primer elemento del sistema de vapor, es el *tanque de precalentamiento*, el cual recibe y almacena agua fresca proveniente del sistema de tratamiento de aguas blancas y retornos de condensado. Ambas aguas, tanto la fresca como el condensado, se mezclan y se mantienen a una temperatura entre 90 y 95 °C.

Una vez que el agua sale del tanque de precalentamiento se bombea hacia los *desaireadores*, los cuales le extraen el aire que pudo aún haber quedado disuelto. De allí por gravedad el agua pasa a los *tanques de alimentación* de las calderas en los cuales se mantienen a una temperatura de 105 a 110 °C.

Una bomba de varias etapas succiona el agua del tanque de alimentación, elevando su presión hasta 15 Kg./cm<sup>2</sup> y la envía al domo superior de la *caldera*.



Una vez que este vapor ha cedido parte de su calor se condensa. En el área Pepsi el condensado es proporcionado por las lavadoras de botellas, calentadores tubulares para agua de proceso, calentadores para realizar CIP y jarabe simple. A la salida del vapor de estos equipos se encuentran trampas de vapor las cuales desalojan el condensado y lo dirigen a un tubo recolector subterráneo principal para luego ser depositado en el tanque de recuperación de Pepsi, donde luego es bombeado a través de una línea principal de retorno hacia el tanque de precalentamiento.

### **2.4.3 Sistema de Refrigeración**

La refrigeración es un proceso que extrae el calor de un espacio o sustancia para introducir una reducción en temperatura, mediante la transferencia de aquel calor a otra sustancia.

El fluido de trabajo para lograr el propósito de la refrigeración en la Planta es el amoníaco, debido a su bajo costo y cubre fácilmente los rangos de temperatura necesarios en la elaboración del refresco. El amoníaco es la sustancia que tiene más efecto refrigerante por kilogramo, el cual, a pesar de su volumen específico alto en la condición de vapor, tiene una gran capacidad refrigerante. Aunque el amoníaco es tóxico, algo inflamable y explosivo con ciertas condiciones, sus excelentes propiedades térmicas lo hacen ser un refrigerante ideal.

El amoníaco en la empresa es utilizado par enfriar el producto de los Carbonatadores-Enfriadores y el sistema de agua helada utilizada además en los difusores ubicados e las salas de llenado y sala de jarabe.

El sistema de refrigeración por amoníaco es el más grande y complejo de todos los existentes en sala de máquinas y está compuesto, entre otros equipos, por compresores, condensadores, tanques de transferencia, bombas, tanques de baja presión, etc.



El uso de estos equipos permite coleccionar el refrigerante y volverlo a utilizar, una vez devuelto a sus condiciones apropiadas, con lo cual el sistema se convierte en un círculo cerrado.

El ciclo de refrigeración es similar al ciclo de vapor, ya que implica un cambio de estado, de líquido a vapor y a la inversa. El ciclo de refrigeración comprende temperaturas más bajas y consumo de energía mecánica en vez de energía térmica obtenida de la quema de combustibles, como la generación de vapor. En la sala de máquinas ubicada en Cervecería Polar, el sistema de amoníaco está compuesto por:

*Tanques de almacenamiento.* Sirven para almacenar el refrigerante líquido y mantener un stock en existencia.

*Evaporadores.* Son equipos donde el refrigerante hierve o se evapora, absorbiendo calor. Los evaporadores tienen gran importancia en el ciclo de refrigeración debido a que allí se produce el efecto útil del ciclo, denominado efecto refrigerante. Los evaporadores también son llamados enfriadores, vaporizadores o difusores.

*Trampas de Amoníaco.* Son dos tanques verticales que sirven para atrapar el amoníaco líquido que pudiera regresar a los compresores por la tubería de succión.

*Compresores de Tornillo.* Reciben el amoníaco en forma de gas a una presión de 2 bar. y lo comprimen a 12 bar..

*Condensadores.* Reciben el vapor refrigerante procedente del compresor, eliminan el recalentado del vapor, y a continuación, lo licuan. El condensador es el lugar donde se produce la eliminación de calor de un sistema de refrigeración. En la Cervecería Polar de Oriente existen 7 condensadores evaporativos y 4 condensadores tubulares ubicados en la azotea de Sala de Máquinas.



En los condensadores evaporativos, el gas que viene de los compresores se condensa, por medio de un proceso combinado de transferencia de calor sensible y calor latente, dentro de una batería de tubos sobre los cuales se pulveriza el agua. El calor del refrigerante sale fuera, llevado por el aire que circula hacia arriba a través de la lluvia de agua y de los tubos del condensador. Los condensadores tubulares utilizados en la Cervecería es un condensador horizontal con tubos y carcasa; el gas refrigerante caliente, procedente del compresor entra por la parte alta del condensador, metiéndose en la carcasa, el líquido refrigerante fluye desde el condensador a los tanques recibidores de amoníaco.

#### **2.4.4 Sistema de Suministro de Agua**

El agua es el ingrediente principal de todas las bebidas refrescantes es por esta razón que su calidad es de vital importancia para esta industria. El agua que se utiliza en los procesos de elaboración tanto de jarabes como de bebidas carbonatadas, deben cumplir con los requisitos organolépticos establecidos. Los rangos de aceptación para este insumo están descritos en las especificaciones de control de calidad de PEPSI-COLA INTERNACIONAL. Muchos de los suministros de agua son aptos para el consumo humano; sin embargo no satisfacen la calidad para el proceso de embotellado y por tal motivo requiere un tratamiento adicional que garantice:

- Agua uniformemente constante.
- Eliminación de sustancias coloidales y material en suspensión.
- Eliminación de color, olor y sabor.
- Reducción de alcalinidad a niveles establecidos.
- Eliminación de microorganismos.

El tratamiento que garantiza estas condiciones se basa en cuatro pasos fundamentales que son:



- Reducción de alcalinidad.
- Floculación o coagulación.
- Sobrecolación.
- Filtración.

El agua que se trata en la Planta de Tratamiento de Aguas de Cervecería Polar Oriente, es agua de río, la cual es pasada por unos floculadotes, luego es enviada hacia los filtros de antracita y posteriormente a los de carbón; después de ser pasada por el proceso de filtración, el agua es enviada al Tanque C.

El agua del Tanque C es enviada a los Suavizadores para remover materia calcárea y sales que pudieran formar incrustaciones a los equipos donde va a ser enviada.

El agua filtrada desde el Tanque C y/o desde los filtros de carbón es enviada al filtro Scavenger; del Scavenger esta agua es enviada al CNP, el cual se encarga de darle las características necesarias para ser utilizado en el proceso de elaboración de refrescos.

El agua CNP finalmente llega al tanque de almacenamiento de agua de Pepsi donde es enviada nuevamente a los filtros de carbón ubicados en el área de servicios de planta Pepsi.

#### **2.4.5 Sistema de Gas Carbónico**

El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es un servicio de gran importancia en el proceso de elaboración de bebidas gaseosas, bien sea durante la carbonatación del agua o en el vaciado de tanques con el fin de crear una atmósfera rara que garantice la ausencia de cualquier microorganismo que pueda afectar la pureza del producto final.



El sistema de CO<sub>2</sub> esta constituido por los siguientes equipos:

- (2) Tanque de almacén del CO<sub>2</sub>.
- (1) Intercambiador de calor.
- (2) Regulador de Presión.
- (1) Filtro de carbón.
- (1) Bomba de llenado de cilindros.

### **Tanque de CO<sub>2</sub>**

Como su nombre lo indica es el que se encarga de recibir y almacenar el Dióxido de Carbono liquido (CO<sub>2</sub>) empleado para la elaboración de las bebidas carbonatadas, es decir, se usa para incrementar el contenido de gas, mejorar el sabor y el PH al producto final que serían los refrescos en todas sus presentaciones.

Son dos tanques los cuales se encuentran interconectados a través de una tubería la cual tiene en su recorrido dos válvulas manuales que se encargan de abrir y cerrar el paso de CO<sub>2</sub> para regular las presiones entre los dos tanques.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se encuentra en estos tanques, se desplaza y se traslada por una tubería 3 válvulas automáticas de seguridad que se encuentran calibradas a una presión, es decir, que al haber un incremento de la presión que sobre pase este valor calibrado, ellas se disparan para evitar daños mayores en el resto del sistema.

### **Intercambiador de Calor**

Este equipo recibe al Dióxido de Carbono que viene por la tubería de salida del tanque de CO<sub>2</sub>, el cual entra y fluye en el tubo interior del intercambiador de calor mientras que el agua de proceso circula por la región anular formada entre ambos



tubos, luego de haber hecho su recorrido por el intercambiador de calor y haber realizado la transferencia de calor con el agua de proceso el Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) sale en estado gaseoso hacia los filtros de carbón, esta notable variación de temperatura que experimenta el  $\text{CO}_2$  se debe a que este es un gas ideal por lo que lo hace muy sensible a los cambios de temperatura influyendo en su cambio de fase, mientras que el agua de proceso sale a una temperatura ligeramente menor a la temperatura de entrada, lo que indica que hubo muy poco  $\Delta T$  y continua su recorrido al proceso y líneas de producción.

### **Filtros de Carbón**

Antes de que el Dióxido de Carbono llegue a los filtros de carbón en su nuevo de materia (gas), él pasa por un Regulador de Presión que tiene como objetivo y como su nombre lo indica regular la presión del  $\text{CO}_2$  pero ahora en estado gaseoso.

Luego de ser regulada la presión, el  $\text{CO}_2$  entra a los Filtros de Carbón por la válvula de admisión en donde se le elimina el olor, sabor, color y cualquier partícula extraña ajena al sistema y que pueda perjudicar al proceso de producción.

Después de filtrado se deja salir o es liberado limpio por la válvula de descarga por donde se envía o viaja por tuberías a las distintas líneas de producción en donde antes de llegar a los Mezcladores se encuentra con otro Regulador de Presiones el cual le modifica su presión de entrada.

### **Bomba de Llenado de los Cilindros de $\text{CO}_2$**

Es un accesorio del sistema de  $\text{CO}_2$ , el cual tiene como función llenar los cilindros para que luego sean llevados a los distintos sitios y puntos de ventas.





### **Celdas de Pesada**

Son instrumentos de medición que están ubicados en las bases de los tanques para dar con exactitud el contenido en Kg. de CO<sub>2</sub> dentro de ellos.

Estas Celdas de Pesada están conectadas a dos monitores uno para cada tanque en donde se pueden leer los valores de los contenidos, cuando el contenido de uno de los tanques llega al límite mínimo de peso se procede a abrir la válvula del otro tanque para que continúe suministrando CO<sub>2</sub> al sistema e inmediatamente se cierra la válvula del tanque que estaba en uso, esto se hace para evitar la posible contaminación del tanque con aire al quedar totalmente vacío.

### **2.4.6 Sistema Eléctrico**

En Pepsi-Cola, Planta Barcelona, la energía eléctrica es suministrada por Cervecería Polar de oriente donde la energía es distribuida tanto en alta como en baja tensión. La distribución de energía en alta tensión se logra mediante un tablero principal (Sub- Estación Principal) y dos sub-tableros. Dichos tableros tienen una configuración de doble barra, las cuales son independientes y son conocidas en planta como barra "Polar" y barra "CADAPE". Estas barras son de cobre y su función es conducir la corriente a través de los tableros.

La barra CADAPE es alimentada por la energía proveniente de la Sub-estación Barbacoas (CADAPE). La barra Polar es alimentada por la energía producida en Planta mediante tres unidades generadoras.

En lo que respecta a la generación propia de energía eléctrica, Cervecería Polar Oriente dispone de tres unidades generadoras en Sala de máquinas, las cuales son accionadas por sus respectivos Motores Diesel. La capacidad instalada de la Planta es de 7,5 MW, repartidos entre tres unidades generadoras, cada una de 2,5 MW.



La distribución eléctrica necesaria para el funcionamiento de los diferentes equipos instalados en la planta Pepsi, se logra a través de una Sub-estación ubicada en Planta a la cual es suministrada la energía proveniente de la planta Polar.

#### **2.4.7 Sistema de Iluminación y Aires Acondicionados**

La experiencia demuestra que una buena iluminación en las fábricas y talleres es una manera muy eficaz de incrementar tanto la productividad como la calidad. Una buena iluminación aumenta el confort y la seguridad del trabajador, reduce el nivel de errores y estimula al personal a mejorar su rendimiento. En tal sentido es relevante la el estudio del consumo y suministro de energía para la iluminación.

El acondicionamiento de aire es un proceso necesario para la optimización de algunos procesos industriales y para el bienestar de las personas que se encuentran dentro de un recinto.

Como en el proceso de refrigeración, el acondicionamiento de aire requiere un suministro de energía. El propósito de un sistema de acondicionamiento de aire es tratar el aire para lograr controlar condiciones de humedad, temperatura, pureza y ventilación, con el fin de proporcionar ambiente confortable a las personas y adecuado a máquinas y a materiales cuyas condiciones de operación y conservación así lo exijan.

### **2.5 Proceso Productivo**

#### **2.5.1 Elaboración del Refresco**

El proceso de elaboración del refresco comienza con el tratamiento del agua. El agua que interviene en el proceso es tomada directamente del Río Neverí, luego es



almacenada para su tratamiento y saneamiento mediante diferentes procesos de filtración y purificación el cual se realiza en la Planta de Tratamiento de Aguas Blancas (PTAB) de la Empresa.

El agua ya procesada es mezclada con azúcar refinada, la cual es cuidadosamente evaluada, este proceso es realizado en Sala de jarabe. La solución de azúcar y de agua se controla para que esté dentro de los parámetros del sistema de Jarabe Simple, el cual comprende una tolva para el azúcar, un tanque para el agua y un sistema de recirculación. La mezcla de azúcar y agua es recirculada hasta completar la homogenización del líquido luego pasa a los tanques de maduración para esperar por la última etapa del proceso.

En el tanque de sabores se agregan los acidulantes los cuales son mezclados con una proporción de agua y luego enviados al tanque de maduración donde se encuentra esperándole Jarabe Simple, lo mismo se hace con los saborizantes y luego con los concentrados.

Una vez agregadas todas las partes al tanque de maduración, se recircula durante 15 a 20 minutos y se verifica que todos los parámetros Físicos – Químicos estén bajo las normas, finalizada esta fase, se procede a su envío al área de envasado.

El Jarabe es suministrado a través de bombas a las diferentes líneas, allí es carbonatado, ajustando sus características físico – químicas: Brix y Carbonatación. El Brix de la bebida se utiliza como un parámetro de control de calidad para determinar que el equipo proporcionador está controlando con exactitud la cantidad correcta de jarabe y agua.

La Carbonatación tiene como finalidad, certificar si el producto contiene la cantidad correcta de CO<sub>2</sub>. Cada sabor tiene patrones definidos de Carbonatación, es



decir, hay una relación definida entre sabor y Carbonatación, por lo tanto, cualquier variación de patrón ocasiona alteración en las características del sabor.

Por definición, un volumen de gas equivale a la cantidad de anhídrido carbónico en Condiciones Normales de temperatura y Presión (CNTP: 1 atm. y 0° C al nivel del mar) disuelta en igual volumen de líquido.

En virtud de ésta relación, se determina el CO<sub>2</sub> contenido en la bebida, midiendo la presión interna con un manómetro.

## **2.5.2 Etapas del Proceso Productivo**

### **2.5.2.1 Proceso de Elaboración**

#### **Tratamiento de Aguas Blancas**

Mediante este proceso se garantiza que todas las aguas blancas que entren a la Planta sean purificadas antes de ser utilizadas. El agua es sometida a un riguroso tratamiento para eliminar impurezas y estabilizar su composición Físico – Químicas. Inicialmente se le agrega cloro y luego por medio de un filtro de arena se eliminan los residuos orgánicos que contenga.

El agua filtrada se deposita en un tanque de gran capacidad desde donde se distribuye para ser empleada en servicios generales, limpieza de botellas en la lavadora y elaboración de refresco.

#### **Preparación de Jarabe Simple**

Esta etapa se lleva a cabo en la sala de jarabe. El proceso se inicia en la tolva donde se añade el azúcar. El agua proveniente de la planta de tratamiento de agua es



calentada a 30 °C, luego pasa al tanque disolutor, cuando el agua alcanza un nivel de 250 L se abre la válvula que deja pasar el azúcar para ser mezclada con el agua en el disolutor. Al terminar se mide el Brix para comprobar que está ajustado al estándar (62° Brix). Luego la mezcla de agua y azúcar (jarabe simple) pasa por unas mangas filtrantes, va un enfriador y sale con una temperatura de 20 °C para ser almacenada en un tanque buffer.



**Figura 1.** Sala de Jarabe Simple



**Figura 2.** Tanque buffer



*Figura 3.* Disolutor

### **Preparación de Jarabe Terminado**

El jarabe contenido en el tanque de almacenamiento, es bombeado hacia los tanques de jarabe terminado, donde será mezclado con los concentrados, el concentrado es la sustancia que proporciona color, sabor y aroma específicos al refresco, estos concentrados están compuestos por:

*El saborizante*, que contiene aceites esenciales que producen la base del sabor del producto; puede ser presentado como un solo componente como en el caso del saborizante de la Seven Up, o separado en dos componentes como en el de la Pepsi Cola.

*El acidulante* le brinda característica de agudeza a las sodas; normalmente los ácidos son: fosfóricos o cítricos.

*Los aditivos* son componentes adicionales que varían en cada fórmula.

En el tanque de jarabe terminado se efectúa una recirculación del contenido para garantizar una mezcla homogénea.



Para la producción de SABORES GOLDEN, el concentrado es suministrado por la Planta ubicada en los Ruices (Caracas), en el caso de PEPSICOLA y SEVEN UP, es suministrado por PEPSICOLA PANAMERICANA desde la Planta ubicada en el Estado Miranda. Dependiendo del sabor de refresco, el jarabe terminado necesitará un tiempo de maduración en los tanques dispuestos para tal fin. Para Pepsi el tiempo de maduración es de 24 horas, para GOLDEN y SEVEN UP no hay tiempo de maduración pero deben permanecer de 3 a 4 horas en los tanques para que el aire salga del líquido.



**Figura 4.** Sala de Jarabe terminado



**Figura 5.** Tanques de almacenamiento de Jarabe terminado



## **Preparación de Producto Terminado**

El jarabe contenido en los tanques, es enviado hacia la sala de llenado donde entra a un mezclador donde se mezcla el jarabe terminado con agua de proceso a una relación de 1 a 4, para refresco Golden y de 1 a 5 para Pepsi y Seven Up. Pasando luego a un carbonatador- enfriador, el cual tiene como función enfriar la bebida a una temperatura entre 10 y 14 °C en un ambiente sometido a presión para agregar CO<sub>2</sub>. La finalidad del enfriamiento previo a la carbonatación es facilitar y optimizar la disolución del CO<sub>2</sub> en el líquido. Una vez finalizado este proceso se obtiene el refresco terminado, el cual será enviado hacia la llenadora para su embotellado y tapado.

### **2.5.2.2 Proceso de Envasado**

El envasado es el proceso final de la producción de refresco. En Pepsi-Cola, Planta Barcelona, existen tres líneas de producción, de las cuales dos son de botellas retornables: una para botellas de 1 litro (línea 2) y otra para botellas retornables de 350 ml y 266 ml (línea 4), y la tercera línea para el envasado en botellas no retornables (botellas PET) (línea 5).

El proceso de envasado consta de una serie de etapas sucesivas cuyo objetivo es llenar botellas con producto (refresco) a fin de obtener el producto terminado para luego ser despachado a las agencias distribuidoras. Previa a las etapas del proceso de producción se cumple la fase de recepción de materia prima para la que se usará en el proceso, la cual es enviada directamente desde almacén hasta la línea de producción cuando se va a llevar a cabo el envasado de producto. De igual manera se debe contar con la preparación previa del producto a envasar a fin de que este cuente con los parámetros de calidad para poder ser usado en el proceso.





Las etapas que componen las actividades de envasado se describen brevemente a continuación:

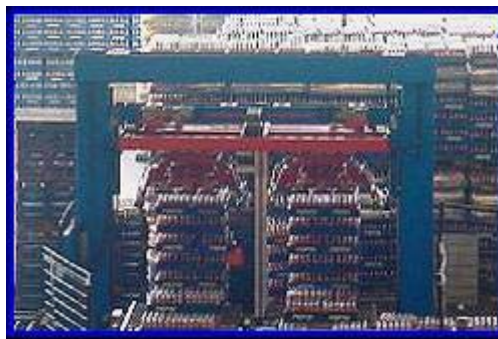
### Línea de Botellas Retornables

A continuación se hace una descripción del funcionamiento de cada una de las máquinas y equipos que se encuentran en las líneas 2 y 4.

**Despaletizador.** La función del Despaletizador es dividir el conjunto paletas-gaveras, una vez que es depositada por el montacargas en la entrada del despaletizador, con botellas vacías enviando la primera a la vía que la llevará al puesto de inspección, y las segundas, unas tras otras, a la vía que alimentará la siguiente fase de proceso de envasado. Es de hacer notar que en la línea 4 está máquina posee dos cabezales en lugar de uno, logrando de esta forma manejar dos paleta simultáneamente.



*Figura 6.* Despaletizador



*Figura 7.* Despaletizador



**Desembalador.** La función del desembalador es separar las botellas vacías de las gaveras que las transportan. Consiste en un cabezal que gira alrededor de un eje; el conjunto de cabezales gira hasta la mesa de descarga donde son depositadas las botellas para iniciar el proceso de lavado, mientras las cajas vacías siguen por la vía de salida para entrar a la lavadora de cajas y ser transportadas automáticamente hacia la embaldadora.



*Figura 8.* Desembalador

**Lavadora de Botellas.** Es la máquina que se encarga de lavar las botellas de manera continua pasando por diferentes etapas o tanques de agua, soda pre-lavado y enjuague de botellas de dos formas: inmersión e inyección.

