

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS:

**“Planeación de la producción de bebidas
carbonatadas en función de la demanda vs
capacidad instalada”**

Elaboró:

Francisco Javier Jiménez Aguilar

Asesor:

Víctor Manuel Vázquez Huarota



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Planeación de la producción de bebidas carbonatadas en función de la demanda vs capacidad instalada”.

INTRODUCCIÓN.....1

CAPÍTULO 1.

SITUACIÓN ACTUAL DEL REFRESCO EN MÉXICO.

- 1.1. Breve historia de las bebidas carbonatadas en México.....4
- 1.2. Situación actual de la demanda de refrescos en México.....5
- 1.3. Riesgos.....8

CAPÍTULO 2.

DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

- 2.1. Descripción del proceso de producción de bebidas carbonatadas.....10
- 2.2. Capacidad instalada en equipos de línea. (Velocidades).....14
- 2.3. Clasificación de Servicios auxiliares y procesos.....20
- 2.4. Capacidad instalada de servicios auxiliares y procesos.....29

CAPÍTULO 3.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.

- 3.1. Balance de servicios auxiliares y procesos en función de la producción actual.....39
- 3.2. Volumen de producción máximo.....50
- 3.3. Análisis económico de la producción actual.....58
- 3.4. Resultados.....63

CAPÍTULO 4.

RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS.

- 4.1. Nuevas condiciones de operación para incrementar el volumen de producción. (Sin inversión en infraestructura).....65
- 4.2. Balance de servicios auxiliares y procesos con las nuevas condiciones de operación.....67
- 4.3. Análisis económico de la situación propuesta.....69

CONCLUSIONES DEL TRABAJO DE INVESTIGACION.

Conclusiones.....75

ANEXOS.....76

BIBLIOGRAFÍA.....77

INTRODUCCIÓN.

PROBLEMÁTICA ACTUAL.

La capacidad de producción de una planta embotelladora de refrescos, es medida en M.M. de C.U. / Año, sin embargo, para determinar esa capacidad de producción, no solo es necesario conocer las velocidades de producción de los equipos de línea, necesitamos conocer y determinar los consumos de los servicios auxiliares y procesos (energía, refrigeración, aire comprimido, etc.) que intervienen en la producción de refrescos, actualmente no se tiene un balance real para todos estos servicios y procesos en la planta, por lo que se necesita formular esos consumos y así poder determinar la capacidad de producción real y óptima.

OBJETIVOS.

En base a lo anterior, este trabajo de investigación abarca formular los consumos de los servicios auxiliares y procesos, para determinar la capacidad de producción instalada, y poder determinar un volumen máximo de producción.

Así como también realizar un balance de todos estos servicios, en función del volumen de producción para poder determinar el nivel máximo de producción, y poder establecer nuevas condiciones de operación para cada línea de producción para incrementar el volumen actual de producción en función de la demanda de refrescos, sin la necesidad de requerir una inversión en infraestructura,

Objetivos específicos.

- Determinar la capacidad instalada de servicios auxiliares y procesos.
- Determinar la capacidad instalada de los equipos de línea para determinar el volumen de producción.

- Conocer el nivel real de producción, así como el nivel óptimo de producción, en función a la capacidad instalada de servicios auxiliares y procesos.
- Presentar los diferentes escenarios en función a una demanda estimada de refrescos, y determinar el más óptimo.

Metodología de investigación.

Como primera etapa, necesitamos conocer las velocidades de producción para los equipos de línea en la planta, para realizar este punto, es necesario realizar un levantamiento de los equipos con las velocidades catálogo que tengan cada uno de ellos, para determinar la capacidad instalada de los servicios auxiliares y procesos, primero es necesario que servicios auxiliares, y que procesos intervienen en la producción de refrescos, la cual se explica más adelante, una vez que conocemos esos servicios y procesos, procedemos a levantar las capacidades de los equipos para servicios y procesos.

Una vez conocidos los datos anteriores, procedemos a formular cada servicio y procesos, y así podremos determinar la capacidad de producción máxima de la planta en función de los servicios auxiliares y procesos.

Mediante la formulación propuesta y conociendo un determinado volumen de producción, se podrá determinar si es posible o no, la producción de ese volumen de refresco, sin inversión en infraestructura.

CAPÍTULO 1

Situación actual del refresco en México

1.1. Breve historia de las bebidas carbonatadas en México.

El refresco en México entró en 1898, pero es hasta 1915 cuando se empieza a comercializar en botellas individuales, En 1926 el refresco de cola empezó a embotellarse en las ciudades de Tampico, Monterrey, Saltillo, Chihuahua, Guadalajara y Mérida. En 1928 se embotella en Puebla y San Luis Potosí y en 1932 se embotella en el Distrito Federal por casa Mundet hasta 1936, año en que termina el contrato y surge Industria Embotelladora de México S.A. La embotelladora de San Luis Potosí desaparece y esa ciudad se queda sin planta hasta 1942 cuando el refresco costaba 15 centavos.

Para 1998, con el desplome del precio del petróleo, un litro del crudo mexicano de exportación –la principal fuente de ingresos para el gobierno– valía casi 10 veces menos que uno de refresco de cola. Para inicios de la presente década la compra de alta fructosa proveniente del maíz transgénico de los Estados Unidos era sustituida por el azúcar de caña, lo que contribuyó a agudizar la crisis del sector azucarero en el país.

Actualmente los refrescos de cola han capturado el 80% del mercado en México, el más grande del mundo después del mercado de los Estados Unidos. Los mexicanos consumen más refrescos que cualquier país del mundo.

1.2. Situación actual de la demanda de refrescos en México.

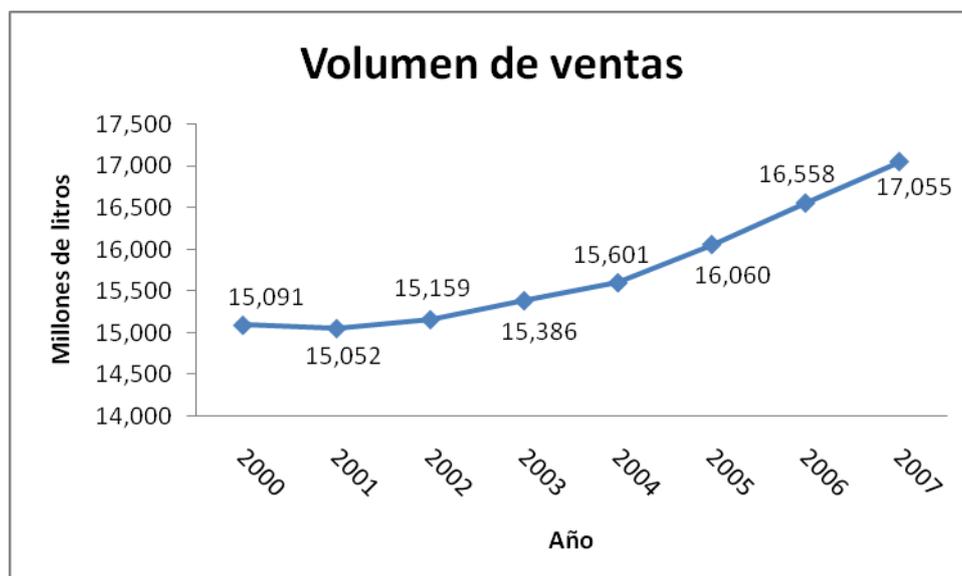
Actualmente México es un mercado potencial de consumo de refrescos, ya que está como segundo consumidor y productor a nivel mundial, consumiendo anualmente cerca de 16,558 millones de litros de refresco, esto es aproximadamente 2,917 millones de Cajas Unidad (24 botellas de 237 mL).*

Tan sólo en el 2006 se observó un crecimiento del 3.1% en comparación con el 2005, este crecimiento ha sido tendencial a lo largo de los últimos 5 años.**

VOLUMEN DE VENTAS DE REFRESCOS Y AGUAS CARBONATADAS.**

(Cifras en millones de litros).

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Volumen de ventas	15,091	15,052	15,159	15,386	15,601	16,060	16,558	17,055
Incremento%	4.2	-0.3	0.7	1.5	1.4	2.9	3.1	3



*24 botellas de refresco de 237 mL, es el equivalente a una caja unidad.

**Fuente: Asociación Nacional de Productores de Refrescos y Aguas Carbonatadas, A.C.

Como se ve en la información anterior, nuestra capacidad instalada en la planta embotelladora deberá crecer a un 3%-4% de forma anual para poder satisfacer el porcentaje de la demanda total de bebidas carbonatadas, cabe destacar, que a pesar de ser indicadores de consumos nacionales, cada planta debe de producir en función a esas tasas de crecimiento de consumo de refresco.

Actualmente las preferencias para el consumo de bebidas carbonatadas por el tipo y tamaño de envase están descritas en la siguiente tabla.

	2003	2004	2005	2006
RETORNABLES	36.30%	35.40%	31.40%	29.50%
Hasta 192 ml	0.20%	0.20%	0.10%	0.10%
De 295 a 355 ml	9.30%	8.20%	6.30%	5.60%
De 400 a 500 ml	7.60%	6.70%	5.80%	5.40%
1 Litro	0.40%	0.30%	0.60%	0.60%
1.25 Litros	0.10%	0.10%	0.05%	0.60%
1.5 Litros	0.30%	0.20%	0.10%	0.20%
2 Litros	14.30%	8.60%	7.70%	6.60%
2.5 Litros	4.10%	11.00%	10.70%	10.40%
NO-RETORNABLES	63.70%	64.60%	68.60%	70.50%
Hasta 250 ml	1.40%	1.20%	1.10%	1.10%
355 ml	0.60%	0.60%	0.60%	0.50%
De 400 a 500 ml	3.50%	3.90%	4.00%	4.00%
600 ml	18.60%	17.10%	18.50%	18.40%
710 a 769 ml	0.00%	1.20%	1.20%	0.90%
1 Litro	5.30%	5.10%	4.80%	4.70%
1.5 Litros	1.90%	2.40%	1.70%	2.00%
2 Litros	15.00%	10.80%	9.70%	9.80%
2.5 Litros	9.10%	12.40%	17.20%	18.00%
3 Litros	0.90%	2.30%	2.80%	4.20%
Lata	4.80%	5.20%	5.20%	5.00%

Como se puede observar en la tabla anterior, la tendencia del mercado hacia las presentaciones no retornable se ha ido incrementando en comparación con las Retornables, y como se puede observar, los tamaños que más se consumen en no retornables, son: 600 mL, 2.5 L, 2 L, Lata (355 mL), y un litro.

En el caso de los Retornables, las preferencias del mercado son: 2.5 L, 2 L, 355mL y 500mL.

En base a estos indicadores anteriores podemos decir que la demanda de bebidas carbonatadas en México, ha ido creciendo año tras año, lo cual nos crea la necesidad de hacer más eficientes los procesos en la elaboración de bebida, con la finalidad de satisfacer al mercado manteniendo precios y calidad competitiva.

En base a lo anterior, el trabajo de investigación se enfocará para los refrescos no retornables, y para los tamaños de 600 mL, 2.5 L, 2 L, Lata (355 mL), y un litro.

1.6. Riesgos.

Los riesgos que se están considerando, son que las capacidades instaladas de servicios auxiliares y procesos son medidas en horas, y que se considera que la planta puede trabajar 24 horas al día pero realmente no trabaja esas 24 horas continuas debido a tiempos programados de paros como son, la limpieza de los equipos, el tiempo de mantenimiento preventivo y correctivo, y los días no laborables, en base a estos criterios, se considera que de las 720 horas al mes (24 horas al día y 30 días al mes) para la producción, solo podremos utilizar un máximo de 600 horas al mes, asignando así, 120 horas al mes para todas esas variables.

CAPÍTULO 2.

Diagnostico de la
situación actual

2.1. Descripción del proceso de producción de bebidas carbonatadas.

➤ SOPLADO.

Es la parte inicial de nuestro proceso de producción, aquí la botella es fabricada y transportada hacia nuestra línea de producción por medio de transportadores neumáticos.

➤ RINSER.

Este proceso es donde la botella se lava y se esteriliza por medio de limpiadores de ozono, una vez esterilizada, sigue por los transportadores que llevan la botella al siguiente punto.

➤ CARBONATADOR.

Esta máquina es donde se realiza la mezcla entre el concentrado de la bebida, la receta que se este utilizando y el CO₂.

➤ LLENADORA.

Es la máquina más importante en nuestro proceso, es aquí donde la botella es llenada por medio de unas válvulas que funcionan por medio de la gravedad, una vez que se llena cada botella, es colocada en transportadores para que continúe en la línea de producción.

➤ CAPSULADOR.

Es aquí donde se tapa la botella, esta máquina es un carrusel que toma la botella que ya viene llena y la va tapando, luego la deposita en transportadores neumáticos.