Las botellas llegan a la mesa de entrada, procedentes de la Desembaladora (en el caso de la línea 2, pasan antes por la Desenroscadora), son canalizadas y llevadas en filas hasta el mecanismo de introducción que las hace entrar en cestas. Una vez allí, las botellas empiezan el viaje a través del proceso de lavado. Pasan por un pre-enjuague a presión con agua, a continuación se sumergen y emergen en seis tanques con diferentes concentraciones de soda cáustica y diferentes temperaturas. Antes del sumergido se inyecta una solución de soda cáustica a alta presión. Luego, pasan a los tanques con agua, donde además, se les inyecta agua fresca a alta presión para lograr la eliminación de restos de soda cáustica. En todos estos enjuagues a presión, la posición de la botella es con la boca hacia abajo para facilitar el drenaje y expulsión de suciedad. Tras todo este proceso, las botellas salen limpias y estériles por el



mecanismo de salida, a la mesa que las pone en ruta hacia los inspectores electrónicos de botellas vacías.



Figura 9. *Lavadora de botellas*



Figura 10. Lavadora de botellas, entrada de insumos

**Inspector de Botellas Limpias.** La función del inspector de botellas limpias es evitar que lleguen a la etapa de llenado, botellas que presenten roturas o suciedades. Esta unidad mira a través de la apertura superior de la botella en forma cónica hasta el fondo. Si encuentra materia extraña en su campo de visión la rechaza y es retirada de la banda transportadora.



*Figura 11.* Inspector de botellas limpias

**Llenadora-Tapadora.** Es una máquina provista de un grupo de válvulas que se accionan de manera sincronizada mediante mecanismos de mando que dan inicio al proceso de llenado. Las botellas pasan a una estrella de manejo donde son entregadas una a una a las válvulas de llenado volumétrico, el cual se encargara de envasar el producto en la misma, luego son transferidas a la sección donde se le colocarán las tapas a las botellas. Las tapas llegan a la tapadora a través de una correa que las deposita en una tolva; de allí pasan al molino de tapas, donde son agitadas hasta caer por el bajante que las lleva al porta corchos, donde se ubican en lugares específicos justo sobre las botellas que llegan a la estrella central. En este momento, las botellas son tapadas. De allí se envían a la vía de transporte de botellas llenas pasando por un inspector de nivel y tapa.



*Figura 12.* Llenadora



*Figura 13.* Llenadora

**Inspector de Nivel de Llenado.** Para asegurar que el volumen contenido en el envase es el especificado en el mismo, están dispuestos a la salida de cada llenadora inspectores de nivel que rechazan y desvías los envases con bajo nivel de llenado de la línea de envasado.



*Figura 14.* Inspector de nivel de llenado

**Embalador.** El embalador o empacador, tiene como función tomar las botellas provenientes de la llenadora-tapadora y colocarlas dentro de las gaveras que vienen desde la lavadora de cajas. En la mesa de entrada, las botellas son agitadas y llevadas por canales hasta que son separadas en grupos de 12 ó 24 dependiendo de la línea en la cual se encuentra (línea 2 ó 4), por el pre-selector y selector de botellas. En ese momento el cabezal baja y toma el grupo de botellas, se eleva y lo transporta hacia el



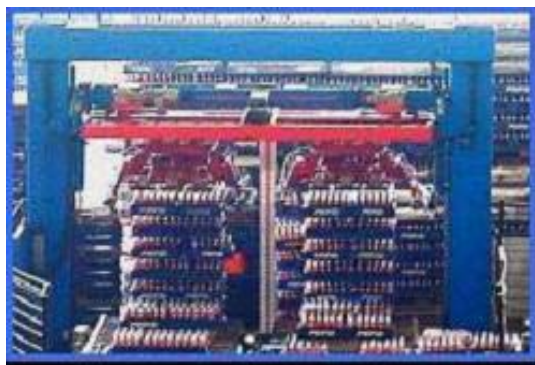
lado contrario de la máquina en un movimiento giratorio, allí descende y lo coloca dentro de la gavera que, en perfecta sincronización, es guiada por el selector de cajas. Luego, la gavera llena toma la vía de salida hacia la siguiente fase.



*Figura 15.* Embalador

**Inspector de Cajas.** El inspector de cajas llenas tiene la función de evitar que salgan de la Planta gaveras que no contengan el número correcto de botellas o con alguna botella destapada. Las cajas aprobadas siguen avanzando hacia el paletizador.

**Paletizador.** El paletizador es la máquina encargada de formar el arreglo de cajas con botellas llenas sobre las paletas, es decir, apila las gaveras sobre la plataforma en arreglos de seis camadas de nueve cajas cada una (línea 2), o en arreglos de ocho camadas de ocho cajas cada una (línea 4).



*Figura 16.* Paletizador



**Paramix.** El Carbonatador- Enfriador (Paramix), tiene como función mezclar el jarabe terminado con el agua de proceso, según una relación establecida para cada sabor de bebida, además, se encarga de enfriar la mezcla para facilitar el proceso de agregado de CO<sub>2</sub>, el Paramix permite controlar los parámetros de preparación de la bebida, como son el Brix, el porcentaje de CO<sub>2</sub> y la temperatura que tendrá el producto final, el cual será enviado a la llenadora-tapadora para su envasado.



*Figura 17.* Paramix

**Desenroscadora.** La función de esta máquina consiste en despojar a las botellas que circulan entre el desembalador y la lavadora de botellas de la línea 2, de las tapas de tipo hinge-lock II. Estas tapas vienen provistas de un sistema, que mantiene unida la tapa, a la botella por medio de un anillo que también es removido en esta etapa del proceso.

Todos estos elementos mencionados son semejantes entre las dos líneas a excepción de la desenroscadora, que solo opera en la línea de un litro. A continuación se muestran unas tablas donde se detallan las marcas y modelos de los equipos instalados en las líneas de envasado de la Planta.

**Tabla 1.** Equipos de la línea de envasado de botellas retornables de 1 L.

EQUIPO	MARCA	MODELO
Despaletizador	KHS	Innopal PL 1 EGN 1
Despaletizador de bula	KHS	Innopal LOMA
Desembalador	Barry- Wehmiller	
Lavadora de Botellas	Barry- Wehmiller	
Inspector de botellas vacías	Omnivision	Filtec
Llenadora – Tapadora	KHS	Innofill EM VVF 132/ 15 SV
Inspector de nivel de llenado	Omnivision	
Codificador	Videojet Excel	178i AF
Almacén de paletas	KHS	Innopal MPH
Almacén de Cajas	KHS	Innopal RK
Embalador	Barry- Wehmiller	
Paletizador	KHS	Innopal PL 1 BGN 2
Paramix	KHS	Innopro CMX 30
Desenroscadora	KHS	REM 16
Lavadora de Cajas	KHS	Innoclean KW 1-5
Alimentador de Tapas	KHS	NSM
Vías de Transporte	KHS	Innoline
Sistema de limpieza mediante espuma	KHS	



**Tabla 2.** Equipos de la línea de envasado de botellas retornables de 350 ml.

EQUIPO	MARCA	MODELO
Despaletizador	KHS	Innopal PL 2 EKN 2
Despaletizador de bulk	KHS	Innopal LOMA
Desembalador	Barry- Wehmiller	
Lavadora de Botellas	Barry- Wehmiller	
Inspector de botellas vacías	Omnivision	Filtec
Llenadora - Tapadora	KHS	Innofill EM VVF 132/ 24 KK
Inspector de nivel de llenado	Omnivision	
Codificador	Videojet Excel	178i AF
Almacén de paletas	KHS	Innopal MS
Almacén de Cajas	KHS	Innopal RK
Embalador	Barry- Wehmiller	
Paletizador	KHS	Innopal PL 2 BKN 2
Paramix	KHS	Innopro CMX 25
Lavadora de Cajas	KHS	Innoclean KW 1-5
Alimentador de Tapas	KHS	NSM
Vías de Transporte	KHS	Innoline
Sistema de limpieza mediante espuma	KHS	

### Línea de Botellas No Retornables

**Soplado de Preformas.** Consiste en el moldeado por soplado de preformas, las cuales entran a la estación de carga por medio de una estrella vertical para luego ser transportadas al horno, el cual alcanza una temperatura de aproximadamente 120 °C. Una vez calentada, ésta pasa a la estación de soplado que contiene los moldes, realizándose inicialmente un pre-soplado en el que interviene la varilla de estiramiento quien le dará la altura a la botella y seguidamente es soplada completamente. Aquí la botella recibe una ducha externa de agua helada. Luego del



enfriamiento, pasa a la estación de descarga para continuar por medio de una vía de transporte de aire hacia los silos de almacenamiento de botellas, dependiendo el caso, pues éstas pueden ser enviadas directamente a la etiquetadora. Tiene una capacidad de soplado de veintiún mil (21000) botellas por hora.



*Figura 18.* Sopladora



*Figura 19.* Sopladora

**Posicionador de Botellas.** Cuando en el proceso se van usar las botellas que están almacenada en los silos, éste las descarga en el posicionador de botellas, que es la máquina encargada de situar las botellas a fin de colocarlas en posición vertical para ser dirigidas por medio de una vía de transporte de aire hacia la etiquetadora.



*Figura 20.* Posicionador de botellas

**Etiquetadora.** Es una máquina automática fija realizada según las especificaciones del cliente para aplicar etiquetas sobre envases plásticos PET o PVC a alta velocidad. En la entrada, las botellas son separadas por medio de un tornillo sin fin, el cual la entrega a una estrella de transferencia que seguidamente la posicionará en el carrusel, quién la dirigirá hacia el tambor porta etiquetas, éste se encargará de adherirle la etiqueta identificadora del producto a cada una de las botellas que intervienen en el proceso. Luego la botella previamente etiquetada pasa por medio de una estrella a la vía de transporte de aire hacia la llenadora.



*Figura 21.* Etiquetadora

**Elevador de Tapones.** Es una máquina concebida para el transporte y la alimentación automática de tapones y cápsulas en las capsuladoras. Un ventilador de alta presión crea una corriente de aire para que las tapas sean transportadas hacia la tapadora o capsuladora.



**Llenadora.** Es una máquina giratoria para embotellamiento y taponadura de envases a alta velocidad. Las botellas pasan inicialmente al Rinser, en el cual se efectuará el enjuague (con agua) de las mismas, seguidamente pasan a una estrella de manejo donde son entregadas una a una a las válvulas de llenado volumétrico, el cual se encargara de envasar el producto en la misma, luego son transferidas a la sección donde se le colocarán las tapas a las botellas. De allí se envían a la vía de transporte de botellas llenas pasando por un inspector de nivel, etiqueta y tapa. Luego continúan su recorrido hasta llegar al embalador. Tiene una capacidad de llenado de veintiún mil (21000) botellas de 2.0 litros por hora y veintitrés mil (23000) botellas de 1.5 litros por hora.



*Figura 22.* Llenadora

**Embalador SMI.** Es una máquina que se encarga de embalar las botellas con un producto terminado en tarros o cajas en fardos de film termoretraible. Los fardos (paquetes), se pueden reforzar con la introducción debajo de las botellas de una base de cartón o bien una bandeja.

Según la presentación de la botella, ésta divide el número de botellas por grupo dependiendo del formato: para 1.5 litros se agrupan doce (12) botellas y para 2.0 litros seis (6) botellas, envolviéndolas en plástico termoencogible. Luego las pasa al horno a una temperatura de 180 °C para formar el paquete. Estos pasan por medio de la vía de paquetes o bandas transportadoras al Robokombi.



*Figura 23.* Embalador SMI



*Figura 24.* Embalador SMI, salida del horno

**Robokombi.** Es la máquina que se encarga de arrumar los paquetes de producto terminado en una paleta mediante movimientos continuos y un sistema de sujeción que agrupa y presiona las camadas de cajas, para ser transportadas a la tabla o paleta. Dependiendo de la presentación o formato de la botella éste las agrupa en la paleta en cantidades de cincuenta (50) paquetes para presentación de 1.5 litros y noventa (90) paquetes para 2.0 litros. Luego de formada la paleta, ésta pasa al Robopac quién se encargará de envolver a la misma con envoplast para asegurar su carga y poder ser almacenada, hasta su debida entrega a la agencia distribuidora.



*Figura 25.* Robokombi



*Figura 26.* Robokombi

**Mixer.** Es una máquina para la producción continua de bebidas claras o con pulpa suspendida mediante la mezcla de productos de base (agua, jarabe y CO<sub>2</sub>) en proporciones variables predeterminadas por el usuario.



*Figura 27.* Mixer



**Tabla 3.** Equipos de la línea de envasado de botellas no retornables.

<b>EQUIPO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>
Sopladora	BLOMAX	14 SIII
Posicionador de botellas	POSIMAT	BI- N
Etiquetadora	ROLLQUATRO	
Inspector de Botellas	HEUFT	
Llenadora - Tapadora	EUROTRONICA	FM
Embalador	SMI	SK
Robokombi	Robokombi	
Mixer	MOJONNIER	Starblend Plus
Robopac		Helix HS40
Codificador	GSI LUMONICS XYMARK	Efx
Silos	POSIMAT	
Enfriador	GENCOLD	
Alimentador de Tapas		
Vías de Transporte		



## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se llevó a cabo para el desarrollo del tema, es del tipo documental y descriptiva, debido a que la investigación se basó en la recopilación de material bibliográfico que proporcionó la información teórica necesaria, referente a las condiciones de operación de los equipos, características técnicas y necesidades energéticas en cada uno de los procesos.

Así mismo, se puede decir que la investigación es del tipo exploratoria o de campo, ya que, se llevó a cabo por medio de la observación en el área de trabajo y entrevistas a personas especializadas en la materia.

#### 3.2 Técnicas de Investigación

Las técnicas de recolección que se utilizaron fueron:

Observación Directa. Esta es una técnica fundamental para la obtención de información, pues por medio de la misma se obtuvo el reconocimiento visual del proceso productivo de elaboración, sala de máquinas y de las líneas de envasado, a fin de conocer el desarrollo de las operaciones permitiendo la familiarización con el proceso.

Entrevista No Estructurada. Por medio de ésta técnica se obtuvo información general sobre el proceso productivo de elaboración, sala de máquinas, sobre las líneas de envasado y en sí de las operaciones que conforman dicho proceso, con la finalidad





de reforzar la información obtenida mediante la observación, de solucionar dudas que surjan en el momento de la visita a Planta sobre el proceso y procedimientos.

Esta se llevó a cabo con el personal de la Planta: Gerente de Planta, Coordinadores de Producción, Operadores de máquinas, Mecánicos, Llenadores, Analistas de calidad, a los cuales se le efectuaron preguntas abiertas a través de un dialogo fluido, con relación a los métodos utilizados en el proceso de producción, información general sobre los equipos que conforman las líneas y las herramientas utilizadas, capacidad de la línea, etc. La cual sirvió como punto de referencia para determinar los consumos de energía de los diferentes equipos.

### **3.3 Procedimiento de la Investigación**

#### **3.3.1 Identificación del Proceso Productivo y el uso de los diferentes servicios**

El primer paso que se llevó a cabo fue la identificación del proceso productivo y áreas principales de la Planta, mediante un seguimiento continuo del proceso de envasado y elaboración en los momentos de producción. Se entrevistó a los supervisores y operadores de cada área para la recopilación de la información necesaria, y se interpretaron los planos de los diferentes sistemas de servicios con la ayuda de los ingenieros de cada área, con lo cual se identificaron las fuentes de energía y sus consumidores.

#### **3.3.2 Descripción de los Equipos y Procesos**

Después de identificar las áreas a estudiar y los equipos, se realizó una recopilación de información, para lo cual se registraron datos de las características físicas de los equipos a analizar, tomando mediciones en el propio lugar de operación al igual que las características mecánicas mediante la identificación de placa de estos



equipos, y se recopiló información de las características operacionales mediante los datos registrados en la biblioteca técnica.

### **3.3.3 Determinación del Consumo Energético**

En esta etapa, luego de haber recopilado datos en cada una de las áreas del proceso, se procedió a realizar el cálculo del consumo teórico y los índices de consumo mediante la utilización de ecuaciones planteadas en las bases teóricas y la utilización de tablas.

### **3.3.4 Determinación de la Capacidad Instalada**

Para el cálculo de la capacidad instalada de los servicios generados en Planta se identificaron los equipos que determinan la capacidad de generación de los cada uno de los servicios así como la capacidad instalada de cada uno de ellos, con el fin de determinar la capacidad máxima disponible de aire comprimido, vapor y amoníaco provenientes de sala de máquinas, dióxido de carbono y electricidad para consumo de la Planta y el agua proveniente de la planta de tratamiento de agua.

### **3.3.5 Elaboración de Tablas de Resultados**

Con el uso de un programa de cálculo (Microsoft Excel), se tabularon los resultados obtenidos, a fin de elaborar gráficas comparativas.

### **3.3.6 Comparación entre el Consumo Energético y la Capacidad Instalada Total**

Se establecieron comparaciones entre el consumo energético y la capacidad instalada mediante el uso de gráficos donde se reflejan los resultados obtenidos. De este modo se determinó la reserva energética por áreas y servicios.



### **3.3.7 Análisis de Resultados**

Se realizó un análisis de los resultados partiendo de la comparación entre el consumo energético y la capacidad instalada total, con el objeto de presentar mejoras al problema planteado y elaborar las conclusiones correspondientes.

### **3.3.8 Proposición de Mejoras**

Con base al análisis de resultados y a los principales parámetros determinados en el punto anterior, se propusieron mejoras o modificaciones factibles para los diferentes sistemas de la empresa que permitan el mejor aprovechamiento de los mismos.



## CAPÍTULO IV

### CÁLCULOS

#### 4.1 Parámetros de Cálculo

Antes de poder establecer cada uno de los consumos de energía, es necesario establecer los parámetros que serán utilizados en los cálculos de los índices de consumo de cada área de la Planta.

##### 4.1.1 Elaboración

El área de elaboración se divide a su vez en dos áreas, la sala donde se prepara el jarabe simple y la sala donde es preparado el jarabe terminado.

En la sala de jarabe simple la producción está determinada por la capacidad del disolutor y se mide en litros de producción. Los parámetros a considerar para el cálculo son:

- Capacidad del disolutor: 20.000 L/h.
- 17 horas al día.
- 5,5 días a la semana.
- 4,5 semanas al mes.
- Para preparar una unidad de pepsi se necesitan 1428,5 litros de jarabe simple.
- Una unidad equivale a 1703,4 litros de jarabe simple.
- La relación de preparación de producto terminado y jarabe terminado, es de 5:1 para pepsi.

En la sala de jarabe terminado la producción depende de la capacidad del tanque de almacenamiento del jarabe y el tiempo que se lleva tanto pasar el jarabe



simple desde el tanque buffer al tanque de almacenamiento de jarabe terminado como del tiempo que se lleva añadir el concentrado al tanque de concentrado. Los parámetros a considerar para el cálculo son:

- Capacidad: 24.000 L/h.
- La relación de preparación de producto terminado y jarabe terminado, es de 5:1 para pepsi.
- Ritmo de operación  
17 horas al día.  
5,5 días a la semana.  
4,5 semanas al mes.

#### 4.1.2 Envasado

En esta área la cantidad de cajas producidas depende de la velocidad de las llenadoras.

Las líneas de botellas retornables (2) operan bajo los siguientes parámetros:

Línea de 1L (línea #2):

- Velocidad de la línea: 30.000 b.p.h..
- Contenido de la botella retornable: 1 L.
- Número de botellas por cajas: 12.
- Condiciones de operación del enfriador en el Paramix:  
Fluido a enfriar: agua de proceso  
Temperatura de entrada: 17 °C  
Temperatura de salida: 8.2 °C  
Caudal: 40 m<sup>3</sup>/h
- Ritmo de operación  
17 horas al día.



5 días a la semana.

4,5 semanas al mes.

Línea de 350 y 266 ml. (línea #4):

- Velocidad de la línea: 60.000 b.p.h..
- Contenido de la botella retornable: 0,35 L.
- Número de botellas por cajas: 24.
- Condiciones de operación del enfriador en el Paramix:

Fluido a enfriar: agua de proceso

Temperatura de entrada: 17 °C

Temperatura de salida: 8.2 °C

Caudal: 35 m<sup>3</sup>/h

- Ritmo de operación  
17 horas al día.  
5 días a la semana.  
4,5 semanas al mes.

La línea de botellas no retornables opera bajo los siguientes parámetros:

- Velocidad de la línea: 23.000 b.p.h..
- Contenido de la botella retornable: 1,5 L.
- Número de botellas por cajas: 12.
- Ritmo de operación  
17 horas al día.  
5 días a la semana.  
4,5 semanas al mes.

#### 4.1.3 Área de servicios

Vapor

- Condiciones de operación de los calentadores tubulares:



Fluido a calentar: agua  
Temperatura de entrada: 69 °C  
Temperatura de salida: 78 °C  
Caudal: 40 m<sup>3</sup>/h

#### Agua

- Índice de Refrescos: 2 l/l
- Índice río: 5,9 l/l
- Índice agua de proceso: 1,3 l/l
- Índice tanque C: 5,5 l/l
- Índice agua suave: 0,5
- Ritmo de operación:  
17 horas al día.  
5,5 días a la semana.  
4,5 semanas al mes.