➤ INSPECTOR DE NIVEL.

Este dispositivo electrónico está colocado alrededor de nuestros transportadores neumáticos, y cada que pasa una botella, se checa por medio de sensores el nivel de bebida en la botella, de no ser el adecuado, esta botella es rechazada, y se manda a otro transportador neumático.

➤ WARMER.

Esta etapa en el proceso de producción, consiste en secar la botella por medio de vapor, la máquina es un túnel cerrado donde van pasando las botellas por medio de transportadores, al salir la botella lo hace completamente seca.

➤ CODIFICADOR.

Este dispositivo electrónico sirve para marcar la botella, esta codificación es para su manejo en inventario, esta máquina, es una caja electrónica y va marcando botella por botella.

➤ ETIQUETADORA.

Es aquí donde se pone la etiqueta a la botella, se hace por medios de bobinas, la botella pasa por esta maquina, comienza a girar y se va enrollando la etiqueta, cuando acaba un ciclo se corta por medio de calor y se pega la etiqueta a la botella. Este tipo de etiquetado es conocido como "Etiquetado de bobina".

➤ EMPACADORA.

La función de esta máquina es acomodar las botellas para formar los paquetes que se está elaborando (4, 6, 8, 9, 12, 16, 24 pack), una vez que se tienen las botellas en la posición deseada, se arma una caja en esta máquina, para que sea colocada a nuestro paquete que estamos armando.

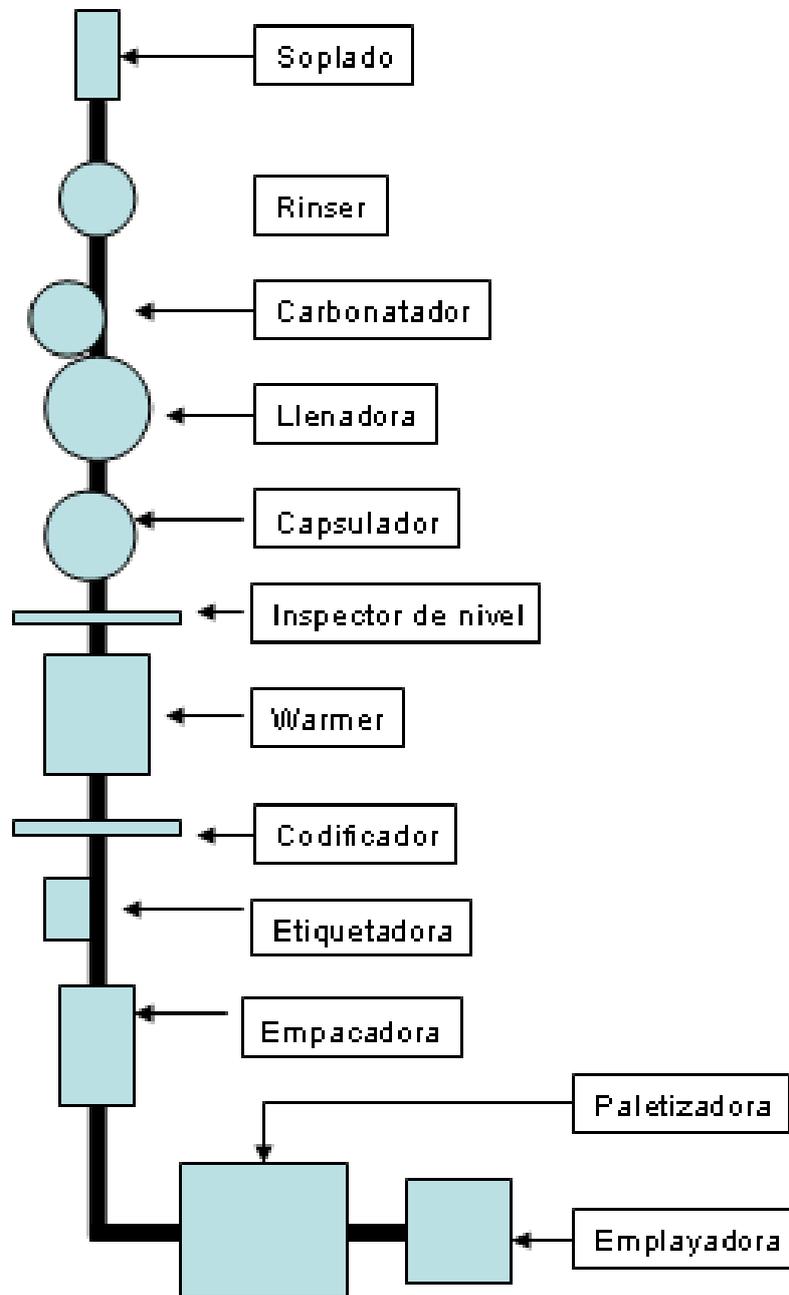
➤ PALETIZADORA.

Este punto del proceso de producción, es donde los packs antes armados, son acomodados por medio de un robot en las tarimas.

➤ EMPLAYADORA.

Esta es la última etapa de nuestro proceso de producción de bebida, una vez que están armadas las tarimas, se procese a forrar la tarima con un film de plástico para evitar que se caigan o desacomoden cuando se están preparando para el embalaje.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACIÓN DE REFRESCO