#### Amoníaco

- Condiciones de operación de los chiller:  
Fluido a enfriar: agua  
Temperatura de entrada: 11 °C  
Temperatura de salida: 6 °C  
Caudal: 80 m<sup>3</sup>/h

## 4.2 Cálculo de Requerimientos de Servicios

En el presente Trabajo de Grado, el cálculo del consumo de los diferentes servicios se realizará como se detalla a continuación:

### 4.2.1 Área de elaboración



### Capacidad de producción

$$24000 \frac{\text{L}}{\text{h}} \times \left( \frac{1 \text{ HI}}{100 \text{ L}} \right) = 240 \text{ HI de jarabe terminado/h}$$

Para llevar los hectolitros de jarabe terminado a hectolitros de producto terminado, en la sala de jarabe terminado, se tiene que la proporción de jarabe terminado y producto terminado para la preparación de pepsi es de 1:6 respectivamente, y con respecto a la preparación de sabores la relación es de 1:5, lo que quiere decir que en cada cinco hectolitros de producto terminado hay un hectolitro de jarabe terminado. En vista de que la condición más crítica a efectos del cálculo lo representa la preparación de pepsi, debido a que se necesita añadir más agua para su preparación, el cálculo de hectolitros de producto terminado en la sala de jarabe terminado se basa en la preparación de pepsi. Lo que resulta que la capacidad de producción en esta área es de:

$$240 \frac{\text{HI de jarabe terminado}}{\text{h}} \times \left( \frac{6 \text{ HI de producto terminado}}{1 \text{ HI de jarabe terminado}} \right) =$$

$$1440 \text{ HI de producto terminado/h}$$

### 4.2.2 Área de envasado

#### Capacidad de producción

$$30000 \frac{\text{botellas}}{\text{h}} \times \left( \frac{1 \text{ caja}}{12 \text{ botella}} \right) = 2500 \text{ cajas/h}$$

$$30000 \frac{\text{botellas}}{\text{h}} \times \left( \frac{1 \text{ L}}{1 \text{ botella}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ HI}}{100 \text{ L}} \right) = 300 \text{ HI de producto terminado/h}$$





## Aire Comprimido

Los consumos de aire comprimido se obtienen mediante especificaciones técnicas de los equipos contenidas en la placa del mismo o en manual suministrado por el fabricante.

## Vapor

La información necesaria para el cálculo del consumo de vapor para los equipos de la Planta consiste principalmente en mediciones por medio de termómetros de la temperatura de entrada y salida del vapor, consumo de vapor ofrecido por catálogos del fabricante, toma en campo de los caudales manejados por las bombas de cada equipo datos ofrecidos por ingenieros, supervisores y personal técnico de la Planta.

Para el cálculo del consumo de vapor, en primer lugar, se establecen las condiciones del fluido a calentar (volumen, densidad, poder calorífico, temperatura inicial y temperatura final), luego se calcula la entalpía inicial a la presión y temperatura de suministro del vapor, seguido de esto se calcula la entalpía final a la presión y temperatura de retorno del condensado, datos que se obtienen mediante mediciones realizadas en el campo de trabajo, se calcula el calor absorbido y el calor suministrado

$$Q_{\text{absorbido}} = V \times \rho \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_{\text{suministrado}} = m_{\text{vapor}} \times \Delta h$$

$$Q_{\text{suministrado}} = Q_{\text{absorbido}}$$

Y con los valores obtenidos calcula la masa de vapor

$$m_{\text{vapor}} = \frac{Q_{\text{suministrado}}}{h_i - h_f}$$



En vista de que el consumo de vapor a calcular es el de la lavadora de botellas, en teoría la condición del fluido en la entrada y la salida de la lavadora es vapor saturado y líquido saturado respectivamente, por lo tanto la ecuación para calcular el flujo másico del vapor nos queda:

$$m_{\text{vapor}} = \frac{Q_{\text{sumistrado}}}{h_{\text{fg}}}$$

Para calcular el flujo de vapor requerido en la lavadora de botellas en las condiciones de precalentamiento y operación se tienen las siguientes condiciones:

$$T_{\text{condensado}} = 55^{\circ} \text{C}$$

$$h_{\text{fg}} = 2370,7 \text{ KJ/Kg (valor obtenido de tablas termodinámicas anexas)}$$

• Cálculo del vapor requerido en el precalentamiento:

Según información técnica del equipo el calor requerido es de 11000000 BTU/h (11605614,38 KJ/h). Partiendo de la entalpía del condensado se calcula el flujo de vapor. El tiempo de precalentamiento es de 1 hora y se realiza una vez a la semana. Sustituyendo los datos suministrados en la ecuación planteada, se tiene que:

$$m_{\text{vapor}} = \frac{11605614,38 \text{ KJ/h}}{2370,7 \text{ KJ/Kg}} \Rightarrow m_{\text{vapor}} = 4895,44 \text{ Kg/h}$$

• Cálculo del vapor requerido en operación:

El vapor requerido para el funcionamiento de la lavadora se obtiene de la información técnica del equipo, donde el calor requerido es de 30000000 BTU/h (3165167,55 KJ/h). Sustituyendo los datos suministrados en la ecuación planteada, se tiene que:



$$\dot{m}_{\text{vapor}} = \frac{3165167,557 \text{ KJ/h}}{2370,7 \text{ KJ/Kg}} \Rightarrow \dot{m}_{\text{vapor}} = 1335,12 \text{ Kg/h}$$

### Amoníaco

El consumo de amoníaco de cada uno de los equipos se mide en Toneladas de Refrigeración (equivalente a 12.000 BTU/h) y representa la potencia térmica intercambiada. Para calcular esta potencia se debe conocer el flujo másico y las condiciones de temperatura del fluido a tratar, luego se aplica un balance de energía donde:

$$Q_{\text{absorbido}} = m \times \rho \times C_p \times \Delta T$$

$$\dot{Q}_{\text{suministrado}} = \dot{Q}_{\text{absorbido}} = \dot{Q}$$

Por ejemplo para calcular el consumo de amoníaco en el enfriador del paramix de la línea #4, basándonos en las condiciones de operación definidas:

$$\dot{Q} = (35 \text{ m}^3/\text{h}) \times (1000 \text{ Kg}/\text{m}^3) \times (4.1818 \text{ KJ}/\text{Kg}^\circ\text{C}) \times (17 - 8.2)^\circ\text{C}$$

$$\Rightarrow \dot{Q} = 1287994.4 \text{ KJ/h} \cong 102 \text{ TR}$$

### Agua

Para los equipos instalados en la Planta, los datos de consumo de los diferentes tipos de agua utilizados se obtienen a través de datos registrados en los manuales o placas de los equipos. En el caso del agua dura (filtrada) en ciertas áreas de la Planta, no es posible establecer el consumo, por lo tanto para determinar este valor se realiza un estimado del mismo, y se calcula según se detalla en la sección del cálculo del consumo de agua para el área de servicios.



## Dióxido de Carbono

Los consumos de gas carbónico en los diferentes procesos donde es requerido este servicio se obtienen mediante las especificaciones técnicas de los equipos e información suministrada por el personal de la Planta.

## Energía Eléctrica

Los datos necesarios para el cálculo del consumo eléctrico se obtienen a partir de la información suministrada por el fabricante a través de la placa de datos técnicos adherida al equipo y lectura de planos.

### 4.2.3 Área de servicios

#### Agua

El consumo total de agua, se calcula en base a los índices de consumo de cada tipo de agua, estos valores son suministrados por el personal de la Planta de Tratamiento de Aguas, los cuales representan un promedio de litros de agua necesario para la preparación de un litro de producto terminado y se calculan a partir de los registros de consumos reales de agua de la Planta.

Considerando una producción de 39.150.000 litros/mes que equivale a 93.000 litros/hora de producto terminado, correspondiente a la capacidad instalada de la Planta, por ejemplo para el caso del cálculo de consumo total de agua suave, se tiene que:

$$\begin{aligned} \text{Consumo} &= \text{producción} \times \text{índice de consumo} \\ \Rightarrow \text{Consumo de agua suave} &= 93000 \frac{\text{L}}{\text{h}} \times 0.5 \frac{\text{L}}{\text{L}} \end{aligned}$$



⇒ Consumo de agua suave = 46500L/h

#### **4.2.4 Iluminación y Aires Acondicionados**

Para la determinación del consumo de iluminación y aires acondicionados, se realiza un estudio por áreas de la Planta, donde se totaliza la cantidad de lámparas y aires acondicionados y se registra la potencia de cada una de ellos.

#### **4.3 Cálculo de Capacidad de Servicios**

La capacidad de los servicios de la planta Pepsi, depende de la capacidad instalada de los equipos ubicados en la sala de máquinas de Cervecería Polar Oriente y de los requerimientos de consumo de esta Planta.

##### **Aire Comprimido**

En el sistema de aire comprimido la capacidad de generación la determinan los compresores, como se mencionó anteriormente Sala de Máquinas cuenta con seis compresores, los cuales trabajan de forma alternativa de dos en dos (uno reciprocante y uno centrífugo), con el fin de cumplir con el mantenimiento de los mismos y tener equipos de reserva.

La capacidad instalada de los compresores centrífugos es de 3600 m<sup>3</sup>/h y de los reciprocantes, de 1834 m<sup>3</sup>/h. Lo que quiere decir que la capacidad instalada del sistema de generación de aire comprimido de baja presión es de:

$$3600 \text{ m}^3/\text{h} + 1834 \text{ m}^3/\text{h} = 5434 \text{ m}^3/\text{h}$$



Según datos suministrados por la Gerencia de Servicios de la Industriales de planta Polar, el máximo consumo de aire comprimido, calculado en base a la capacidad nominal de la Planta (60.000.000 Litros de cerveza/mes), es de 5011m<sup>3</sup>/h.

Por lo tanto la capacidad instalada de aire comprimido disponible para Pepsi-Cola, Planta Barcelona, se calcula:

$$5434 \text{ m}^3/\text{h} - 5011 \text{ m}^3/\text{h} = 423 \text{ m}^3/\text{h}$$

### **Vapor**

En el caso del sistema de suministro de vapor, la capacidad instalada depende principalmente de la capacidad nominal de las calderas. Este sistema cuenta con tres calderas, una de 55 Klb/h (24947,58 Kg./h) y dos de 50 Klb/h cada una (22679,61 Kg./h), de las cuales dos se encuentran en continuo funcionamiento y la otra caldera es utilizada como equipo de reserva. Entonces podemos decir que la capacidad instalada en el suministro de vapor es:

$$24947,58 \text{ Kg./h} + 22679,61 \text{ Kg./h} = 47627,2 \text{ Kg./h}$$

Considerando que el consumo de vapor en Cervecería Polar operando al máximo de su capacidad instalada es de 34426 Kg./h, la capacidad de suministro de este servicio a planta Pepsi es de:

$$47627,2 \text{ Kg./h} - 34426 \text{ Kg./h} = 13201,2 \text{ Kg./h}$$

### **Amoníaco**

La capacidad de suministro de amoníaco se encuentra limitada por la capacidad de los condensadores evaporativos ubicados en el área de Sala de Máquinas de

---



Cervecería Polar Oriente. En esta área se encuentran instalados siete condensadores, cada uno con una capacidad de 550 TR, según información suministrada por el fabricante de los equipos, por lo tanto la capacidad instalada para este servicio es de 3850 TR.

Considerando que el consumo de amoníaco correspondiente a una capacidad instalada en Cervecería, es de 1293 TR, se puede decir que la capacidad disponible para la planta Pepsi es de 2557 TR.

### **Agua**

La capacidad instalada de la Planta de Tratamiento de Aguas depende de las capacidades del agua de proceso, agua dura y agua suave, donde el suministro de agua de proceso está limitado por la capacidad del filtro CNP y el Scavenger, el de agua dura por los filtros de arena y de carbón, y el de agua suave está limitado por los suavizadores.

Los datos referentes a la capacidad de los mismos son suministrados por el personal que labora en PTA.

### **Dióxido de Carbono**

Como se mencionó con anterioridad, el dióxido de carbono utilizado en Pepsi-Cola Venezuela, Planta Barcelona, se compra y es almacenado en dos tanques, los cuales tienen una capacidad para almacenar de 37 toneladas de CO<sub>2</sub> (33565,83 Kg.) cada uno, y la frecuencia de llenado de los tanques depende del consumo total de la Planta para este servicio.



## Energía Eléctrica

La energía eléctrica proveniente de la sub- estación eléctrica ubicada en la Sala de Máquinas es enviada directamente a una sub- estación ubicada en la planta Pepsi, desde donde se distribuye la corriente necesaria para la operación de a Planta.

La capacidad de suministro de corriente eléctrica, en este caso la determina el transformador, el cual tiene una capacidad de 1800 KW.

### 4.4 Cálculo del Índice de Consumo para los Servicios (IC)

Para el cálculo de los índices de consumo, es necesario establecer los parámetros y condiciones a las que ocurren los procesos en donde se requieran de los servicios según su función específica. Una vez determinado el requerimiento para determinado servicio, se obtendrá el índice de consumo, dividiendo la cantidad obtenida por la cantidad de hectolitros (Hl) de producidos, es decir, se calcula la cantidad unitaria invertida por el servicio para obtener la producción de un hectolitro de producto.

$$IC = \frac{\text{Consumo}}{\text{Capacidad}}$$

Las unidades que se utilizarán para expresar los índices de consumo son:

- Aire: Metros cúbicos de aire/ hectolitros de producto (m<sup>3</sup>/ Hl de producto).
- Vapor: Kilogramos de vapor/ hectolitros de producto (Kg./ Hl de producto).
- Refrigeración: Toneladas de refrigeración/ hectolitros de producto (TR/ Hl de producto).





- Dióxido de Carbono: Kilogramos de CO<sub>2</sub>/ hectolitros de producto (Kg./ Hl de producto).
- Agua: Litros de agua/ hectolitros de producto (L/ Hl de producto).
- Energía eléctrica: Kilovatio-hora/ hectolitros de producto (KWh/ Hl de producto).

A continuación se muestra un ejemplo del cálculo a realizar:

- Cálculo del índice de consumo de agua en la sala de jarabe simple:

Consumo = 10000 L/h

Capacidad = 1530 Hl de producto terminado/h

$$IC = \frac{10000 \text{ L/h}}{1530 \text{ Hl de producto/h}} = 6,99 \text{ L/Hl de producto}$$



## CAPÍTULO V

### CONSUMO TEÓRICO DE ELABORACIÓN

El área de elaboración se divide en sala de jarabe simple y sala de jarabe terminado. Esta área es una de las más importantes de la Planta, debido a que, en ella se inicia el proceso de elaboración del refresco, en ella se ejecutan diferentes procesos, los cuales requieren, según su función específica, de los distintos servicios de apoyo.

#### **5.1 Sala de Jarabe Simple**

##### **5.1.1 Consumo de Aire Comprimido**

En la sala de jarabe simple el aire comprimido se utiliza para el accionamiento de las válvulas del paso de azúcar y del agua, estas válvulas son tipo mariposa, neumática, soldadura/rosca marca Handtmann, el aire comprimido en este tipo válvulas es necesario para la apertura de las mismas. El consumo de este servicio es despreciable con respecto al consumo total de aire comprimido en la Planta.

##### **5.1.2 Consumo de Vapor**

Se utiliza el vapor como medio de calefacción en el intercambiador de calor, para calentar el agua de proceso que entra al disolutor. Según datos suministrados por el fabricante, el consumo de vapor es de 500 Kg./h.

*Índice de consumo:  $3,5 \times 10^{-1}$  Kg./Hl de producto*



### 5.1.3 Consumo de Agua

Se utiliza agua de proceso para disolver el azúcar en el disolutor, para lo cual el consumo de agua de proceso es de 10000 l/h y agua dura para la limpieza general de los equipos.

*Índice de consumo: 7 Litros/Hl de producto*

### 5.1.4 Consumo de Energía Eléctrica

En esta área el consumo de energía eléctrica se debe a las bombas, compresores, cajas de control y a un puente grúa instalados en esta área.

Las bombas utilizadas en el área de elaboración, son bombas centrífugas de una etapa de aspiración normal para bombeo. Los datos obtenidos de las bombas se obtuvieron de las placas donde figura el tipo exacto de la bomba, el tamaño, el número de la bomba, así como los datos más importantes de servicio.

Los equipos consumidores de energía eléctrica en la sala de jarabe simple, se detallan a continuación:

- Bomba #1 para suministro de jarabe simple al área de cocimiento de Cervecería Polar de Oriente, la cual consume 11 KW.
- Bomba #2 utilizada para enviar jarabe simple al tanque de almacenamiento. La potencia instalada de este equipo es de 18,5 KW.
- Tornillo sinfín, consume 4 KW.
- Bomba de agua #3 para el disolutor, la cual tiene una potencia de 2.2 KW.
- Contadores (3) que consumen un total de 0,09 KW



- Bomba de circulación #4 utilizada para enviar jarabe simple del disolutor al tanque de almacenamiento, la cual tiene un consumo, según información suministrada por el fabricante, de 30 KW.
- Puente grúa (1) que consume 4,3 KW.

*Índice de consumo:  $5 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

**Tabla 4.** Resumen de consumos por servicios de la Sala de Jarabe Simple

SERVICIO	CONSUMO	INDICE DE CONSUMO
Agua de proceso	10000 L/h	7 L/Hl. de producto
Vapor	500 Kg./h	$3,5 \times 10^{-1}$ Kg./Hl. de producto
Electricidad*	70,09 KW	$5 \times 10^{-2}$ KWh/Hl. de producto

\*Todos los equipos trabajan a 440 V

## 5.2 Sala de Jarabe Terminado

### 5.2.1 Consumo de Aire Comprimido

En el área de preparación del jarabe terminado se utiliza aire comprimido para el accionamiento de las válvulas neumáticas del paso de agua de proceso y de jarabe simple. Las válvulas son del mismo tipo que las utilizadas en el área de preparación del jarabe simple.

### 5.2.2 Consumo de Agua

Se consume agua de proceso para la preparación del jarabe, disolver las sales y realizar el enjuague, para lo que se consumen 13000 L/h.

*Índice de consumo: 9,03 Litros/Hl de producto*

### 5.2.3 Consumo de Energía Eléctrica



El consumo de energía eléctrica en el proceso de elaboración de jarabe terminado, está definido por las diferentes bombas y contadores utilizados en esta área:

- Bombas #5 y #6, utilizadas para el retorno del CIP; cada una consume 1,5 KW.
- Bomba #7 utilizada en tanque de premezclado. La potencia instalada de este equipo es de 1,5 KW.
- Bomba #8 utilizada para enviar jarabe terminado a la sala de llenado de la línea de botellas retornables de 266 y 350 ml. La potencia instalada de este equipo es de 1,5 KW.
- Bombas #9 y #10 utilizadas para enviar jarabe terminado a los tanques de almacenamiento de 27000 L de capacidad; cada una consume 5,5 KW.
- Bombas #11 y #12 para enviar jarabe terminado a los tanques de almacenamiento de 15000 L; cada una consume 5,5 KW.
- Bomba #13 utilizada para enviar jarabe terminado a la sala de llenado de la línea de botellas retornables de 1 L. la cual tiene una potencia de 4 KW.
- Bomba #14 utilizada para enviar jarabe terminado a la sala de llenado de la línea de botellas no retornables. La potencia instalada de este equipo es de 2,2 KW.
- Agitador (1) para mezclar las sales en el tanque de premezclado. La potencia instalada del agitador es de 0,55 KW.

*Índice de consumo:  $2,41 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

**Tabla 5.** Resumen de consumos por servicios de la Sala de Jarabe Terminado.

SERVICIO	CONSUMO	ÍNDICE DE CONSUMO
Agua de proceso	13000 L/h	9,03 L/Hl. de producto
Electricidad*	34,75 KW	$2,41 \times 10^{-2}$ KWh/Hl. de producto

\*Todos los equipos trabajan a 440 V



## CAPÍTULO VI

### CONSUMO TEÓRICO DE ENVASADO

Como se mencionó anteriormente, actualmente la Planta cuenta con tres líneas de producción, de las cuales dos son para el envasado en botellas retornables (línea 2: de 1 litro y línea 4: de 0,350 y 0,266 L) y una línea para envasado en botellas no retornables (línea 5: de 2 y 1,5 L), destinadas a embotellar bebidas gaseosas en sus diferentes sabores.

#### 6.1 Líneas de Botellas Retornables

##### 6.1.1 Despaletizador

###### Consumo de Aire Comprimido

El consumo de aire comprimido en el despaletizador es necesario para darle movimiento y presión a los cabezales que sujetan los casilleros. Según información suministrada por el fabricante, el consumo de aire comprimido es de 5 m<sup>3</sup>/h para la línea #2 y de 10 m<sup>3</sup>/h para la línea #4.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,7 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $4,8 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

###### Consumo de Energía Eléctrica

El despaletizador utiliza la energía eléctrica para su accionamiento general. La potencia instalada del equipo es de 11 KW para la línea #2 y de 18 KW para la línea #4.



*Índice de consumo en la línea #2:  $3,7 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $8,6 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.2 Despaletizador de Bulk**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

Utiliza aire comprimido el cabezal, las pinzas que sostienen los separadores, los chupones que retiran los separadores que vienen entre los casilleros y para el accionamiento de un cilindro neumático ubicado en el levantador de cartones (separadores). Según información suministrada por el fabricante, el consumo de aire comprimido es de 4 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,3 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,9 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

El despaletizador utiliza la energía eléctrica para su accionamiento general. El consumo de energía eléctrica del equipo es de 4 KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,3 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,9 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.3 Desembalador**

#### **Consumo de Aire Comprimido**



El consumo de aire comprimido en esta máquina se encuentra determinado por el sistema de sujeción del desembalador, el cual está formado por succionadores que retiran las botellas de las cajas. Según información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  para la línea #2 y de  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  para la línea #4.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,0 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{Hl de producto}$*

*Índice de consumo en la línea #4:  $2,9 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{Hl de producto}$*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

El sistema eléctrico del desembalador está compuesto por un motor principal y un sistema de control. El motor primario alimenta el carrusel, el transportador de entrada, y el de descarga respectivamente. La carga eléctrica total es de 5 KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,7 \times 10^{-2} \text{ KWh/Hl de producto}$*

*Índice de consumo en la línea #4:  $2,4 \times 10^{-2} \text{ KWh/Hl de producto}$*

### **6.1.4 Lavadora de Botellas**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

El aire comprimido en la lavadora de botellas es utilizado para el accionamiento de válvulas de paso del agua, del embrague y sensores de la máquina. Sin embargo el consumo de este servicio se considera despreciable debido a que no representa un valor significativo dentro del consumo total de las líneas de producción.





### **Consumo de Vapor**

La lavadora de botellas consume vapor en el proceso de precalentamiento y operación. El precalentamiento del equipo se realiza antes de arrancar el proceso de envasado.

El vapor requerido para el funcionamiento de la lavadora se obtiene a partir de la información técnica del equipo, el cual es de 1335,12 Kg./h.

*Índice de consumo en la línea #2: 4,5 Kg./Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4: 6,4 Kg./Hl de producto*

### **Consumo de Agua**

El consumo de agua en la lavadora de botellas se debe al llenado de tanques en los tanques de la misma, los cuales son llenados al iniciar el programa semanal de producción, para el llenado de estos tanques se requiere un caudal de agua de 10500 L/h.

*Índice de consumo en la línea #2:  $5,4 \times 10^{-2}$  L/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $7,6 \times 10^{-2}$  L/Hl de producto*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

Se debe a la bomba que permite la recirculación del agua en los tanques de limpieza la cual tiene una potencia de 7,45 KW, al motor principal de mando de 11,2 KW, al motor de la bomba del power jet de enjuague de 7,45 KW, al motor conductor de la mesa de carga de 1,2 KW, al motor conductor del alabe oscilante de la mesa de carga de 1,2 KW y al motor power jet de enjuague de 0,55 KW. La potencia total instalada es de 29 KW.



*Índice de consumo en la línea #2:  $9,7 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,4 \times 10^{-1}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.5 Inspector de Botellas Vacías**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

Con el fin de mantener adherida la botella a la rueda de inspección, el inspector de botellas limpias consume aire comprimido que según el fabricante el consumo es de  $8,5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

*Índice de consumo en la línea #2:  $2,8 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{Hl de producto}$*

*Índice de consumo en la línea #4:  $4,0 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{Hl de producto}$*

#### **Consumo de Agua**

El equipo consume agua dura para eliminar residuos de jabón de la base de la botella antes de ser inspeccionada. El consumo de agua en este equipo es de  $20 \text{ L/h}$ .

*Índice de consumo en la línea #2:  $6,7 \times 10^{-2} \text{ L/Hl de producto}$*

*Índice de consumo en la línea #4:  $9,5 \times 10^{-2} \text{ L/Hl de producto}$*

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

El consumo de energía eléctrica en el inspector es necesario para el funcionamiento del gabinete principal donde están alojados los sub-sistemas neumático, eléctrico, de vacío, del agua y de control de la línea; para el sistema de manipulación de las botellas, el cual contiene sensores de circulación de las botellas.



Según información suministrada por el fabricante, el consumo del equipo es de 3 KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,0 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,4 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.6 Llenadora-Tapadora**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

En la fase de llenado, el aire comprimido acciona un cilindro, el cual le da inicio a la fase de subida de la botella. Luego, con la botella en presión, aplicando aire en el cilindro, se provoca la apertura de la válvula del líquido, comenzando de esa forma el llenado por caída.

Además utiliza aire comprimido para llenar sabores (presurizar la máquina). Según información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de 15 m<sup>3</sup>/h para la línea #2 y de 30 m<sup>3</sup>/h para la línea #4.

*Índice de consumo en la línea #2:  $5,0 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,4 \times 10^{-1}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

#### **Consumo de Agua**

Consume agua dura para la limpieza de las gomas que asientan el pico de las botellas, el enjuague de las válvulas, para el enjuague externo de las botellas, y agua de proceso para el enjuague interno del calderín (el calderín es el que distribuye el refresco a las válvulas de llenado). Según información del fabricante, el consumo de agua dura en condiciones normales de operación es de 2800 L/h.



*Índice de consumo en la línea #2: 9,3 L/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4: 13 L/Hl de producto*

### **Consumo de Dióxido de Carbono**

El CO<sub>2</sub> es utilizado para la apertura de válvulas en el proceso de llenado y el presurizado de la botella. El consumo de CO<sub>2</sub> es de 45 Kg./h para la línea #2 y de 32 Kg./h para la línea #4.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,5 \times 10^{-1}$  Kg./Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,5 \times 10^{-1}$  Kg./Hl de producto*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

La energía eléctrica en llenadora es necesaria para el accionamiento general de la máquina. La potencia instalada de la llenadora es de 38,5 KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,3 \times 10^{-1}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,8 \times 10^{-1}$  KWh/Hl de producto*

## **6.1.7 Inspector de Nivel de Llenado**

### **Consumo de Aire Comprimido**

En el cabezal de inspección de purga neumática las electrónicas, fuente de radiación y el sistema de detección van en un solo cabezal de detección que se purga neumáticamente para evitar la entrada de la humeada y contaminación. La purga continua del cabezal de inspección exige aire seco comprimido con un volumen de 0,85 m<sup>3</sup>/h.



El sistema de rechazo que contiene un rechazador intermitente que golpea la botella si esta no cumple con las condiciones de nivel, consume aire comprimido con un volumen de 2,55 m<sup>3</sup>/h. El consumo total de aire comprimido en el inspector de nivel de llenado es de 3,4 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,1 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,6 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

Consume energía eléctrica para el accionamiento general del equipo. El consumo de energía eléctrica, según información suministrada por el fabricante es de 0,23 KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $7,7 \times 10^{-4}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,1 \times 10^{-3}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.8 Codificador**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

El consumo de aire en este equipo es necesario para impulsar la tinta que se imprime en la botella. El consumo en este equipo, es de 1,2 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo en la línea #2:  $4,0 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $5,7 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*



### **Consumo de Energía Eléctrica**

Consume energía eléctrica para el accionamiento general del equipo. El consumo de electricidad en el codificador es de 0,2 KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $6,7 \times 10^{-4}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $9,5 \times 10^{-4}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.10 Almacén de Paletas**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

El consumo de aire comprimido del almacenador de paletas es de 2 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo en la línea #2:  $6,7 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $9,5 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

La potencia nominal instalada es de 1,5 KW, según información suministrada por el fabricante del equipo.

*Índice de consumo en la línea #2:  $5,0 \times 10^{-3}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $7,1 \times 10^{-3}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.11 Almacén de Cajas**

#### **Consumo de Aire Comprimido**



Según información suministrada por el fabricante, el consumo de aire comprimido del almacenador de cajas es de 3 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,0 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,4 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

La potencia del equipo, según datos de placa es de 15 KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $5,0 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $7,1 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.12 Embalador**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

El consumo de este servicio está dado por las válvulas neumáticas que impulsan el ensamble de campanas de sujeción para levantar las botellas y, de igual manera, desactivar las campanas de sujeción para soltar las botellas. Según información suministrada por el fabricante, el consumo de aire comprimido de la embaladora es de 10 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo en la línea #2:  $3,3 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $4,8 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*



### **Consumo de Energía Eléctrica**

El desembalador posee un motor primario de 4 KW y energía de control de 1 KW y dos motores de 1,5 KW cada uno para el transportador de entrada. La carga eléctrica total es de aproximadamente 8 KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $2,7 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $3,8 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.13 Paletizador**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

A igual que en el despaletizador, el consumo de aire comprimido en el despaletizador es necesario para darle movimiento y presión a los cabezales que sujetan los casilleros. Según información suministrada por el fabricante, el consumo de aire comprimido es de 5 m<sup>3</sup>/h para la línea #2 y de 10 m<sup>3</sup>/h para la línea #2.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,7 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $4,8 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

El paletizador utiliza la energía eléctrica para su accionamiento general. El consumo de este servicio es de 11 KW para la línea #2 y de 18 KW para la línea #2.

*Índice de consumo en la línea #2:  $3,7 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $8,6 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*





### 6.1.14 Paramix

#### Consumo de Aire Comprimido

El Paramix utiliza aire comprimido para el accionamiento de las válvulas del paso de agua y del jarabe. Según datos suministrados por el fabricante, el consumo de aire comprimido es de 1,5 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo en la línea #2:  $5,0 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $7,1 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

#### Consumo de Amoníaco

Se utiliza el amoniaco como refrigerante en el intercambiador de calor, para enfriar el producto a ser envasado. Según datos suministrados por el fabricante, el consumo de amoníaco es de 120 TR en la línea #2 y de 102 TR en la línea #4.

*Índice de consumo en la línea #2:  $4,0 \times 10^{-1}$  TRh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $4,9 \times 10^{-1}$  TRh/Hl de producto*

#### Consumo de Agua

El consumo de agua de proceso en este equipo es necesario la preparación del producto. El consumo de agua del Paramix es de 30000 L/h en la línea #2 y de 25000 L/h en la línea #4.

*Índice de consumo en la línea #2: 100 L/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4: 120 L/Hl de producto*



### **Consumo de Dióxido de Carbono**

Consume dióxido de carbono la preparación final del producto. Según datos suministrados por el fabricante, el consumo de CO<sub>2</sub> es de 295 Kg./h en la línea #2 y de 245 Kg./h en la línea #4.

*Índice de consumo en la línea #2:  $9,8 \times 10^{-1}$  Kg./Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4: 1,2 Kg./Hl de producto*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

El consumo de energía eléctrica de este equipo se debe al funcionamiento de las bombas de vacío, bomba mezcladora, bomba de carbonatación, bomba de descarga, bomba de jarabe y la bomba de toma de pruebas. La potencia total instalada es de 55 KW para la línea #2 y de 41 KW para la línea #4.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,8 \times 10^{-1}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $2,0 \times 10^{-1}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.15 Desenroscadora**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

La desenroscadora utiliza un cilindro elevador, que es accionado con aire comprimido, para cerrar las unidades de sujeción de la estrella de retención que transporta las botellas a la siguiente posición. EL consumo de aire de la desenroscadora es de 0,5 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo en la línea #2:  $1,7 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*



### **Consumo de Energía Eléctrica**

El consumo de energía eléctrica se debe al funcionamiento de un motor que hace posible el accionamiento general de la máquina. La potencia instalada es de 10KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $3,3 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.16 Lavadora de Cajas**

#### **Consumo de Agua**

Utiliza agua para la limpieza de las cajas. Según datos suministrados por el fabricante, el consumo de agua es de 1000 L/h.

*Índice de consumo en la línea #2: 3,3 L/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4: 4,8 L/Hl de producto*

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

El consumo de energía eléctrica se debe a la bomba de recirculación de agua. El consumo de energía eléctrica es de 23,2 KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $7,7 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $1,1 \times 10^{-1}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.17 Vías de transporte**

#### **Consumo de Agua**



Según datos suministrados por el fabricante, el consumo de agua es de 3000 L/h.

*Índice de consumo en la línea #2: 10 L/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4: 14 L/Hl de producto*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

Según datos suministrados por el fabricante, la potencia instalada de las vías es de 131 KW para la línea #2 y de 112 KW para la línea #2.

*Índice de consumo en la línea #2:  $4,4 \times 10^{-1}$  KWh/Hl de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $5,3 \times 10^{-1}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.18 Envolvedora**

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

El consumo de energía eléctrica en la envolvedora, se debe a un motor que da movimiento a la máquina, este motor es de 0,3 KW.

*Índice de consumo en la línea #2:  $4,3 \times 10^{-3}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.19 Alimentador de Tapas**

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

La potencia total instalada es de 2 KW en el alimentador de tapas.

*Índice de consumo en la línea #2:  $6,7 \times 10^{-3}$  KWh/Hl de producto*



*Índice de consumo en la línea #4:  $9,5 \times 10^{-3}$  KWh/Hl de producto*

### **6.1.20 Sistema de limpieza Mediante Espuma**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

Según datos suministrados por el fabricante, el consumo de aire comprimido es de  $2 \text{ m}^3/\text{h}$ .

*Índice de consumo en la línea #2:  $6,7 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{Hl}$  de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $9,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{Hl}$  de producto*

#### **Consumo de Agua**

El consumo de agua de proceso en este equipo es. El consumo de agua es de  $6000 \text{ L/h}$ .

*Índice de consumo en la línea #2:  $20 \text{ L/Hl}$  de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $29 \text{ L/Hl}$  de producto*

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

El consumo de energía eléctrica de este equipo se debe al funcionamiento de. La potencia instalada de este equipo es de  $15 \text{ KW}$ .

*Índice de consumo en la línea #2:  $5,0 \times 10^{-2} \text{ KWh/Hl}$  de producto*

*Índice de consumo en la línea #4:  $7,1 \times 10^{-2} \text{ KWh/Hl}$  de producto*



## 6.2 Resumen de consumos por servicios de la línea de envasado de botellas retornables de 1 L.

**Tabla 6.** Consumo de aire comprimido de la línea de envasado de 1 L

EQUIPO	CONSUMO (m <sup>3</sup> /h)	ÍNDICE DE CONSUMO (m <sup>3</sup> /Hl. de producto)
Despaletizador	5	1,7x10 <sup>-2</sup>
Despaletizador de bulk	4	1,3 x10 <sup>-2</sup>
Desembalador	30	1,0E x10 <sup>-1</sup>
Inspector de botellas vacías	8,5	2,8 x10 <sup>-2</sup>
Llenadora – Tapadora	15	5,0 x10 <sup>-2</sup>
Inspector de nivel de llenado	3,4	1,1 x10 <sup>-2</sup>
Codificador	1,2	4,0 x10 <sup>-3</sup>
Almacén de paletas	2	6,7 x10 <sup>-3</sup>
Almacén de Cajas	3	1,0 x10 <sup>-2</sup>
Embalador	10	3,3 x10 <sup>-2</sup>
Paletizador	5	1,7 x10 <sup>-2</sup>
Paramix	1,5	5,0 x10 <sup>-3</sup>
Desenroscadota	0,5	1,7 x10 <sup>-3</sup>
Sistema de limpieza mediante espuma	2	6,7 x10 <sup>-3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>91,09</b>	<b>3,0 x10<sup>-1</sup></b>

**Tabla 7.** Consumo de dióxido de carbono de la línea de envasado de 1 L

EQUIPO	CONSUMO (Kg./h)	ÍNDICE DE CONSUMO (Kg./Hl. de producto)
Llenadora – Tapadora	45	1,5 x10 <sup>-1</sup>
Paramix	295	9,8 x10 <sup>-1</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>340</b>	<b>1,13</b>

**Tabla 8.** Consumo de vapor de la línea de envasado de 1 L

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (Kg./h)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO (Kg./Hl. de producto)</b>
Lavadora de Botellas	1335,12	4,5
<b>TOTAL</b>	<b>1335,12</b>	<b>4,5</b>

**Tabla 9.** Consumo de agua de la línea de envasado de 1 L

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (L/h)</b>	<b>INDICE DE CONSUMO (L/Hl. de producto)</b>
Lavadora de Botellas	10500	$4,9 \times 10^{-2}$
Inspector de botellas vacías	20	$6,7 \times 10^{-2}$
Llenadora – Tapadora	2800	9,3
Paramix	30000	100
Lavadora de Cajas	1000	3,3
Vías de Transporte	3000	10
Sistema de limpieza mediante espuma	6000	20
<b>TOTAL</b>	<b>42820</b>	<b>142,73</b>

**Tabla 10.** Consumo de amoníaco de la línea de envasado de 1 L

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (TR)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO (TRh./Hl. de producto)</b>
Paramix	120	$4,0 \times 10^{-1}$
<b>TOTAL</b>	<b>120</b>	<b><math>4,0 \times 10^{-1}</math></b>



Tabla 11. Consumo de electricidad de la línea de envasado de 1 L

EQUIPO	CONSUMO * (KW)	ÍNDICE DE CONSUMO (KWh/Hl. de producto)
Despaletizador	11	$3,7 \times 10^{-2}$
Despaletizador de bula	4	$1,3 \times 10^{-2}$
Desembalador	5	$1,7 \times 10^{-2}$
Lavadora de Botellas	29	$9,7 \times 10^{-2}$
Inspector de botellas vacías	3	$1,0 \times 10^{-2}$
Llenadora - Tapadora	38,5	$1,3 \times 10^{-1}$
Inspector de nivel de llenado	0,23	$7,7 \times 10^{-4}$
Codificador	0,2	$6,7 \times 10^{-4}$
Almacén de paletas	1,5	$5,0 \times 10^{-3}$
Almacén de Cajas	15	$5,0 \times 10^{-2}$
Embalador	8	$2,7 \times 10^{-2}$
Paletizador	11	$3,7 \times 10^{-2}$
Paramix	55	$1,8 \times 10^{-1}$
Desenroscadora	10	$3,3 \times 10^{-2}$
Lavadora de Cajas	23,2	$7,7 \times 10^{-2}$
Alimentador de Tapas	2	$6,7 \times 10^{-3}$
Vías de Transporte	131	$4,4 \times 10^{-1}$
Sistema de limpieza mediante espuma	15	$5,0 \times 10^{-2}$
<b>TOTAL</b>	<b>362,63</b>	<b>1,2</b>

\*Todos los equipos trabajan a 440 V, excepto los inspectores y codificador láser que trabajan a 120 V.





### 6.3 Resumen de consumos por servicios de la línea de envasado de botellas retornables de 350 ml.

**Tabla 12.** Consumo de aire comprimido de la línea de envasado de 350 ml

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (m3/h)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO m3/Hl. de producto</b>
Despaletizador	10	$4,8 \times 10^{-2}$
Despaletizador de bulk	4	$1,9 \times 10^{-2}$
Desembalador	60	$2,9 \times 10^{-1}$
Inspector de botellas vacías	8,5	$4,0 \times 10^{-2}$
Llenadora - Tapadora	30	$1,4 \times 10^{-1}$
Inspector de nivel de llenado	3,4	$1,6 \times 10^{-2}$
Codificador	1,2	$5,7 \times 10^{-3}$
Almacén de paletas	2	$9,5 \times 10^{-3}$
Almacén de Cajas	3	$1,4 \times 10^{-2}$
Embalador	10	$4,8 \times 10^{-2}$
Paletizador	10	$4,8 \times 10^{-2}$
Paramix	1,5	$7,1 \times 10^{-3}$
Sistema de limpieza mediante espuma	2	$9,5 \times 10^{-3}$
<b>TOTAL</b>	<b>145,593</b>	<b><math>6,9 \times 10^{-1}</math></b>

**Tabla 13.** Consumo de dióxido de carbono de la línea de envasado de 350 ml

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (Kg./h)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO (Kg./Hl. de producto)</b>
Llenadora - Tapadora	32	$1,5 \times 10^{-1}$
Paramix	245	1,2
<b>TOTAL</b>	<b>277</b>	<b>1,3</b>

**Tabla 14.** Consumo de vapor de la línea de envasado de 350 ml

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (Kg./h)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO (Kg./Hl. de producto)</b>
Lavadora de Botellas	1335,12	6,4
<b>TOTAL</b>	<b>1335,12</b>	<b>6,4</b>

**Tabla 15.** Consumo de agua de la línea de envasado de 350 ml

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (L/h)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO (L/Hl. de producto)</b>
Lavadora de Botellas	10500	$7,0 \times 10^{-2}$
Inspector de botellas vacías	20	$9,5 \times 10^{-2}$
Llenadora - Tapadora	2800	13
Paramix	25000	120
Lavadora de Cajas	1000	4,8
Vías de Transporte	3000	14
Sistema de limpieza mediante espuma	6000	29
<b>TOTAL</b>	<b>37820</b>	<b>180,10</b>

**Tabla 16.** Consumo de amoníaco de la línea de envasado de 350 ml

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (TR)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO (TRh./Hl. de producto)</b>
Paramix	102	$4,9 \times 10^{-1}$
<b>TOTAL</b>	<b>102</b>	<b><math>4,9 \times 10^{-1}</math></b>



Tabla 17. Consumo de electricidad de la línea de envasado de 350 ml

EQUIPO	CONSUMO * (KW)	ÍNDICE DE CONSUMO (KWh/Hl. de producto)
Despaletizador	18	$8,6 \times 10^{-2}$
Despaletizador de bulk	4	$1,9 \times 10^{-2}$
Desembalador	5	$2,4 \times 10^{-2}$
Lavadora de Botellas	29	$1,4 \times 10^{-1}$
Inspector de botellas vacías	3	$1,4 \times 10^{-2}$
Llenadora - Tapadora	38,5	$1,8 \times 10^{-1}$
Inspector de nivel de llenado	0,23	$1,1 \times 10^{-3}$
Codificador	0,2	$9,5 \times 10^{-4}$
Almacén de paletas	1,5	$7,1 \times 10^{-3}$
Almacén de cajas	15	$7,1 \times 10^{-2}$
Embalador	8	$3,8 \times 10^{-2}$
Paletizador	18	$8,6 \times 10^{-2}$
Paramix	41	$2,0 \times 10^{-1}$
Lavadora de Cajas	23,2	$1,1 \times 10^{-1}$
Envolvedoras	0,9	$4,3 \times 10^{-3}$
Alimentador de Tapas	2	$9,5 \times 10^{-3}$
Vías de Transporte	112	$5,3 \times 10^{-1}$
Sistema de limpieza mediante espuma	15	$7,1 \times 10^{-2}$
<b>TOTAL</b>	<b>334,53</b>	<b>1,59</b>

\*Todos los equipos trabajan a 440 V, excepto los inspectores y codificador láser que trabajan a 120 V.

## 6.4 Línea de Botellas No Retornables

### 6.4.1 Sopladora

#### Consumo de Aire

Para la alimentación de aire se realiza la alimentación en tan solo un nivel de presión (= 40 bar). En el centro de la rueda de soplado se crean presiones de 20 bar y 6 bar mediante una estación de reducción de aire comprimido. Según información del



fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de 1684 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo: 4,9 m<sup>3</sup>/Hl de producto*

### **Consumo de Agua**

Utiliza agua dura para al refrigeración de los moldes de soplado y los moldes de fondo se encuentran éstos conectados con el circuito de refrigeración de agua mediante mangueras y acoplamientos rápidos. El agua para el temperado es alimentada desde la parte inferior de la rueda de soplado. Según información del fabricante, el consumo de agua en condiciones normales de operación es de 20000 L/h.