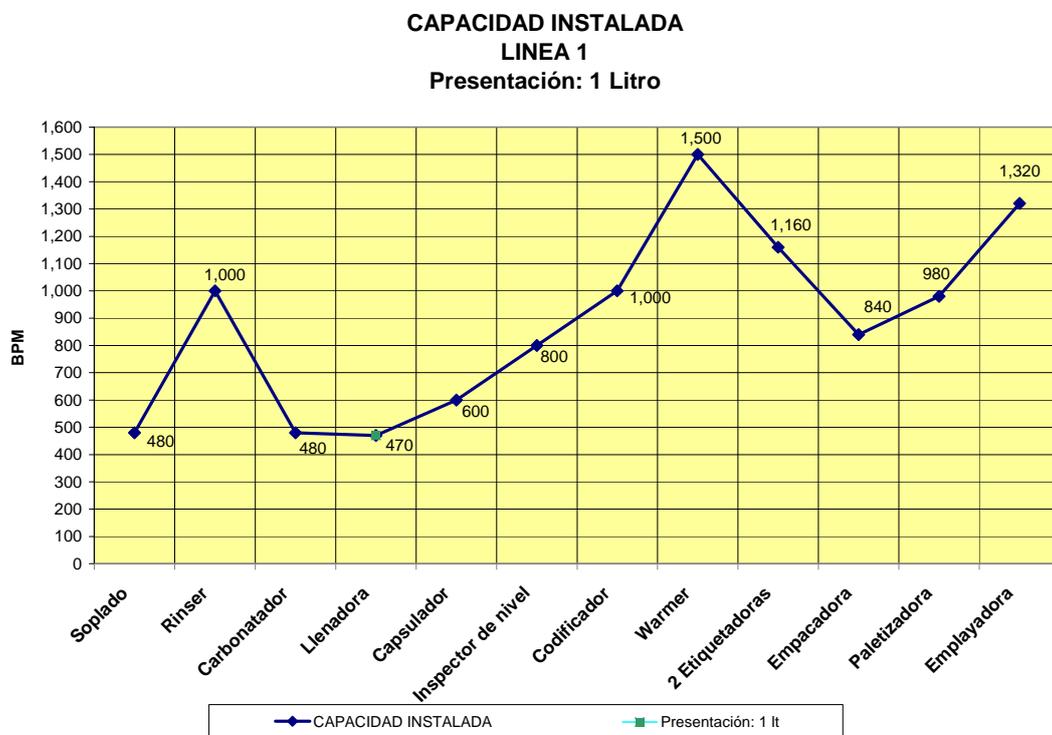


2.2. Capacidad instalada en equipos de línea. (Velocidades).

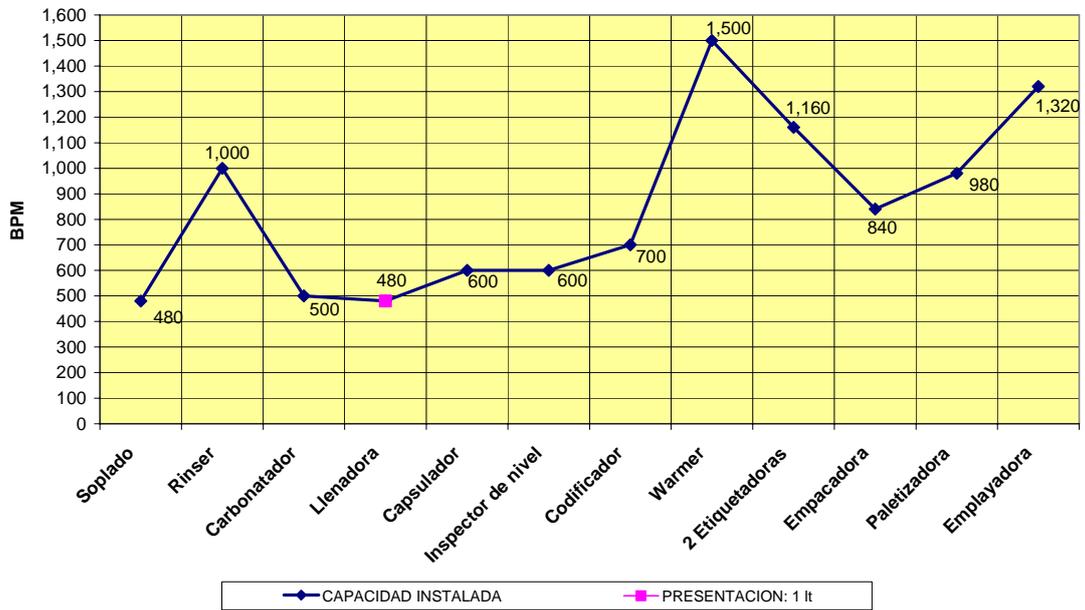
A continuación se procedió a medir la capacidad instalada de los equipos de línea, cada equipo maneja unidades de medida en botellas por minuto, la forma en que se presentan estas capacidades es grafica, una vez determinada esas velocidades, se determinará la capacidad máxima de producción para los equipos de línea.

A pesar de que cada línea es capaz de producir diferentes tamaños de refrescos, consideramos el más importante, es decir aquel que tiene asignado el mayor número de horas al mes.

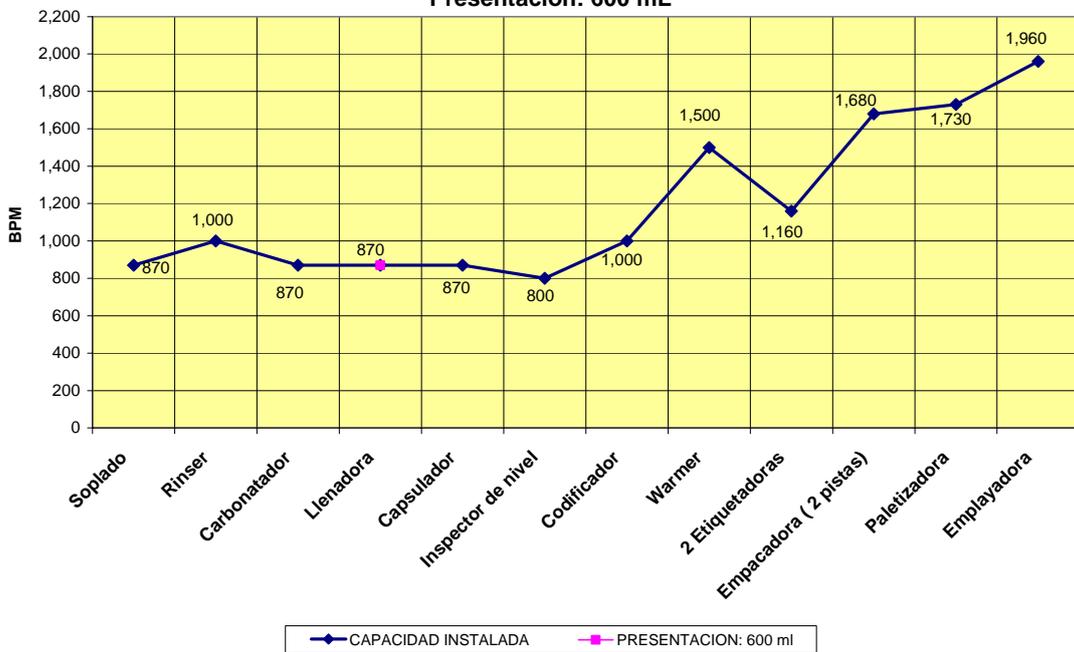
Se presentarán de forma gráfica las 7 líneas de producción analizadas, al final de las graficas, se obtendrá un cuadro resumen para el cálculo de la capacidad máxima de cada línea, así como una memoria de cálculo de una línea.