*Índice de consumo: 58 L/Hl de producto*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

El consumo eléctrico de este equipo está dado por la alimentación de tensión y control para el motor del accionamiento principal, controles PLC, alimentación de tensión para los radiadores infrarrojos (cajas de calefacción), alimentación de tensión para las tarjetas de control PLC, entre otros. La potencia instalada es de 154 KW, lo que genera un consumo de 135,88 KWh, según datos suministrados por el fabricante.

*Índice de consumo: 4,5x10<sup>-1</sup> KWh/Hl de producto*

## **6.4.2 Posicionador de Botellas**

### **Consumo de Aire Comprimido**

En el posicionador, la zona de selección es la encargada de dejar pasar las botellas que vienen bien colocadas dentro de los alvéolos, y de evitar que pasen los

---



que por el contrario se encuentran fuera de las piezas selectoras, o se encuentran mal colocadas.

Esta operación se efectúa en el Posimat por medio de un pequeño chorro de aire comprimido porque es la única acción mecánica que no raya las botellas, ya que no hay rozamientos. Este chorro de aire está situado en la parte media del disco inclinado, en el lado contrario del transportador de salida. Este chorro de aire desplaza las botellas del alvéolo y las envía rodando o deslizando hacia la parte posterior.

Según información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de  $66 \text{ m}^3/\text{h}$ .

*Índice de consumo:  $1,9 \times 10^{-1} \text{ m}^3/\text{Hl de producto}$*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

El posicionador de botellas, los principales consumidores de energía eléctrica son los pulsadores, selectores, visualizador (del cuadro de mando) y las lámparas. Según información suministrada por el fabricante, el consumo eléctrico de este equipo es de 6,5 KW.

*Índice de consumo:  $1,9 \times 10^{-2} \text{ KWh/Hl de producto}$*

### **6.4.3 Etiquetadora**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

La etiquetadora requiere de aire comprimido en el carrusel para soplar la botella de manera que esta no se doble en el proceso de etiquetado y para el manejo de

---



válvulas neumáticas. Según información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de 90 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo:  $2,6 \times 10^{-1}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

El consumo eléctrico en la etiquetadora está dado por los motores que dan movimiento a los distintos componentes de la máquina (cinta transportadora, motorización principal, etc.). Según información suministrada por el fabricante el consumo eléctrico de la etiquetadora, es de 21 KW.

*Índice de consumo:  $6,1 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

### **6.4.4 Llenadora**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

Utiliza el aire comprimido para el posicionamiento, en la entrada de botellas vacías cuando estas llegan a la enjuagadora mediante un transportador de aire. En la fase de llenado, donde la botella ya enganchada, comienza la fase de subida por la acción del aire que actúa en el cilindro. Luego, con la botella en presión, aplicando aire en el cilindro, se provoca la apertura de la válvula del líquido, comenzando de esa forma el llenado por caída.

Además utiliza aire comprimido para llenar sabores (presurizar la máquina). Según información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de 45,6 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo:  $1,3 \times 10^{-1}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*



### **Consumo de Agua**

Consume agua dura para la limpieza de las gomas que asientan el pico de las botellas, el enjuague de las válvulas, para el enjuague de botellas, para eliminar el residuo de refresco de la tapa, agua de proceso el enjuague del calderín, y para el enjuague interno, y agua suave en el rinser (donde se realiza el enjuague de la botella). Según información del fabricante, el consumo de agua en condiciones normales de operación es de 10800 L/h.

*Índice de consumo: 43 L/Hl de producto*

### **Consumo de Dióxido de Carbono**

El CO<sub>2</sub> es utilizado para la apertura de válvulas (de membrana) en el proceso de llenado y el presurizado de la botella. El consumo de CO<sub>2</sub> es de 191,5 Kg./h.

*Índice de consumo:  $5,6 \times 10^{-1}$  Kg./Hl de producto*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

La potencia instalada de la llenadora es de 11 KW y su consumo en energía eléctrica es de 9,71 KW.

*Índice de consumo:  $3,2 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

## **6.4.5 Embalador SMI**

### **Consumo de Aire Comprimido**

En la empacadora se utiliza aire comprimido en la dosificación de plástico y en el grupo corte. Según información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de 3,3 m<sup>3</sup>/h.



*Índice de consumo:  $9,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{Hl de producto}$*

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

Los principales consumidores de este tipo de energía en la embaladora son los pulsadores y selectores del panel de control y los distintos motores que dan movimiento a la máquina. La potencia instalada de la embaladora es de 0,4 KW y su consumo en energía eléctrica es de 0,35 KW.

*Índice de consumo:  $1,2 \times 10^{-3} \text{ KWh/Hl de producto}$*

#### **6.4.6 Robokombi**

##### **Consumo de Aire Comprimido**

Se utiliza aire comprimido para la apertura y cerrado de válvulas del sistema neumático. Según información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de 12 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo:  $3,5 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{Hl de producto}$*

##### **Consumo de Energía Eléctrica**

Según datos suministrados por el fabricante, la potencia instalada de este equipo es de 35 KW.

*Índice de consumo:  $1,0 \times 10^{-1} \text{ KWh/Hl de producto}$*





### 6.4.7 Mixer

#### **Consumo de Aire Comprimido**

Se utiliza aire comprimido en el Mixer para realizar el CIP de la máquina y para la apertura y cerrado de válvulas. Según información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de 9,95 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo:  $2,9 \times 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

#### **Consumo de Agua**

En el mezclador se utiliza agua de proceso para realizar la mezcla agua- jarabe y para realizar el enjuague de la máquina. El consumo total de agua es de 36 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo: 19 L/cajas producidas*

#### **Consumo de Dióxido de Carbono**

Se utiliza CO<sub>2</sub> en el mezclador para la desaireación del agua (tratamiento del agua utilizado para eliminar oxígeno y otros gases) y la carbonatación del producto a fin de obtener una bebida con gas. Según información del fabricante, el consumo de CO<sub>2</sub> en condiciones normales de operación es de 420 Kg./h.

*Índice de consumo: 100 L/Hl de producto*

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

En condiciones normales de operación la potencia instalada, según datos suministrados por el fabricante, es de 45 KW.



*Índice de consumo:  $2,1 \times 10^{-2}$  KWh/cajas producidas*

#### **6.4.8 Robopac**

##### **Consumo de Aire Comprimido**

El grupo pinza está dotado de pinzas dobles de accionamiento neumático para enganchar la película.

El grupo corte está instalado sobre un brazo independiente, de accionamiento neumático, para la colocación al final de ciclo. Según información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de  $9 \text{ m}^3/\text{h}$ .

*Índice de consumo:  $2,6 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{Hl de producto}$*

##### **Consumo de Energía Eléctrica**

Según datos suministrados por el fabricante, la potencia instalada de este equipo es de 5,5 KW.

*Índice de consumo:  $1,6 \times 10^{-2}$  KWh/Hl de producto*

#### **6.4.9 Codificador Láser**

##### **Consumo de Aire Comprimido**

Con algunos materiales se producen partículas o humos en el proceso de marcado. Tales partículas pueden contaminar el lente final. Para prevenir esto se presuriza el envolvente del haz con aire limpio, seco, si aceite, y comprimido. Según



información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de  $0,9 \text{ m}^3/\text{h}$ .

*Índice de consumo:  $2,6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{Hl de producto}$*

### **Consumo de Energía Eléctrica**

Según datos suministrados por el fabricante, la potencia instalada de este equipo es de 1,5 KW.

*Índice de consumo:  $4,3 \times 10^{-3} \text{ KWh/Hl de producto}$*

### **6.4.10 Silos Posimat**

#### **Consumo de Aire Comprimido**

Utiliza aire comprimido para regular las distintas posiciones de 60, 90 y 120 grados con respecto a la rampa de descarga, mediante unos cilindros neumáticos, situados debajo del “flap”. Según información del fabricante, el consumo de aire comprimido en condiciones normales de operación es de  $7,5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

*Índice de consumo:  $2,2 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{Hl de producto}$*

#### **Consumo de Energía Eléctrica**

Los principales consumidores de energía eléctrica en los silos, son los pulsadores, selectores, visualizador (del cuadro de mando) y las lámparas. Según información suministrada por el fabricante, la potencia de este equipo es de 6,5 KW.

*Índice de consumo:  $1,9 \times 10^{-2} \text{ KWh/Hl de producto}$*



#### 6.4.11 Inspector de Botellas

##### **Consumo de Aire Comprimido**

El consumo de aire comprimido es de 0,45 m<sup>3</sup>/h.

*Índice de consumo:  $1,3 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/Hl de producto*

##### **Consumo de Energía Eléctrica**

En condiciones normales de operación la potencia instalada, según datos suministrados por el fabricante, es de 0,1 KW.

*Índice de consumo:  $2,3 \times 10^{-3}$  KWh/Hl de producto*

#### 6.4.12 Enfriador

##### **Consumo de Amoníaco**

El amoníaco es el refrigerante utilizado en el enfriador. El consumo de amoníaco es de 220 TR.

*Índice de consumo:  $6,4 \times 10^{-1}$  TRh./Hl de producto*

##### **Consumo de Agua**

El consumo de agua en el intercambiador de calor es de 37000 L/h.

*Índice de consumo: 110 L/Hl de producto*

##### **Consumo de Energía Eléctrica**



Los principales consumidores de electricidad en este equipo son las bobinas de las electro válvulas, el transformador en el cuadro eléctrico, etc.. La potencia instalada de este equipo es de 0,1 KW.

*Índice de consumo:  $2,9 \times 10^{-4}$  KWh/Hl de producto*

#### **6.4.13 Alimentador de Tapas**

##### **Consumo de Energía Eléctrica**

La energía eléctrica en esta máquina es utilizada principalmente para el accionamiento de un motor que hace posible el funcionamiento del alimentador y en los mandos eléctricos del sistema, los cuales prevén un período de tiempo para la puesta en marcha y para el comienzo del flujo de cápsulas cuando el ventilador ha logrado el máximo flujo de aire, y que controlado por el sensor de nivel para o reanuda la alimentación de cápsulas sin interrumpir el flujo de aire y por lo tanto manteniendo el ventilador en función. Según datos suministrados por el fabricante, la potencia instalada de este equipo es de 0,37 KW.

*Índice de consumo:  $1,1 \times 10^{-3}$  KWh/Hl de producto*

#### **6.4.14 Vías transportadoras**

##### **Consumo de Aire Comprimido**

En la vía de botellas vacías los consumidores de aire comprimido proveniente de la sala de máquinas son los desviadores, bloqueadores, prensas de parada y las trampas que se encuentran distribuidas a lo largo de la vía y en la vía de botellas llenas, se utiliza aire comprimido en el desviador que actúa cuando se trabaja con botellas de 1.5 L.



El consumo de aire comprimido en las vías tanto de botellas vacías como de botellas llenas se puede considerar despreciable, ya que el valor de consumo de las mismas es muy pequeño comparado con los demás equipos instalados en la línea.

### Consumo de Energía Eléctrica

El consumo eléctrico de las vías de transporte está determinado por una serie de motores ubicados a lo largo de la línea de producción, los cuales hacen posible el desplazamiento de las botellas a través de ésta. Según datos suministrados por el fabricante, la potencia instalada en las vías es de 75,5 KW.

*Índice de consumo:  $2,2 \times 10^{-1}$  KWh/Hl de producto*

### 6.5 Resumen de consumos por servicios de la línea de envasado de botellas no retornables.

**Tabla 18.** Consumo de aire comprimido de la línea de envasado de botellas no retornables

EQUIPO	CONSUMO (m <sup>3</sup> /h)	ÍNDICE DE CONSUMO (m <sup>3</sup> /Hl. de producto)
Posicionador de botellas	66	$1,9 \times 10^{-1}$
Etiquetadora	90	$2,6 \times 10^{-1}$
Inspector de Botellas	0,45	$1,3 \times 10^{-3}$
Llenadora - Tapadora	45,6	$1,3 \times 10^{-1}$
Embalador	3,3	$9,6 \times 10^{-3}$
Robokombi	12	$3,5 \times 10^{-2}$
Mixer	10	$2,9 \times 10^{-2}$
Robopac	9	$2,6 \times 10^{-2}$
Codificador	0,9	$2,6 \times 10^{-3}$
Silos	7,5	$2,2 \times 10^{-2}$
<b>TOTAL</b>	<b>244,70</b>	<b><math>7,1 \times 10^{-1}</math></b>



**Tabla 19.** Consumo de dióxido de carbono de la línea de envasado de botellas no retornables

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (Kg./h)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO (Kg./Hl. de producto)</b>
Llenadora - Tapadora	191,5	$5,6 \times 10^{-1}$
Mixer	420	1,2
<b>TOTAL</b>	<b>611,5</b>	<b>1,8</b>

**Tabla 20.** Consumo de agua de la línea de envasado de botellas no retornables

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (L/h)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO (L/Hl. de producto)</b>
Sopladora	20000	58
Llenadora - Tapadora	14900	43
Mixer	36000	100
Enfriador	37000	110
<b>TOTAL</b>	<b>107900</b>	<b>312,75</b>

**Tabla 21.** Consumo de amoníaco de la línea de envasado de botellas no retornables

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO (Kg./h)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO (Kg./Hl. de producto)</b>
Enfriador	220	$6,4 \times 10^{-1}$
<b>TOTAL</b>	<b>220</b>	<b><math>6,4 \times 10^{-1}</math></b>



**Tabla 22.** Consumo de electricidad de la línea de envasado de botellas no retornables

<b>EQUIPO</b>	<b>CONSUMO * (KW)</b>	<b>ÍNDICE DE CONSUMO (KWh/Hl. de producto)</b>
Sopladora	154	$4,5 \times 10^{-1}$
Posicionador de botellas	6,5	$1,9 \times 10^{-2}$
Etiquetadora	21	$6,1 \times 10^{-2}$
Inspector de Botellas	0,8	$2,3 \times 10^{-3}$
Llenadora - Tapadora	11	$3,2 \times 10^{-2}$
Embalador	0,4	$1,2 \times 10^{-3}$
Robokombi	35	$1,0 \times 10^{-1}$
Mixer	45	$1,3 \times 10^{-1}$
Robopac	5,5	$1,6 \times 10^{-2}$
Codificador	1,5	$4,3 \times 10^{-3}$
Silos	6,5	$1,9 \times 10^{-2}$
Enfriador	0,1	$2,9 \times 10^{-4}$
Alimentador de Tapas	0,37	$1,1 \times 10^{-3}$
Vías de Transporte	75,5	$2,2 \times 10^{-1}$
<b>TOTAL</b>	<b>363,17</b>	<b>1,1</b>

\*Todos los equipos trabajan a 440 V.





## **CAPÍTULO VII**

### **CONSUMO TEÓRICO DEL ÁREA DE SERVICIOS**

En el área de servicios de Pepsi- Cola Venezuela, Planta Barcelona, se encuentran ubicados los sistemas de generación de aire comprimido de alta presión (40 bar.), agua helada, almacenamiento y distribución de dióxido de carbono, y CIP.

Al igual que los demás equipos instalados en la Planta, los equipos que forman parte de estos sistemas requieren una cantidad determinada de los servicios para lograr su funcionamiento, el cual depende de la producción de la Planta.

#### **7.1 Consumo de Vapor**

El vapor en el área de servicios, es utilizado para calentar la soda utilizada en la unidad del CIP, donde el consumo de vapor del calentador es de 1000 Kg/h; y para calentar agua en los calentadores tubulares, los cuales tienen un consumo de 780 Kg/h, resultando un consumo total entre los dos condensadores de 1560 Kg/h.

#### **7.2 Consumo de Amoníaco**

En el sistema de amoníaco ubicado en el área de servicios los equipos que consumen amoníaco son los Chiller, los cuales se utilizan para enfriar el agua utilizada para el sistema de enfriamiento de las salas de llenado, sala de jarabe, laboratorio, cuartos de control, agua de los bebederos y para el sistema de enfriamiento de la sopladora. El consumo total de amoníaco en estos equipos es de 520 TR.



### 7.3 Consumo de Energía Eléctrica

En el sistema de aire comprimido, el consumo de energía eléctrica se debe a los motores que hacen posible el accionamiento general de los compresores, los cuales consumen un total de 630 KW; al deshumidificador que consume 14,5 KW y a los motores y bombas instalados en la torre de enfriamiento que consumen un total de 18 KW.

En sistema de amoníaco, los equipos responsables del consumo eléctrico son las bombas de amoníaco utilizadas para los chiller y bombas de agua. El consumo total de energía eléctrica del sistema de amoníaco es de 70,52 KW.

Las bombas instaladas en la Unidad de CIP consumen 13,2 KW y el Katadyn 0,16 KW.

El consumo total de energía eléctrica en el área de servicios es de 751,86 KW.

### 7.4 Consumo de Agua

En vista de que resulta complicado determinar y totalizar el consumo de agua dura en la Planta por áreas, debido a que la misma es utilizada para la limpieza general de las distintas áreas de la Planta, baños y bebederos, el cálculo del consumo total de distintos tipos de agua se realizó como se especifica en el Capítulo II, en el punto de Cálculo de Requerimientos de Servicios, Área de Servicios.

El cálculo del consumo de agua de la planta Pepsi, se basó en una producción nominal de 39.100.000 litros de producto terminado al mes, donde 12.600.000 L/mes corresponden a la línea #2, 8.850.000 L/mes a la línea #4 y 17.700.000 L/mes a la línea #5. Luego se muestra el cálculo realizado, considerando una producción



nominal de 26.550.000 litros al mes, la cual corresponde a la producción de la línea #4 y #5. Por último se realiza el cálculo para una producción estimada para el mes de diciembre de 2004, de 12.000.000 de litros.

**Tabla 23.** Consumo de agua con una producción de 39.150.000 L/mes.

Sistemas	Consumo de Pepsi (x10 <sup>3</sup> l/h)
Recepción (agua de río)	356
Agua dura	332
Agua de proceso	121
Agua suave	47

**Tabla 24.** Consumo de agua con una producción de 26.500.000 L/mes.

Sistemas	Consumo de Pepsi (x10 <sup>3</sup> l/h)
Recepción (agua de río)	241
Agua dura	225
Agua de proceso	82
Agua suave	31

**Tabla 25.** Consumo de agua con una producción de 12.000.000 L/mes.

Sistemas	Consumo de Pepsi (x10 <sup>3</sup> l/h)
Recepción (agua de río)	109
Agua dura	102
Agua de proceso	37
Agua suave	14



## CAPÍTULO VIII

### CONSUMO TEÓRICO DE ILUMINACIÓN Y AIRES ACONDICIONADOS

El estudio referente al consumo eléctrico de iluminación y aires acondicionados se realizó por áreas de la Planta. La información recabada se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 26.** Consumo de iluminación por áreas.

ÁREA	CONSUMO (W)	CANTIDAD	CONSUMO (KW)
Sala de Jarabe Simple	400	6	2,4
Sala de Jarabe Terminado	400	4	1,6
Pasillo	64	5	0,32
Sala de Llenado L.2	175	12	2,1
Sala de Llenado L.4	175	12	2,1
Sala de Llenado L.5	175	12	2,1
Despacho	64	1	0,064
Área de Racks (despacho)	175	12	2,1
Techo del Galpón	400	57	22,8
	175	8	1,4
Cuarto de Control L. 2	64	6	0,384
Cuarto de Control L. 4	64	6	0,384
Cuarto de Control L. 5	64	6	0,384
Sub-estación Eléctrica	64	5	0,32
Biblioteca	64	6	0,384
Oficina	64	8	0,512
Laboratorio de Calidad	96	8	0,768
Baños	96	3	0,288
Línea #4	64	4	0,256
Línea #2	64	2	0,128
<b>TOTAL</b>		<b>183</b>	<b>40,8</b>



**Tabla 27.** Consumo de iluminación por áreas.

ÁREA	CONSUMO (W)	CANTIDAD	CONSUMO (KW)
Sala de Jarabe Terminado	3150	2	6,3
Sala de Llenado L.2	3150	2	6,3
Sala de Llenado L.4	3150	2	6,3
Sala de Llenado L.5	3150	2	6,3
Cuarto de Control L. 2	1000	1	1
Cuarto de Control L. 4	1000	1	1
Cuarto de Control L. 5	530	1	0,53
Sub-estación Eléctrica	1000	1	1
Biblioteca	530	1	0,53
Oficina	187	1	0,187
Laboratorio de Calidad	4550	1	4,55
<b>TOTAL</b>		<b>15</b>	<b>34</b>



## CAPÍTULO IX

### CAPACIDAD DE LOS SERVICIOS DE SALA DE MÁQUINAS Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

Como se mencionó en el Capítulo II, los servicios generados en Sala de Máquinas de Cervecería Polar Oriente para el consumo de Pepsi-Cola, Planta Barcelona, son: aire comprimido (baja presión), amoníaco, vapor y electricidad. Además en la Planta de Tratamiento de Aguas se realizan los procesos necesarios para que el agua empleada para la elaboración de refrescos cumpla con las especificaciones establecidas.

#### 9.1 Capacidad de los servicios de Sala de Máquinas y Área de Servicios

En la siguiente tabla se muestran los valores correspondientes a la capacidad de los servicios energéticos generados en la Sala de Máquinas de Cervecería Polar Oriente y en Área de Servicios ubicada en la planta Pepsi- Cola Venezuela, Planta Barcelona. Adicionalmente se muestran los valores de consumo, de los diferentes servicios, de Cervecería correspondientes a una producción de 60 millones de litros mensual de Cerveza y Malta.

**Tabla 28.** Capacidad de los Sala de Máquinas y Área de Servicios

SERVICIO	CAPACIDAD	CONSUMO CERVECERÍA	CAPACIDAD PEPSI
Aire Comprimido (baja presión) (m <sup>3</sup> /h)	5434	5011	423
Aire Comprimido (alta presión) (m <sup>3</sup> /h)	3280		3280
Dióxido de Carbono (Kg.)	67131		67131
Vapor (Kg./h)	47627.2	34426	13201.2
Amoníaco (TR)	3850	1293	2557
Electricidad (KW)	1800		1800



## 9.2 Capacidad de la Planta de Tratamiento de Aguas

Al igual que en los demás servicios, la capacidad de suministro de agua para la planta Pepsi, depende del consumo que pueda llegar a tener la planta Polar de este servicio. El cálculo del consumo de agua de la planta Polar se realizó en el primer caso para una producción mensual de cerveza y malta, de 60.000.000 de litros (60 MML), y en el segundo caso se hizo una estimación de la producción en los meses más críticos, como es el caso del mes de diciembre, de 47.000.000 litros de cerveza y malta (47 MML).

En la siguiente tabla se muestran los valores correspondientes a la capacidad de los sistemas de agua, los cuales fueron suministrados por el personal de la Planta de Tratamiento de aguas.

Datos de diseño:

- Índice de Cervecería: 6.3 l/l
- Ritmo de operación:  
4,5 semanas al mes.  
6 días de operación, 24 horas.

Tabla 29. Capacidad de los servicios de agua de planta Pepsi, trabajando solo Cervecería a una capacidad instalada de 60 MMI de cerveza y malta.

Sistemas	Capacidad Instalada (x10 <sup>3</sup> l/h)	Capacidad Disponible (x10 <sup>3</sup> l/h)	Requerimiento de Cervecería (x10 <sup>3</sup> l/h)	Capacidad Disponible Pepsi (x10 <sup>3</sup> l/h)
Recepción	600	600	602	0
Filtración por Arena	700	700	583	116.67
Filtración por Carbón	800	800	583	216.67
Scavenger	370	370	231	138.52
CNP	400	300	231	68.52
Suavización Envasado	330	220	111	108.89



Tabla 30. Capacidad de los servicios de agua de planta Pepsi, trabajando solo Cervecería a una capacidad instalada de 47 MMI de cerveza y malta.

Sistemas	Capacidad Instalada (x10 <sup>3</sup> l/h)	Capacidad Disponible (x10 <sup>3</sup> l/h)	Requerimiento de Cervecería (x10 <sup>3</sup> l/h)	Capacidad Disponible Pepsi (x10 <sup>3</sup> l/h)
Recepción	600	600	471	128.55
Filtración por Arena	700	700	457	243.06
Filtración por Carbón	800	800	457	343.06
Scavenger	370	370	181	188.67
CNP	400	300	181	118.67
Suavización Envasado	330	220	87	132.96





## PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se realiza un análisis de los resultados obtenidos luego de efectuado el cálculo teórico y la recopilación de datos; adicionalmente se realiza una comparación entre los consumos reales y teóricos de los servicios de Planta.

### Análisis del Consumo Teórico y Real de los Servicios Energéticos por Áreas

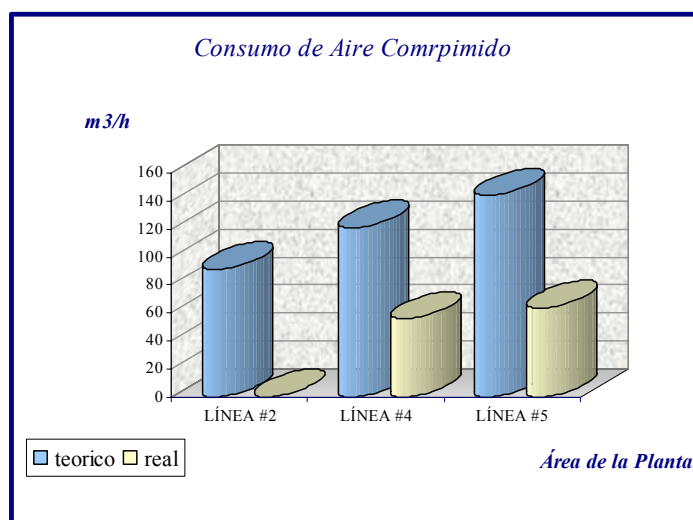
En la Tabla 31 se muestra un resumen de los consumos teóricos de aire comprimido, dióxido de carbono, vapor, agua de proceso, agua suave, amoníaco y electricidad por áreas de la Planta, suponiendo que todos los equipos de la Planta trabajan al 100% de su capacidad instalada; y el consumo real por áreas de la Planta, calculado en base a la eficiencia de las líneas de producción en los últimos meses, en donde la eficiencia de las líneas de producción depende de los litros de refresco producidos en cada una de ellas, cuyos datos fueron suministrados por el departamento de producción de Pepsi- Cola Venezuela, Planta Barcelona. La eficiencia de la línea #4 resultó ser de aproximadamente 36%, de la línea #5 del 60%, de la línea #2 del 0%, lo que se debe a que esta línea se encuentra fuera de funcionamiento desde aproximadamente dos años.

Tabla 31. Consumos teóricos y reales de cada servicio por áreas de la Planta.

SERVICIO	CONSUMO	ÁREA				
		Línea #2	Línea #4	Línea #5	Elaboración	Área de Servicios
Aire Comprimido (m <sup>3</sup> /h)	Teórico	91.1	120.8	144		
	Real	0	55.6	63.4		
Dióxido de Carbono (Kg./h)	Teórico	340	277	611.5		
	Real	0	127.4	269.1		
Vapor (Kg./h)	Teórico	1335.1	1335.1		500	2560
	Real	0	614		150	384

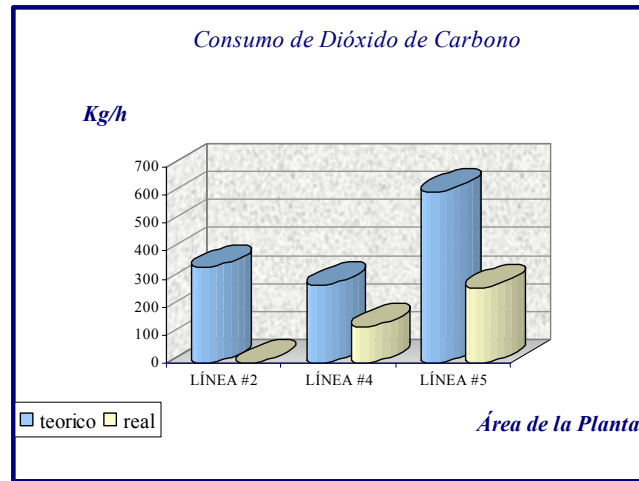


Agua de Proceso (L/h)	Teórico	32800	27800	36000	23000	
	Real	0	12788	15840	6900	
Agua Suave (L/h)	Teórico	10500	10500	4100		
	Real	0	4830	1804		
Amoníaco (Kg/h)	Teórico	120	102	220		520
	Real	0	47	97		156
Electricidad (Kw.)	Teórico	362.6	334.5	363.2	104.8	751.9
	Real	0	154	159.8	31.5	330.8



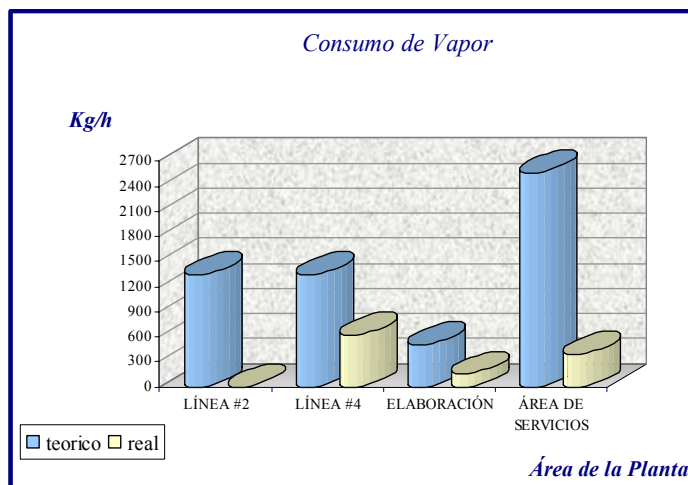
**Figura 28.** Comparación entre el consumo real y teórico de aire comprimido por áreas de la Planta.

En la figura 28 se observa que el consumo de aire comprimido de baja presión es mayor en la línea de botellas no retornables y el menor consumo lo representa la línea de botellas retornables de un litro, además se puede notar la diferencia que existe entre el consumo nominal, según datos suministrados por los fabricantes de los equipos y el consumo real de aire comprimido según la eficiencia de las líneas de producción. En la línea #2 el consumo real es cero, debido a que como se mencionó con anterioridad, esta línea no opera desde aproximadamente dos años.



**Figura 29.** Comparación entre el consumo real y teórico de dióxido de carbono por áreas de la Planta.

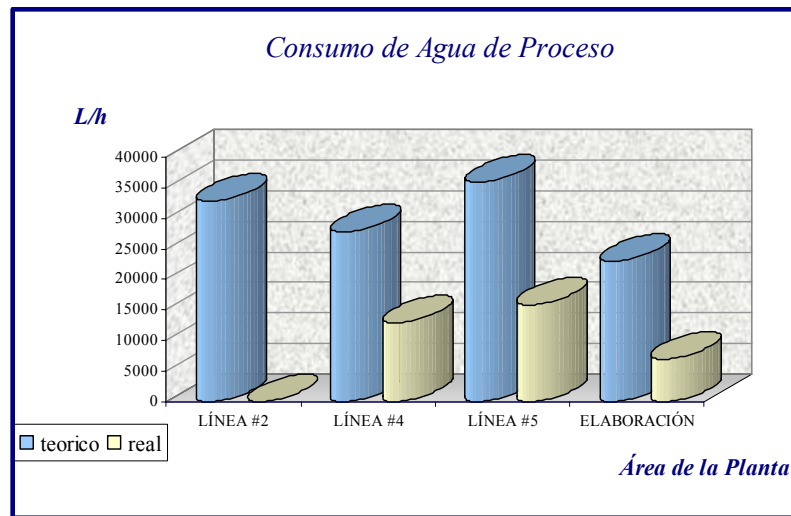
En la figura 29 se nota que el consumo teórico de dióxido de carbono en la línea #2 y la línea #4 son similares, lo que se debe a la similitud de los equipos consumidores de este servicio que se encuentran instalados en ambas líneas, por otra parte se observa que el consumo de dióxido de carbono que es originado por la llenadora y el mixer de la línea #5, resulta ser aproximadamente tres veces mayor que el de las demás líneas de producción.



**Figura 30.** Comparación entre el consumo real y teórico de vapor por áreas de la Planta.

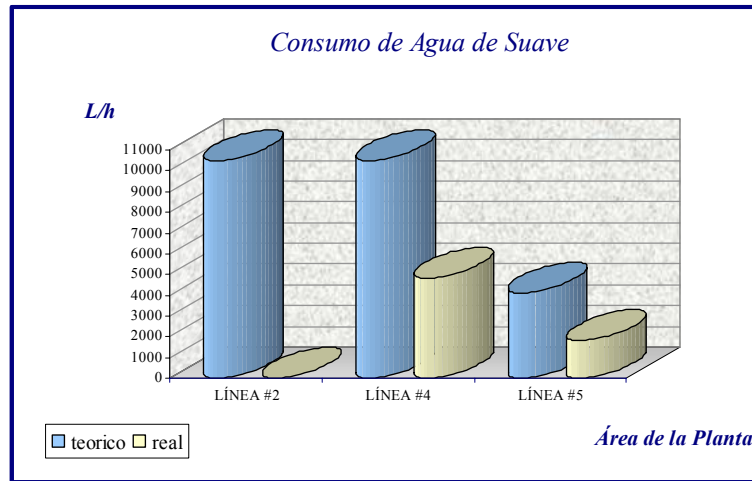


En la figura 30 se observa que el valor de consumo teórico es menor en el área de elaboración, y la diferencia del consumo de vapor real que se observa entre la línea de producción #4 y las áreas de elaboración y servicios se debe a que el mayor consumo de vapor de la Planta lo representan las lavadoras de botellas, las cuales operan mayor tiempo que los calentadores ubicados en las áreas de elaboración y de servicios.



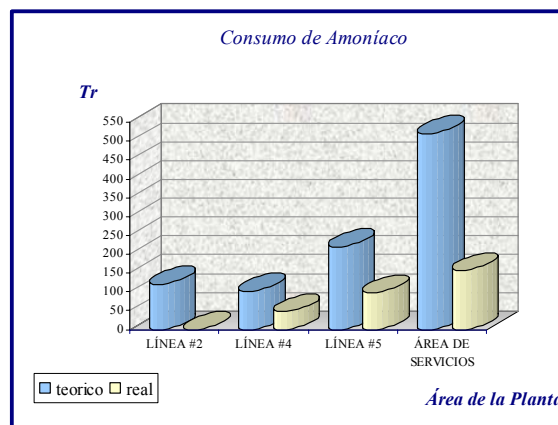
**Figura 31.** Comparación entre el consumo real y teórico de agua de proceso por áreas de la Planta.

En la figura 31 se observa que los consumos de agua de proceso son mayores en la línea #5 y menores en el área de elaboración, lo cual se debe a que luego de preparado el jarabe terminado en las líneas de producción, específicamente en el área de llenado, el jarabe es mezclado con agua de proceso, donde la cantidad de agua contenida en el producto terminado es mayor que la cantidad de jarabe terminado, adicionalmente se tiene que en la línea de botellas no retornables se envasan botellas de mayor capacidad, por lo tanto el consumo agua de procesos en esta línea es mayor que en el resto de las áreas de la Planta.



**Figura 32.** Comparación entre el consumo real y teórico de agua suave por áreas de la Planta.

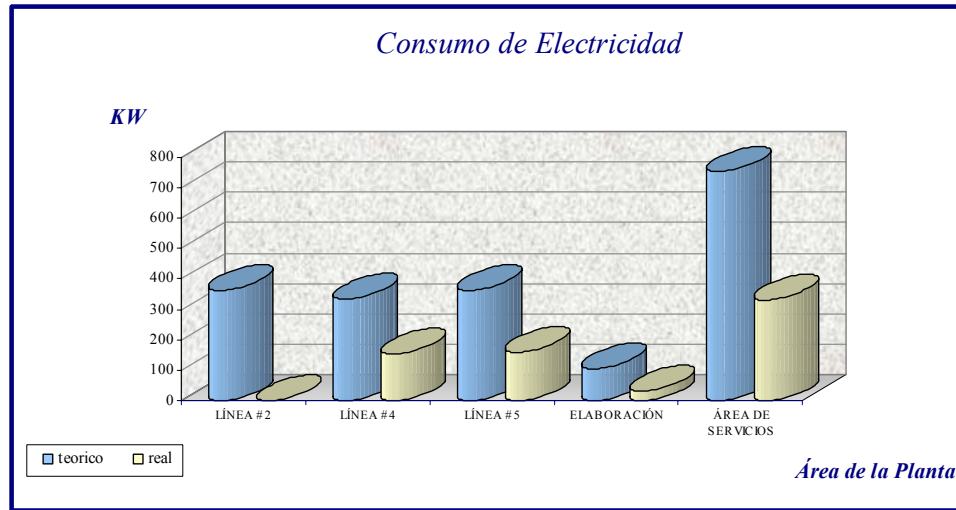
En la figura 32 los valores correspondientes al consumo de agua suave son iguales para las líneas de botellas retornables, sin embargo actualmente este consumo se debe únicamente a las líneas #4 y #5. El consumo más bajo se ubica en la línea #5, donde el consumo teórico representa casi la mitad del consumo teórico de la línea #4. Con respecto al consumo real se nota que la diferencia de los valores de consumo en la línea #4 y la línea #5 es pequeña, lo que se debe a que el agua suave que es utilizada en la lavadora de botellas de la línea #4 depende de la frecuencia de llenado de los tanques de agua.



**Figura 33.** Comparación entre el consumo real y teórico de amoníaco por áreas de la Planta.



En la figura 33 se observa que el mayor consumo de amoníaco se encuentra en el área de servicios, debido a que allí se enfría el agua utilizada por los sistemas de enfriamiento de distintas áreas de Planta; además se observa que el consumo real en las líneas de producción debido al funcionamiento de los intercambiadores de calor es similar.



**Figura 34.** Comparación entre el consumo real y teórico de energía eléctrica por áreas de la Planta.

En la figura 34 el mayor consumo de energía eléctrica se encuentra en el área de servicios, lo cual se debe al funcionamiento de los compresores que forman parte del sistema de aire comprimido suministrado a la sopladora de la línea #5; y el menor consumo se observa en el área de envasado. Además se nota que en el área de servicios el valor del consumo de energía eléctrica real es cercano al valor del consumo teórico.

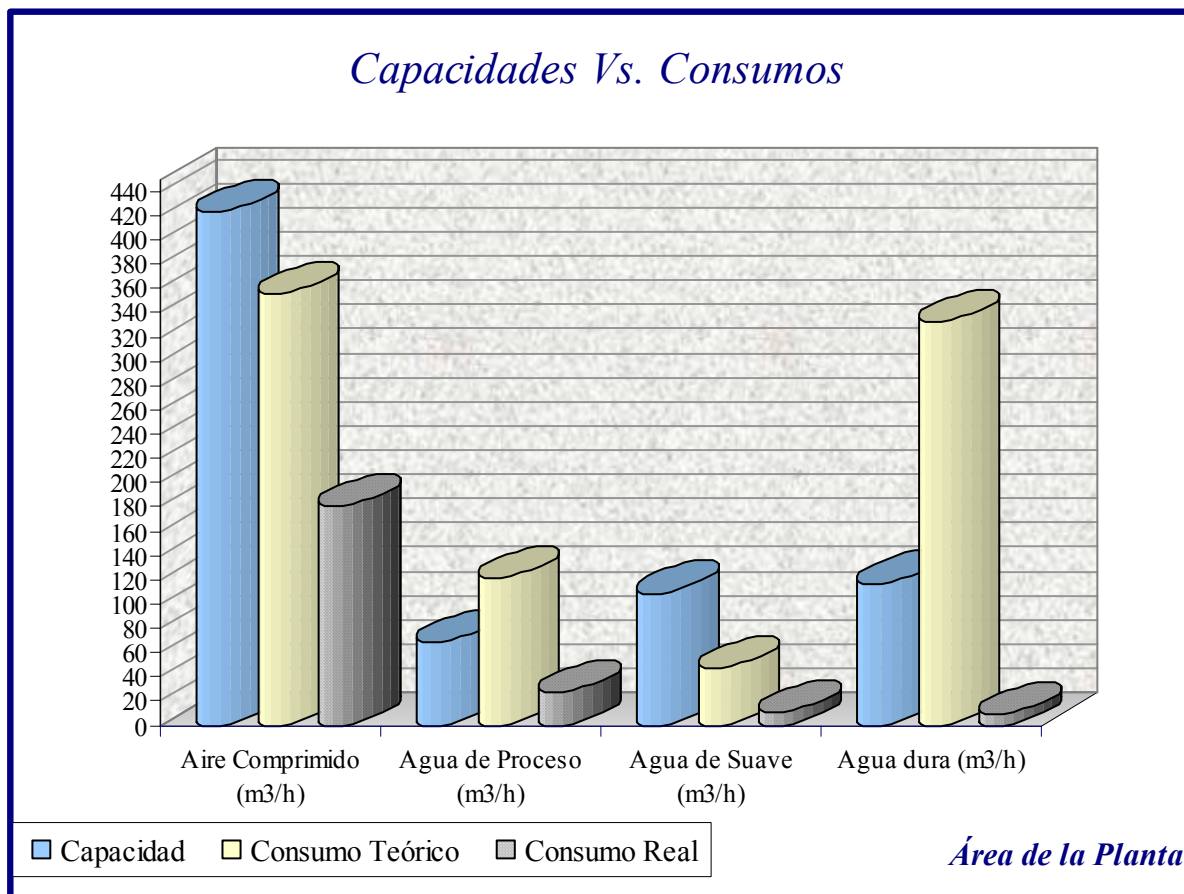


### Análisis de la Capacidad disponible, el Consumo Nominal y el Consumo Real de los Servicios Energéticos de la Planta Pepsi

En la tabla que se presenta a continuación (Tabla 32), se muestran los resultados obtenidos de la capacidad disponible en la planta Pepsi, considerando una producción mensual en Cervecería de 60 MML, se muestra el consumo nominal considerando que todos los equipos instalados trabajan al 100% de su capacidad y por último de muestra un consumo real, el cual representa un promedio mensual, obtenido mediante datos suministrados por el personal que labora en Sala de Máquinas, donde se realiza un informe de los consumos totales de cada servicio, producto de mediciones tomadas en campo. El promedio de los valores corresponde al período 08-2004 09-2004.