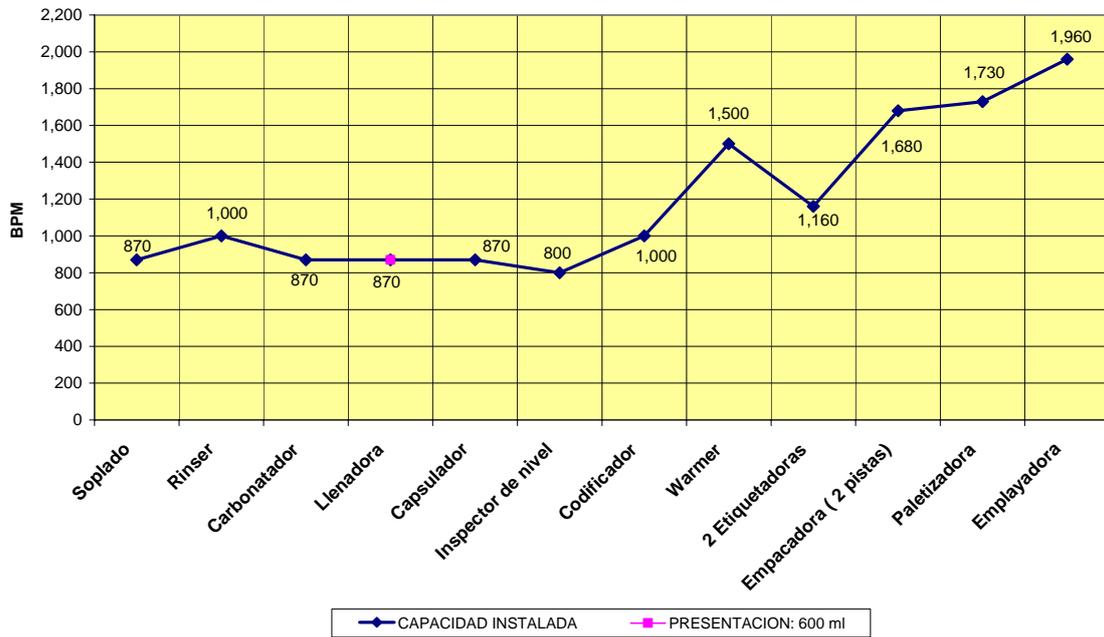
**CAPACIDAD INSTALADA
LINEA 2
Presentación: 1 litro**



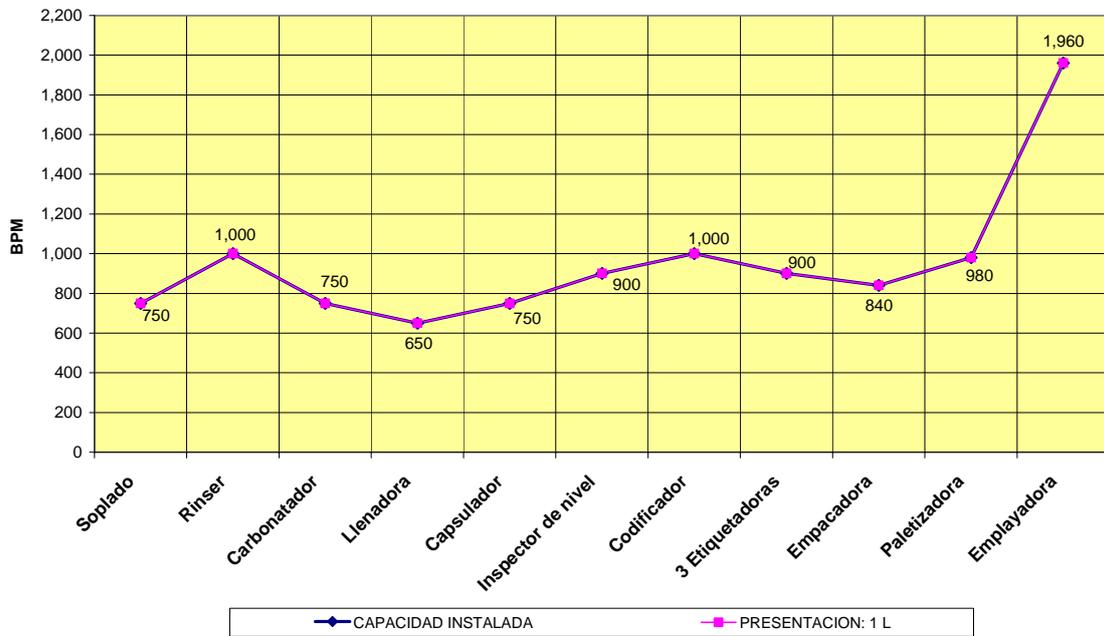
**CAPACIDAD INSTALADA
LINEA 3
Presentación: 600 mL**



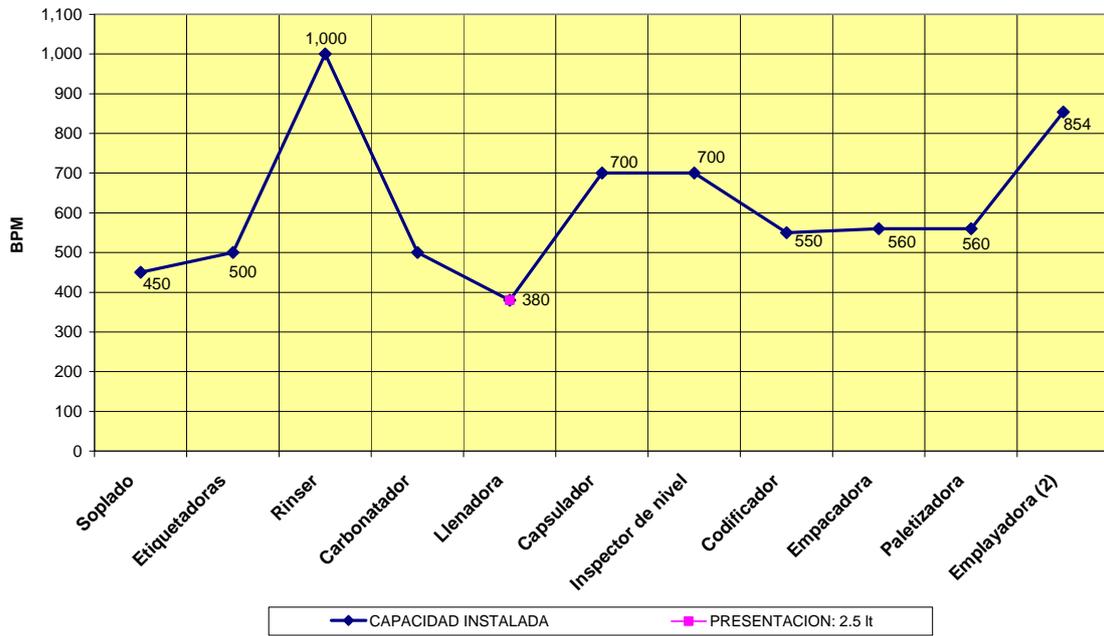
**CAPACIDAD INSTALADA
LINEA 4
Presentación: 600 mL**