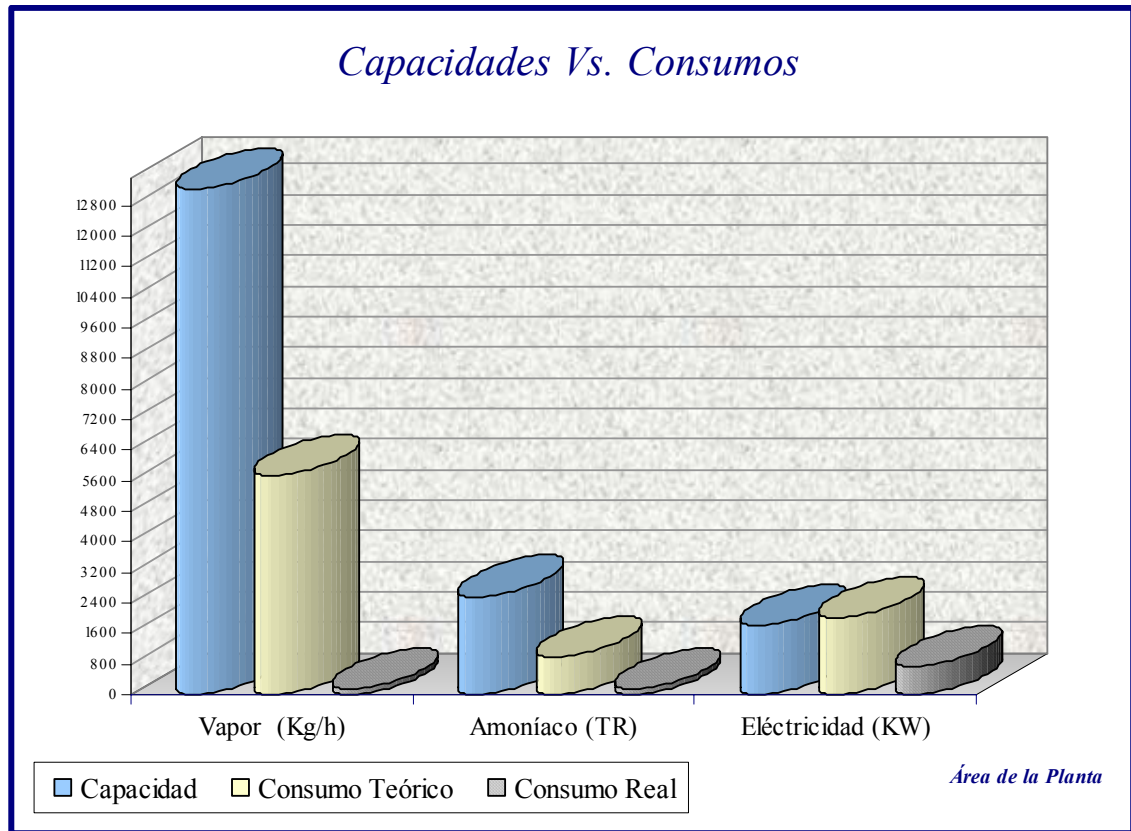
Tabla 32. Capacidades disponible, consumos nominales y consumos reales de los servicios energéticos de planta Pepsi.

	SERVICIO						
	Aire Comprimido (m3/h)	Vapor (Kg./h)	Agua de Proceso (m3/h)	Agua de Suave (m3/h)	Agua dura (m3/h)	Amoniaco (TR)	Electricidad (Kw)
Capacidad	423	13201	69	109	117	2557	1800
Consumo Teórico	356	5730	121	47	332	962	1991.8
Consumo Real	180	142	27.5	10.5	8.8	150.3	716.5



**Figura 35.** Comparación entre la capacidad disponible, consumos nominales y consumos reales de aire comprimido y agua de planta Pepsi.





**Figura 36.** Comparación entre la capacidad disponible, consumos nominales y consumos reales de vapor, amoníaco y electricidad de planta Pepsi.

En las figuras 35 y 36 se observa que para el sistema de aire comprimido, el sistema de vapor y el sistema de amoníaco, la capacidad disponible es mayor al consumo teórico y por ende al consumo real. Para el sistema de suministro de agua el consumo teórico de agua de proceso y agua dura es mayor a la capacidad disponible de estos servicios mientras que el consumo real representa aproximadamente el 35% y 8% respectivamente de la capacidad disponible; en cambio en el sistema de agua suave, la capacidad disponible resulta mayor que el consumo nominal estimado y que el consumo real actual. Por último se puede observar a partir de la gráfica, que el consumo nominal de energía eléctrica (operando las tres líneas de producción) es mayor que la capacidad instalada en la sub-estación eléctrica de la planta Pepsi, sin



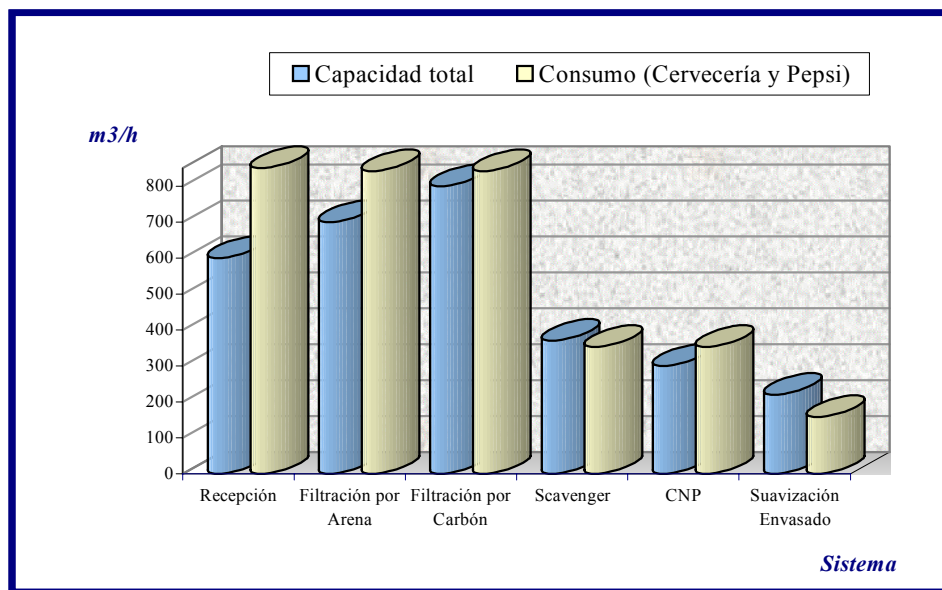
embargo el consumo real promedio representa menos del 50% de la capacidad disponible.

### Análisis de la Capacidad y el Consumo de Agua

En la Tabla 33 se muestran valores correspondientes a la capacidad disponible y el requerimiento o consumo de los sistemas de agua, y se plantea un primer escenario donde en el requerimiento se considera una capacidad instalada de Cervecería de 60 MMI de cerveza y malta, y de Pepsi una capacidad instalada de 39,150 MML al mes.

*Tabla 33.* Capacidades y consumos de los sistemas de agua, estimando que trabaja Cervecería a una capacidad instalada de 60 MMI de cerveza y malta la planta de refrescos con una producción de 39,150 MML al mes.

Sistemas	Capacidad Disponible (m3/h)	Requerimiento (m3/h)
Recepción	600	903
Filtración por Arena	700	842
Filtración por Carbón	800	842
Scavenger	370	352
CNP	300	352
Suavización Envasado	220	158



**Figura 37.** Comparación entre la capacidad y el consumo de agua estimando que trabaja Cervecería a una capacidad instalada de 60 MMI de cerveza y malta la planta de refrescos con una producción de 39,150 MML al mes.

En la figura 37 se observa que para el escenario planteado, el consumo de agua de proceso, agua de río y agua filtrada (dura) sobrepasa la capacidad de los filtros de carbón y arena del floculador y del filtro CNP; de igual manea se observa que para estos valores de consumo el sistema de agua suave resulta crítico en condiciones pico.

En la Tabla 34 se muestran valores correspondientes a la capacidad disponible y el requerimiento o consumo de los sistemas de agua, considerando una capacidad instalada de Cervecería de 60 MMI de cerveza y malta, y de Pepsi una capacidad instalada de 26,500 MML al mes (correspondientes al funcionamiento de las líneas #4 y #5).



Tabla 34. Capacidades y consumos de los sistemas de agua, estimando que trabaja Cervecería a una capacidad instalada de 60 MMI de cerveza y malta la planta de refrescos con una producción de 26,500 MML al mes.

Sistemas	Capacidad Disponible (m3/h)	Requerimiento (m3/h)
Recepción	600	788
Filtración por Arena	700	734
Filtración por Carbón	800	734
Scavenger	370	313
CNP	300	313
Suavización Envasado	220	143

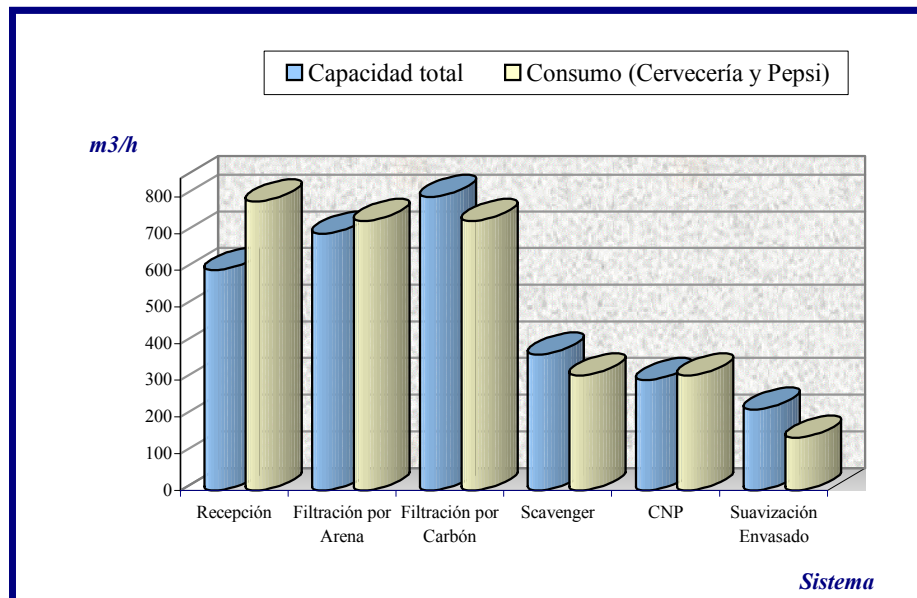


Figura 38. Comparación entre la capacidad y el consumo de agua estimando que trabaja Cervecería a una capacidad instalada de 60 MMI de cerveza y malta, y la planta de refrescos con una producción de 26,500 MML al mes.

En la figura 38 se observa que si la planta de Cervecería y la planta Pepsi (con dos líneas de producción en funcionamiento) trabajan al 100% de su capacidad instalada, los sistemas de agua colapsan debido a que el consumo supera la capacidad de recepción de agua, la capacidad de los filtros de arena y los filtros CNP. Además el sistema de agua suave resulta crítico en condiciones pico.



En la Tabla 35 se muestran valores correspondientes a la capacidad disponible y el requerimiento o consumo de los sistemas de agua, estimando una producción de Cervecería de 47 MML de cerveza y malta, y de Pepsi una capacidad instalada de 12 MML para el mes de diciembre de 2004.

Tabla 35. Capacidades y consumos de los sistemas de agua, estimando una producción para el mes de diciembre de 2004 en Cervecería de 47 MML de cerveza y malta, y en la planta de refrescos una producción de 12 MML.

Sistemas	Capacidad Disponible (m3/h)	Requerimiento (m3/h)
Recepción	600	537
Filtración por Arena	700	501
Filtración por Carbón	800	501
Scavenger	370	218
CNP	300	218
Suavización Envasado	220	102

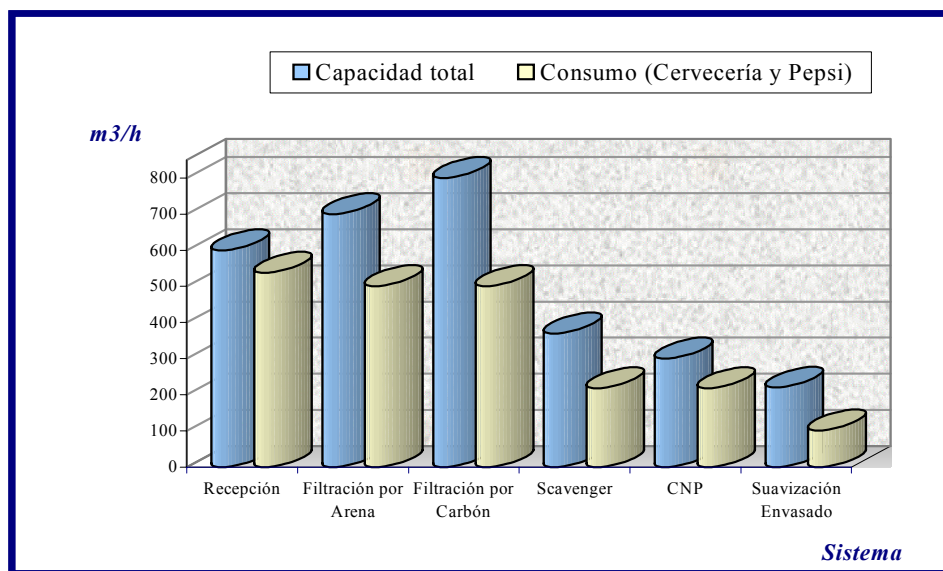


Figura 39. Comparación entre la capacidad y el consumo de agua estimando una producción para el mes de diciembre de 2004 en Cervecería de 47 MML de cerveza y malta, y en la planta de refrescos una producción de 12 MML.



En la figura 39 se observa para el mes de diciembre de 2004, con los valores de producción estimados, el sistema que resulta crítico es el de recepción de agua de río, donde el valor del consumo es cercano al de la capacidad disponible para este sistema.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos es posible establecer las siguientes conclusiones:

- La capacidad instalada de los servicios energéticos disponible para Pepsi-Cola Venezuela, Planta Barcelona, está condicionada a la producción de Cervecería Polar Oriente.

- Si Cervecería Polar Oriente y Pepsi-Cola Venezuela, Planta Barcelona, operan al máximo de su capacidad instalada, es decir, con una producción de 60 MML/mes de cerveza y malta, y de 39,150 MML/mes de refrescos, la capacidad disponible en los servicios energéticos es de:

Aire Comprimido: 67 m<sup>3</sup>/h

Vapor: 7471 Kg/h

Agua de proceso: 0 L/h

Agua suave: 62000 L/h

Agua dura: 0 L/h

Amoníaco: 1595TR

Electricidad: 0 KW

Lo que quiere decir que para que ambas Plantas operen bajo estas condiciones, es necesario ampliar el sistema de suministro de agua, adicionando un filtro CNP, filtros de carbón y filtros de arena, y ampliar el sistema eléctrico, para lo cual se debe ampliar la sub-estación eléctrica ubicada en la planta Pepsi-Cola Venezuela, Planta Barcelona, adicionando otro transformador.



• La capacidad disponible de los servicios considerando el consumo promedio real de Pepsi- Cola, Venezuela, Planta Barcelona, (operando la línea #4 y la línea #5), y Cervecería Polar Oriente trabajando al máximo de su capacidad instalada, es (aproximadamente) de:

Aire Comprimido: 263 m<sup>3</sup>/h

Vapor: 13060 Kg/h

Agua de proceso: 41000 L/h

Agua suave: 98000 L/h

Agua dura: 108000 L/h

Amoníaco: 2407 TR

Electricidad: 1084 KW

Para estas condiciones el sistema que se encuentra limitado es el de agua de procesos, debido a que, para futuras ampliaciones en Pepsi- Cola Venezuela, Planta Barcelona, es necesaria la incorporación de filtros CNP.

Es importante resaltar que en las condiciones de operación de la planta Pepsi- cola, mostradas en este punto influyen los tiempos de paradas y otros inconvenientes que no son constantes y el por lo tanto el consumo real de los servicios puede ser mayor, y por ende, en condiciones pico alguno de los sistemas podría resultar crítico.

• Si Cervecería Polar Oriente opera al máximo de su capacidad instalada, Pepsi- Cola Venezuela, Planta Barcelona, no puede producir más de 6 MML de refresco, ya que, de lo contrario el sistema de recepción de agua de río necesitaría una ampliación.

• La capacidad de sistema de dióxido de Carbono, depende de la capacidad del tanque de los tanques de almacenamiento, de requerirse ampliaciones en este sistema es necesario adquirir otro tanque de almacenamiento de dióxido de carbono.





• Para futuras ampliaciones los sistemas que se pudieran ver afectados y sería necesario ampliar, son los sistemas de suministro de agua y de energía eléctrica.

### **Recomendaciones**

Para el mejor control y aprovechamiento de los recursos energéticos utilizados en Pepsi- Cola Venezuela, Planta Barcelona, se plantean una serie de recomendaciones:

• Realizar un estudio detallado de los consumos reales de cada servicio por áreas de la Planta, con el fin de establecer ahorros energéticos y el mejor aprovechamiento de los servicios.

• Realizar un estudio detallado sobre las condiciones en que se encuentran las tuberías que forman parte de los diferentes sistemas energéticos, a fin de identificar y controlar fugas.

• Instalar contadores de agua en las áreas que lo requieran para así poder llevar un mejor control del gasto de agua de la Planta.

• Colocar medidores de flujo, presión y temperatura en las tuberías de entrada y salida de los equipos que no los posean, con el fin de registrar los consumos por áreas de la Planta, ya que cuando los consumos se llevan de forma totalizada resulta complicado identificar los procesos donde no se aprovecha la energía.

• Mejorar todos los sistemas de instrumentación de la Planta mediante la dotación de equipos automatizados de medición para facilitar la realización de estudios posteriores y la Sustitución de instrumentos de medición que se encuentren en mal estado.



- Realizar un levantamiento detallado de la Planta con el fin de actualizar los planos y diagramas de tuberías y ubicación de los equipos. Además es importante la actualización de planos cuando se realizan modificaciones de cualquier índole.
- Incorporar placas de identificación a los equipos que no las posean para así contar con una caracterización clara, en el campo de trabajo, de las condiciones de diseño de dichos equipos.
- Actualizar los estudios referentes a los consumo nominales y reales de Cervecería Polar Oriente, con el fin de poder determinar con mayor precisión la capacidad instalada disponible para futuras ampliaciones en Pepsi- Cola Venezuela, Planta Barcelona.



## **BIBLIOGRAFÍA**

BAUMEISTER T., AVALLONE E., “Manual Del Ingeniero Mecánico”, 8va Edición, Mc. Graw-Hill, México, 1992.

CARNICER ROYO ENRIQUE, “Aire Comprimido y Neumática Convencional”, 8va Edición, Gili, Barcelona, España, 1990.

CRANE, “Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías”, Mc. Graw-Hill, México, 1990.

Eco, U., 1982, “Como se hace una Tesis”, Gedisa, Buenos Aires.

VAN WYLEN J. Y SONNTAG E., “Fundamentos de Termodinámica”, Editorial Limusa, México, 1994.

UCV-FI/EIM, CE Instructivo para elaborar el Anteproyecto de Trabajo Especial.

CERVECERÍA POLAR C.A., Manual Para Dibujos en AutoCAD “Codificación de Planos”, Caracas, Julio de 1997.

<http://www.empresas-polar.com/>

<http://www.Intranet-empresas-polar.com/>

# ANEXOS

TABLA A.1SI Propiedades termodinámicas del agua (unidades SI)

TABLA A.1.SI Agua saturada: tabla de temperatura (unidades SI)

Temp. °C <i>T</i>	Presión kPa, MPa <i>P</i>	Volumen específico, m <sup>3</sup> /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg K		
		Líquido saturado <i>v<sub>f</sub></i>	Vapor saturado <i>v<sub>g</sub></i>	Líquido saturado <i>u<sub>f</sub></i>	Evap. <i>u<sub>fg</sub></i>	Vapor saturado <i>u<sub>g</sub></i>	Líquido saturado <i>h<sub>f</sub></i>	Evap. <i>h<sub>fg</sub></i>	Vapor saturado <i>h<sub>g</sub></i>	Líquido saturado <i>s<sub>f</sub></i>	Evap. <i>s<sub>fg</sub></i>	Vapor saturado <i>s<sub>g</sub></i>
0.01	0.6113	0.001000	206.132	0.00	2375.3	2375.3	0.00	2501.3	2501.3	0.0000	9.1562	9.1562
5	0.8721	0.001000	147.118	20.97	2361.3	2382.2	20.98	2489.6	2510.5	0.0761	8.9496	9.0257
10	1.2276	0.001000	106.377	41.99	2347.2	2389.2	41.99	2477.7	2519.7	0.1510	8.7498	8.9007
15	1.7051	0.001001	77.925	62.98	2333.1	2396.0	62.98	2465.9	2528.9	0.2245	8.5569	8.7813
20	2.3385	0.001002	57.790	83.94	2319.0	2402.9	83.94	2454.1	2538.1	0.2966	8.3706	8.6671
25	3.1691	0.001003	43.359	104.86	2304.9	2409.8	104.87	2442.3	2547.2	0.3673	8.1905	8.5579
30	4.2461	0.001004	32.893	125.77	2290.8	2416.6	125.77	2430.5	2556.2	0.4369	8.0164	8.4533
35	5.6280	0.001006	25.216	146.65	2276.7	2423.4	146.66	2418.6	2565.3	0.5052	7.8478	8.3530
40	7.3837	0.001008	19.523	167.53	2262.6	2430.1	167.54	2406.7	2574.3	0.5724	7.6845	8.2569
45	9.5934	0.001010	15.258	188.41	2248.4	2436.8	188.42	2394.8	2583.2	0.6386	7.5261	8.1647
50	12.350	0.001012	12.032	209.30	2234.2	2443.5	209.31	2382.7	2592.1	0.7037	7.3725	8.0762
55	15.758	0.001015	9.568	230.19	2219.9	2450.1	230.20	2370.7	2600.9	0.7679	7.2234	7.9912
60	19.941	0.001017	7.671	251.09	2205.5	2456.6	251.11	2358.5	2609.6	0.8311	7.0784	7.9092
65	25.033	0.001020	6.197	272.00	2191.1	2463.1	272.03	2346.2	2618.2	0.8934	6.9375	7.8305
70	31.188	0.001023	5.042	292.93	2176.6	2469.5	292.96	2333.8	2626.8	0.9548	6.8004	7.7552
75	38.578	0.001026	4.131	313.87	2162.0	2475.9	313.91	2321.4	2635.3	1.0154	6.6670	7.6824
80	47.390	0.001029	3.407	334.84	2147.4	2482.2	334.88	2308.8	2643.7	1.0752	6.5369	7.6121
85	57.834	0.001032	2.828	355.82	2132.6	2488.4	355.88	2296.0	2651.9	1.1342	6.4102	7.5444
90	70.139	0.001036	2.361	376.82	2117.7	2494.5	376.90	2283.2	2660.1	1.1924	6.2866	7.4790
95	84.554	0.001040	1.982	397.86	2102.7	2500.6	397.94	2270.2	2668.1	1.2500	6.1659	7.4158
100	101.325	0.001044	1.6729	418.91	2087.6	2506.5	419.02	2257.0	2676.0	1.3068	6.0480	7.3548

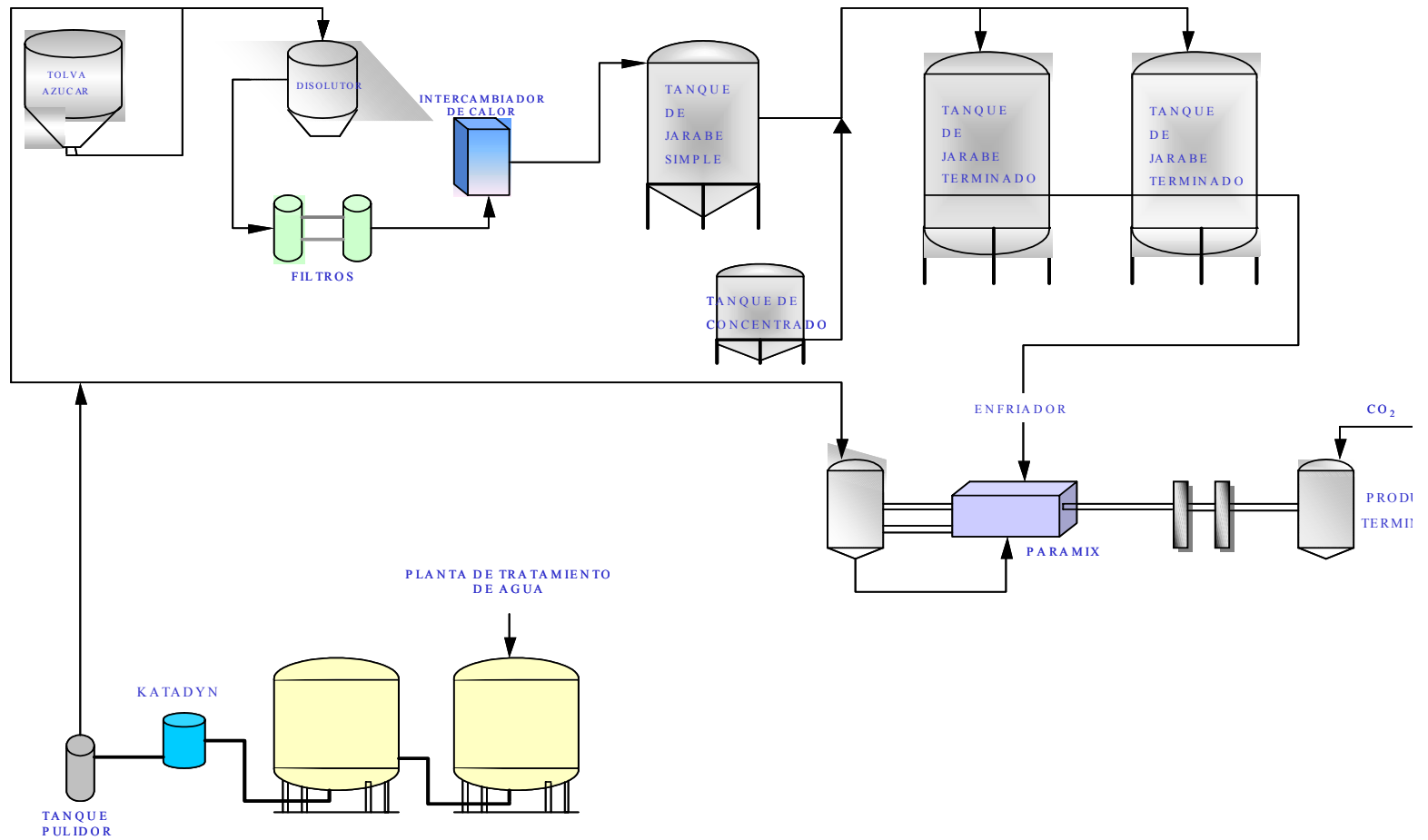
Tabla A.1.2SI Agua saturada: tabla de presión (unidades SI)

Presión kPa <i>P</i>	Temp. °C <i>T</i>	Volumen específico, m <sup>3</sup> /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg K		
		Líquido saturado <i>v<sub>f</sub></i>	Vapor saturado <i>v<sub>g</sub></i>	Líquido saturado <i>u<sub>f</sub></i>	Evap. <i>u<sub>fg</sub></i>	Vapor saturado <i>u<sub>g</sub></i>	Líquido saturado <i>h<sub>f</sub></i>	Evap. <i>h<sub>fg</sub></i>	Vapor saturado <i>h<sub>g</sub></i>	Líquido saturado <i>s<sub>f</sub></i>	Evap. <i>s<sub>fg</sub></i>	Vapor saturado <i>s<sub>g</sub></i>
0.6113	0.01	0.001000	206.132	0	2375.3	2375.3	0.00	2501.3	2501.3	0	9.1562	9.1562
1.0	6.98	0.001000	129.208	29.29	2355.7	2385.0	29.29	2484.9	2514.2	0.1059	8.8697	8.9756
1.5	13.03	0.001001	87.980	54.70	2338.6	2393.3	54.70	2470.6	2525.3	0.1956	8.6322	8.8278
2.0	17.50	0.001001	67.004	73.47	2326.0	2399.5	73.47	2460.0	2533.5	0.2607	8.4629	8.7236
2.5	21.08	0.001002	54.254	88.47	2315.9	2404.4	88.47	2451.6	2540.0	0.3120	8.3311	8.6431
3.0	24.08	0.001003	45.665	101.03	2307.5	2408.5	101.03	2444.5	2545.5	0.3545	8.2231	8.5775
4.0	28.96	0.001004	34.800	121.44	2293.7	2415.2	121.44	2432.9	2554.4	0.4226	8.0520	8.4746
5.0	32.88	0.001005	28.193	137.79	2282.7	2420.5	137.79	2423.7	2561.4	0.4763	7.9187	8.3950
7.5	40.29	0.001008	19.238	168.76	2261.7	2430.5	168.77	2406.0	2574.8	0.5763	7.6751	8.2514
10.0	45.81	0.001010	14.674	191.79	2246.1	2437.9	191.81	2392.8	2584.6	0.6492	7.5010	8.1501
15.0	53.97	0.001014	10.022	225.90	2222.8	2448.7	225.91	2373.1	2599.1	0.7548	7.2536	8.0084
20.0	60.06	0.001017	7.649	251.35	2205.4	2456.7	251.38	2358.3	2609.7	0.8319	7.0766	7.9085
25.0	64.97	0.001020	6.204	271.88	2191.2	2463.1	271.90	2346.3	2618.2	0.8930	6.9383	7.8313
30.0	69.10	0.001022	5.229	289.18	2179.2	2468.4	289.21	2336.1	2625.3	0.9439	6.8247	7.7686
40.0	75.87	0.001026	3.993	317.51	2159.5	2477.0	317.55	2319.2	2636.7	1.0258	6.6441	7.6700
50.0	81.33	0.001030	3.240	340.42	2143.4	2483.8	340.47	2305.4	2645.9	1.0910	6.5029	7.5939
75.0	91.77	0.001037	2.217	384.29	2112.4	2496.7	384.36	2278.6	2663.0	1.2129	6.2434	7.4563
<b>MPa</b>												
0.100	99.62	0.001043	1.6940	417.33	2088.7	2506.1	417.44	2258.0	2675.5	1.3025	6.0568	7.3593
0.125	105.99	0.001048	1.3749	444.16	2069.3	2513.5	444.30	2241.1	2685.3	1.3739	5.9104	7.2843
0.150	111.37	0.001053	1.1593	466.92	2052.7	2519.6	467.08	2226.5	2693.5	1.4335	5.7897	7.2232
0.175	116.06	0.001057	1.0036	486.78	2038.1	2524.9	486.97	2213.6	2700.5	1.4848	5.6868	7.1717
0.200	120.23	0.001061	0.8857	504.47	2025.0	2529.5	504.68	2202.0	2706.6	1.5300	5.5970	7.1271
0.225	124.00	0.001064	0.7933	520.45	2013.1	2533.6	520.69	2191.3	2712.0	1.5705	5.5173	7.0878
0.250	127.43	0.001067	0.7187	535.08	2002.1	2537.2	535.34	2181.5	2716.9	1.6072	5.4455	7.0526

Tabla A.1.2SI Agua saturada: tabla de presión (unidades SI)

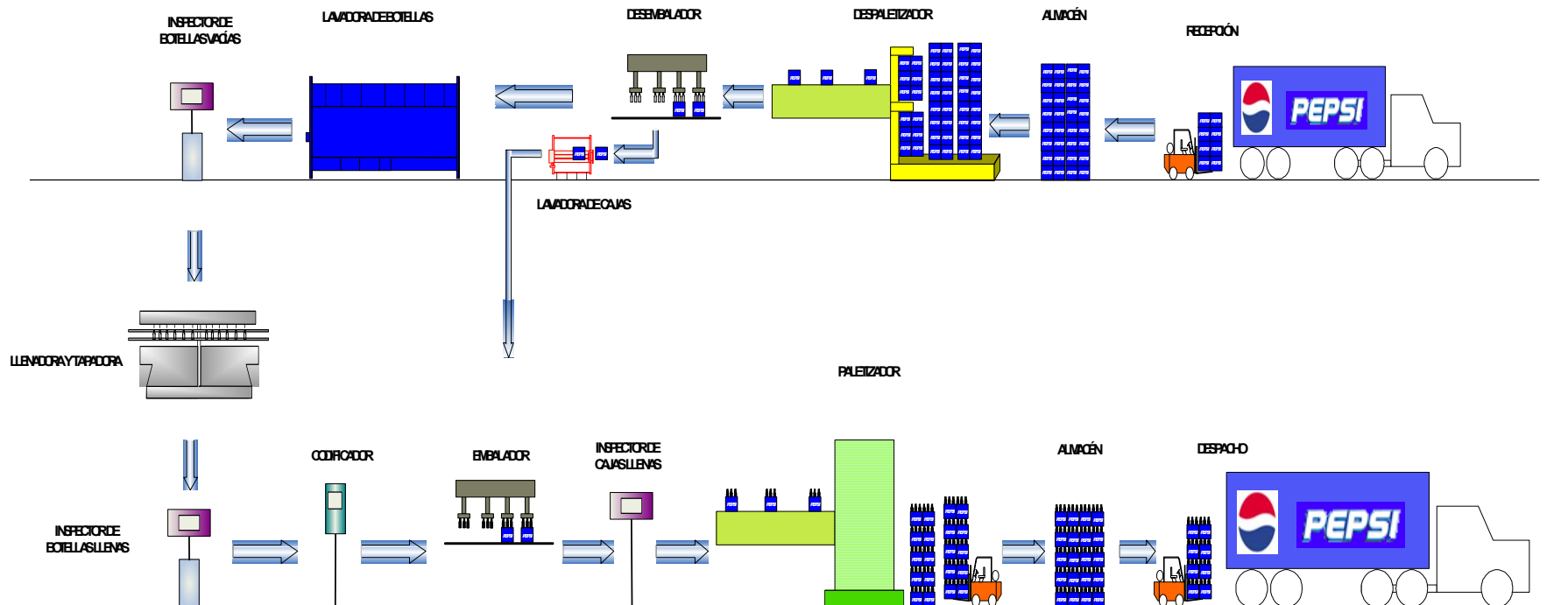
Presión kPa $P$	Temp. °C $T$	Volumen específico, m <sup>3</sup> /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg K		
		Líquido saturado $v_f$	Vapor saturado $v_g$	Líquido saturado $u_f$	Evap. $u_{fg}$	Vapor saturado $u_g$	Líquido saturado $h_f$	Evap. $h_{fg}$	Vapor saturado $h_g$	Líquido saturado $s_f$	Evap. $s_{fg}$	Vapor saturado $s_g$
0.6113	0.01	0.001000	206.132	0	2375.3	2375.3	0.00	2501.3	2501.3	0	9.1562	9.1562
1.0	6.98	0.001000	129.208	29.29	2355.7	2385.0	29.29	2484.9	2514.2	0.1059	8.8697	8.9756
1.5	13.03	0.001001	87.980	54.70	2338.6	2393.3	54.70	2470.6	2525.3	0.1956	8.6322	8.8278
2.0	17.50	0.001001	67.004	73.47	2326.0	2399.5	73.47	2460.0	2533.5	0.2607	8.4629	8.7236
2.5	21.08	0.001002	54.254	88.47	2315.9	2404.4	88.47	2451.6	2540.0	0.3120	8.3311	8.6431
3.0	24.08	0.001003	45.665	101.03	2307.5	2408.5	101.03	2444.5	2545.5	0.3545	8.2231	8.5775
4.0	28.96	0.001004	34.800	121.44	2293.7	2415.2	121.44	2432.9	2554.4	0.4226	8.0520	8.4746
5.0	32.88	0.001005	28.193	137.79	2282.7	2420.5	137.79	2423.7	2561.4	0.4763	7.9187	8.3950
7.5	40.29	0.001008	19.238	168.76	2261.7	2430.5	168.77	2406.0	2574.8	0.5763	7.6751	8.2514
10.0	45.81	0.001010	14.674	191.79	2246.1	2437.9	191.81	2392.8	2584.6	0.6492	7.5010	8.1501
15.0	53.97	0.001014	10.022	225.90	2222.8	2448.7	225.91	2373.1	2599.1	0.7548	7.2536	8.0084
20.0	60.06	0.001017	7.649	251.35	2205.4	2456.7	251.38	2358.3	2609.7	0.8319	7.0766	7.9085
25.0	64.97	0.001020	6.204	271.88	2191.2	2463.1	271.90	2346.3	2618.2	0.8930	6.9383	7.8313
30.0	69.10	0.001022	5.229	289.18	2179.2	2468.4	289.21	2336.1	2625.3	0.9439	6.8247	7.7686
40.0	75.87	0.001026	3.993	317.51	2159.5	2477.0	317.55	2319.2	2636.7	1.0258	6.6441	7.6700
50.0	81.33	0.001030	3.240	340.42	2143.4	2483.8	340.47	2305.4	2645.9	1.0910	6.5029	7.5939
75.0	91.77	0.001037	2.217	384.29	2112.4	2496.7	384.36	2278.6	2663.0	1.2129	6.2434	7.4563
<b>MPa</b>												
0.100	99.62	0.001043	1.6940	417.33	2088.7	2506.1	417.44	2258.0	2675.5	1.3025	6.0568	7.3593
0.125	105.99	0.001048	1.3749	444.16	2069.3	2513.5	444.30	2241.1	2685.3	1.3739	5.9104	7.2843
0.150	111.37	0.001053	1.1593	466.92	2052.7	2519.6	467.08	2226.5	2693.5	1.4335	5.7897	7.2232
0.175	116.06	0.001057	1.0036	486.78	2038.1	2524.9	486.97	2213.6	2700.5	1.4848	5.6868	7.1717
0.200	120.23	0.001061	0.8857	504.47	2025.0	2529.5	504.68	2202.0	2706.6	1.5300	5.5970	7.1271
0.225	124.00	0.001064	0.7933	520.45	2013.1	2533.6	520.69	2191.3	2712.0	1.5705	5.5173	7.0878
0.250	127.43	0.001067	0.7187	535.08	2002.1	2537.2	535.34	2181.5	2716.9	1.6072	5.4455	7.0526

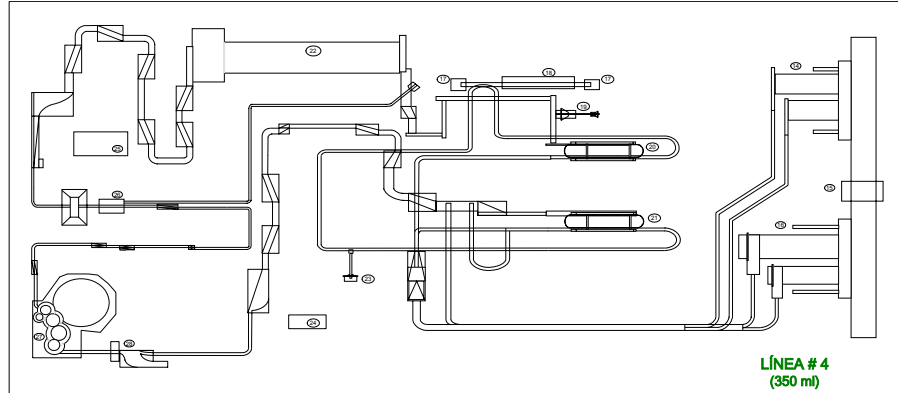
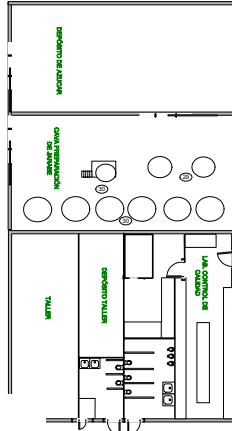
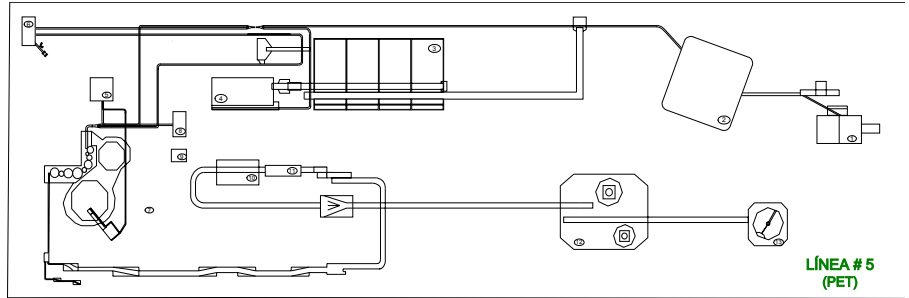
# PROCESO DE ELABORACIÓN



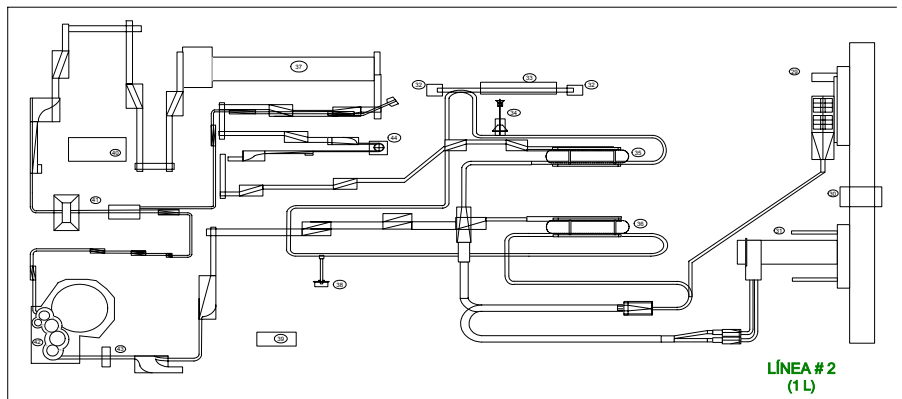


# PROCESO PRODUCTIVO LÍNEA DE BOTELLAS RETORNABLES





- ① VOLTEADOR DE PREFORMAS
- ② SOPLADORA BLOMAX 14
- ③ SILOS POSIMAT
- ④ POSICIONADOR POSIMAT
- ⑤ MEZCLADOR MIXER STARBLEND PLUS
- ⑥ ETIQUETADORA ROLLQUATTRO
- ⑦ LLENADORA-TAPADORA EUROTRONICA
- ⑧ ALIMENTADOR DE TAPAS
- ⑨ ENFRIADOR
- ⑩ HORNO SM
- ⑪ EMPACADORA SM
- ⑫ PALETIZADOR ROKOMBI
- ⑬ ENVOLVEDORA ROBOPAC
- ⑭ DEPALETIZADOR INNOPAL PL2 BK02
- ⑮ ALMACÉN DE PALETAS INNOPAL
- ⑯ PALETIZADOR INNOPAL PL2 BK02
- ⑰ VOLTEADOR DE CAJAS
- ⑱ LAVADORA DE CAJAS INNOCLEAN
- ⑲ DEPALETIZADOR DE BOTELLAS INNOPAL
- ⑳ DESEMPACADOR BARRY WEHMILLER
- ㉑ EMPACADORA BARRY WEHMILLER
- ㉒ LAVADORA DE BOTELLAS BARRY WEHMILLER
- ㉓ ALMACÉN DE CAJAS
- ㉔ TRANSPORTADOR DE TAPAS
- ㉕ MEZCLADOR PARAMIX
- ㉖ INSPECTOR DE BOTELLAS VACÍAS FILTEC- OMNIVISION
- ㉗ LLENADORA-TAPADORA INNOPAL- EM VVF 132/24 KK
- ㉘ INSPECTOR DE BOTELLAS LLENAS OMNIVISION
- ㉙ DEPALETIZADOR INNOPAL PL EGN1
- ㉚ ALMACÉN DE PALETAS INNOPAL
- ㉛ PALETIZADOR INNOPAL PL2 BK02
- ㉜ VOLTEADOR DE CAJAS
- ㉝ LAVADORA DE CAJAS INNOCLEAN
- ㉞ DEPALETIZADOR DE BOTELLAS INNOPAL
- ㉟ DESEMPACADOR BARRY WEHMILLER
- ㊱ EMPACADORA BARRY WEHMILLER
- ㊲ LAVADORA DE BOTELLAS BARRY WEHMILLER
- ㊳ ALMACÉN DE CAJAS
- ㊴ TRANSPORTADOR DE TAPAS
- ㊵ MEZCLADOR PARAMIX
- ㊶ INSPECTOR DE BOTELLAS VACÍAS FILTEC- OMNIVISION
- ㊷ LLENADORA-TAPADORA INNOPAL- EM VVF 132/15 SV
- ㊸ INSPECTOR DE BOTELLAS LLENAS OMNIVISION
- ㊹ DESENROSCADORA REM 16
- ㊺
- ㊻
- ㊼



# PROCESO PRODUCTIVO LÍNEA PET