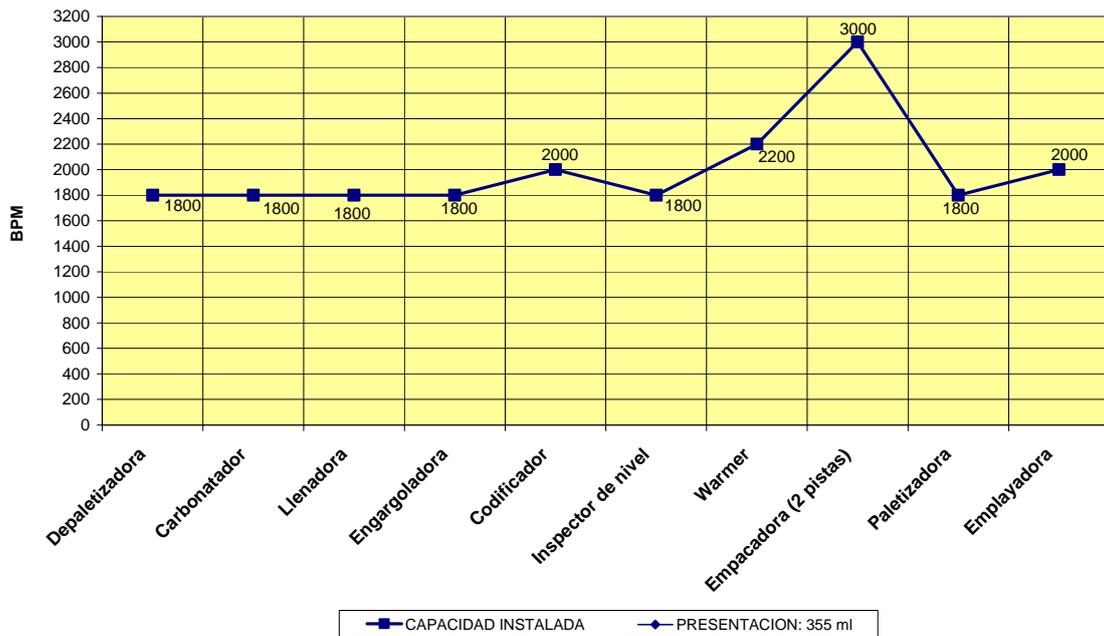
**CAPACIDAD INSTALADA
LINEA 5
Presentación: 1 L**



**CAPACIDAD INSTALADA
LINEA 6
Presentación: 2.5 L**



**CAPACIDAD INSTALADA
LINEA 7 (LATA)
Presentación: 355 mL**



El punto crítico de nuestro proceso es la llenadora, y por ser el más lento, se determina la capacidad de producción de las líneas con la velocidad de ese equipo, para la planta se tienen los siguientes resultados:

CAPACIDAD ESTIMADA DE LAS LINEAS DE PRODUCCIÓN							
Velocidad nominal de las líneas analizadas							
	Presentación (mL)	BPM	BPH	C.U. / hr	C.U. / MES	C.U. / AÑO	MM C.U./AÑO
LINEA 1	1000	470	28,200	4,967	2,532,934	30,395,210	30.4
	2000	300	18,000	6,340	3,233,533	38,802,395	38.8
LINEA 2	1000	480	28,800	5,072	2,586,826	31,041,916	31.0
	2000	280	16,800	5,918	3,017,964	36,215,569	36.2
LINEA 3	600	870	52,200	5,516	2,813,174	33,758,084	33.8
	710	870	52,200	6,527	3,328,922	39,947,066	39.9
LINEA 4	600	870	52,200	5,516	2,813,174	33,758,084	33.8
	500	870	52,200	4,597	2,344,311	28,131,737	28.1
LINEA 5	1000	650	39,000	6,869	3,502,994	42,035,928	42.0
	2500	400	24,000	10,567	5,389,222	64,670,659	64.7
LINEA 6	2500	380	22,800	10,039	5,119,760	61,437,126	61.4
	2000	420	25,200	8,876	4,526,946	54,323,353	54.3
LINEA 7	355	1800	108,000	6,752	3,443,713	41,324,551	41.3
	237	1800	108,000	4,508	2,299,042	27,588,503	27.6
EFICIENCIA	85%				CAPACIDAD TOTAL	273.8	
HORAS/MES	600						

Memoria de cálculo para la línea 1:

1.- $BPH = 470 \text{ BPM} \times 60 \text{ minutos} = 28,800$

2.- $C.U. / Hr = \frac{28,200 \text{ BPH} \times \left(\frac{1000 \text{ mL}}{1000}\right)}{5.678} = 4,967$

3.- $C. U. / Mes = 4,967 \text{ C.U. / Hr} \times 600 \text{ horas/Mes} \times 85\% \text{ eficiencia} = 2,532,934$

4.- $C. U. / Año = 2,532,934 \text{ C.U./Mes} \times 12 \text{ meses} = 30,395,210$

5.- $MM \text{ de C. U. / Año} = \frac{30,395,210 \text{ C.U./Año}}{1,000,000} = 30.4$

Como ya se vio anteriormente, cada línea puede trabajar como máximo 600 horas / mes.

La eficiencia se considera a un 85 %, esto es debido a que se tienen mayores tiempos de producción.

En base a los cálculos antes realizados, se llega a la conclusión de que la capacidad de producción de nuestras líneas de producción es de:

273.8 MM de Cajas Unidad al año, bajo las condiciones antes mencionadas.

Ahora bien, necesitamos conocer la capacidad instalada de servicios auxiliares y procesos para un determinado volumen, el volumen de producción que se utilizará, es el que reportó la planta para el 2008, que fue de 160 MM de C.U./Año, a partir de este volumen de producción, se calcularán los consumos de servicios auxiliares y procesos, y se realizará el balance de estos servicios, para determinar el nivel óptimo y máximo de producción de las líneas de producción, dicho esto, necesitaremos realizar una respectiva formulación referida a un flujo de bebida en las líneas de producción.

A continuación, clasificaremos y entenderemos nuestros servicios auxiliares y nuestros procesos que van ligados a las líneas de producción.

2.3. Clasificación de Servicios auxiliares y procesos.

A continuación se presenta la clasificación de los servicios auxiliares que se requieren para poder operar las líneas de producción, así como los procesos que intervienen (Puntos en los que nuestra materia prima o producto, sufre de alguna transformación).

Servicios auxiliares:

- ✓ Energía eléctrica.
- ✓ Refrigeración. (Compresión y condensación)
- ✓ Vapor.
- ✓ Aire comprimido.
- ✓ Dióxido de carbono (CO₂).
- ✓ Soplado.

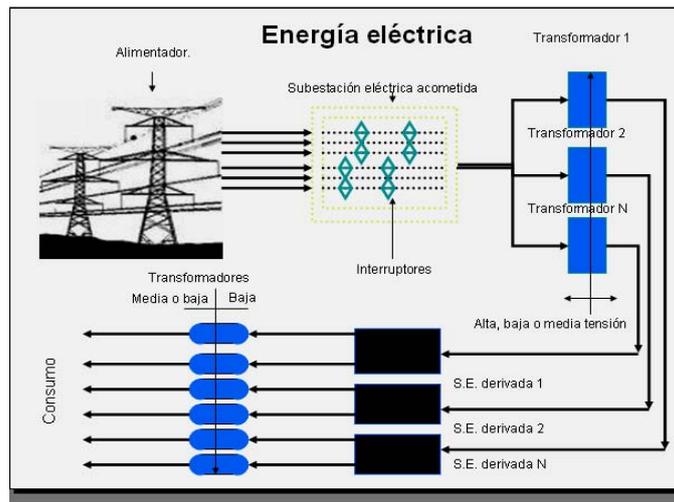
Procesos en las líneas de producción.

- ✓ Jarabe simple y clarificado (transformación de azúcar).
- ✓ Fructosa (HFCS).
- ✓ Jarabe terminado (mezcla de concentrados y jarabes).
- ✓ Agua tratada (es el agua que usamos para llenar las bebidas).
- ✓ Agua suavizada (es el agua que se usa para los equipos de línea).

SERVICIOS AUXILIARES.

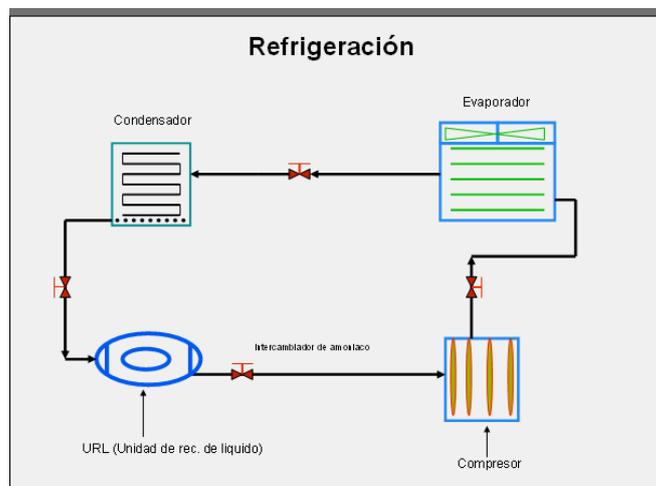
- Energía eléctrica.

El servicio auxiliar con el que empezamos, es energía eléctrica, es medida en KVA/ hr, y la lectura de la capacidad máxima, la determinamos a partir de los transformadores, a continuación se muestra el diagrama de energía eléctrica.



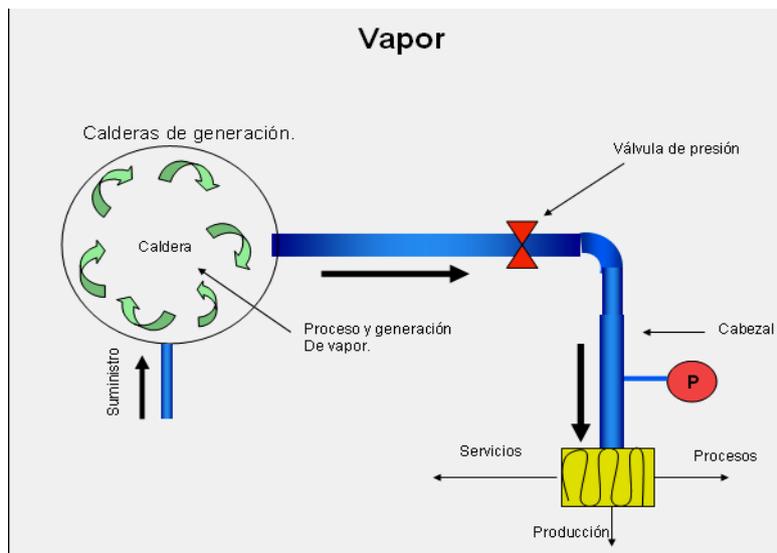
- Refrigeración.

El sistema de enfriamiento consta de 4 equipos, y las unidades de medidas son las TR (compresión) y TR (Condensación), la capacidad de compresión se determina a partir del compresor - evaporador, y la condensación esta instalada en el condensador, cada planta puede tener uno o más sistemas de refrigeración, esto depende de la capacidad de producción.



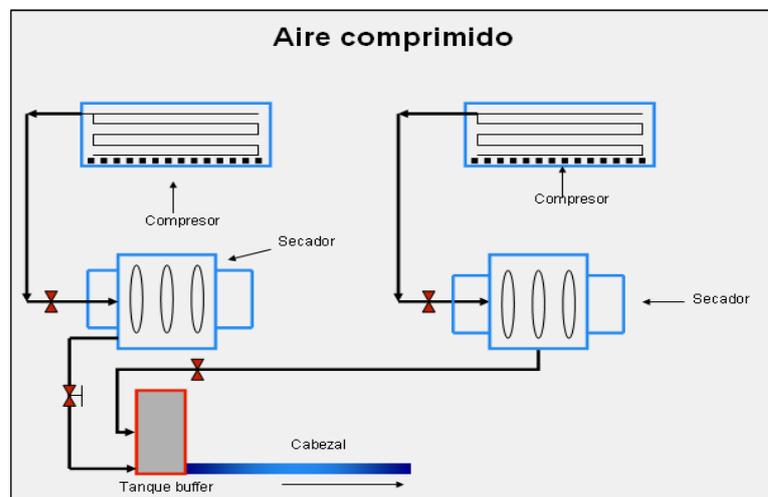
- Vapor.

El servicio de vapor, lo generamos por medio de calderas, es medido en Kg/hr de vapor, y está determinado nominalmente por cada caldera que exista en la planta.



- Aire comprimido.

El aire comprimido, se genera a través de un compresor- secador, y es enviado a un tanque buffer, este último es para regular la presión, el aire comprimido en las plantas se mide en CFM ó CFH, se determina la capacidad instalada a partir del compresor, se considera que no hay pérdidas en el proceso de generación de aire comprimido.



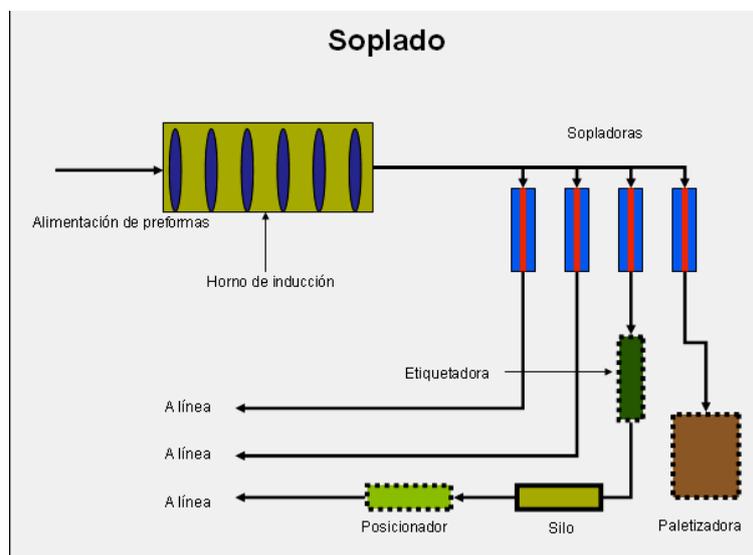
- Dióxido de carbono (CO₂).

El CO₂, sirve para gasificar la bebida, en cada planta, existen tanques de almacenamiento de CO₂, lo que nos interesa saber es la capacidad de almacenamiento, y poder determinar las horas de stock que tendríamos con nuestros tanques, el CO₂, se mide en Kg.

- Soplado e inyección.

En este punto, sólo nos interesa saber cuántas botellas necesitamos para el envasado de nuestras bebidas, y no como se hace cada botella de PET (Polietilenteraftalato).

En este caso, la botella una vez que sufre del proceso de inyección y soplado, pasa directamente a las líneas de producción, es lo que se conoce como soplado en línea, es decir que cada botella que estemos llenando, es una botella más que necesita ser soplada y enviada a nuestra línea de producción.

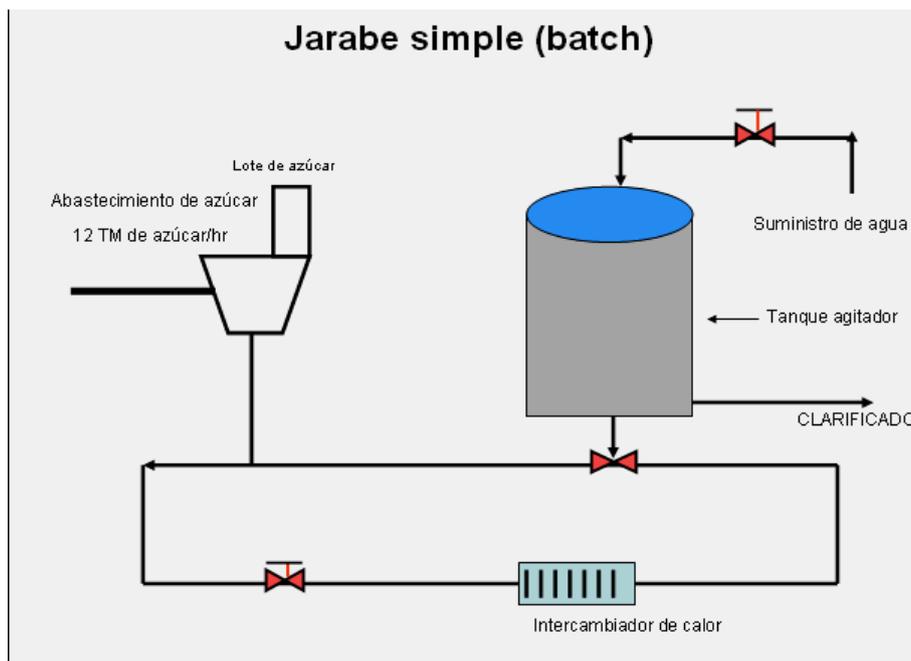


PROCESOS EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.

- Jarabe simple.

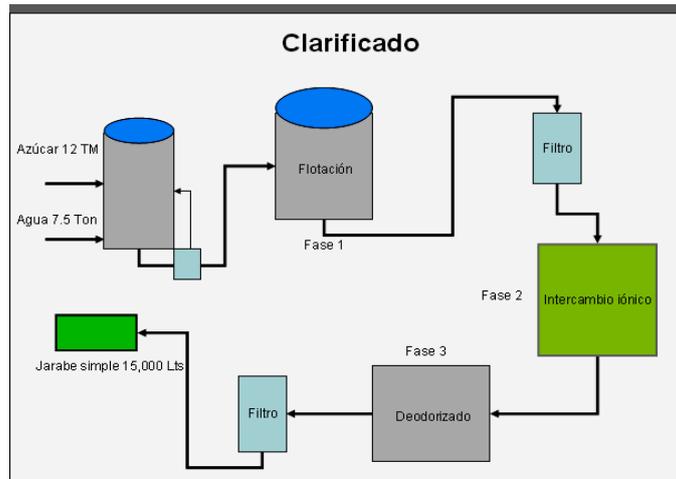
El siguiente proceso es la producción de Jarabe Simple por el sistema Batch, este sistema es realizado por medio de la disolución de azúcar, se requiere un suministro de azúcar a una tolva receptora, esta es enviada al tanque de agitación, es adicionado con agua, y después de un tiempo, tenemos un lote de J.S.

1 lote de J.S. es igual a 15,000 litros, y contiene 12 TM de azúcar y 7,500 litros de agua.



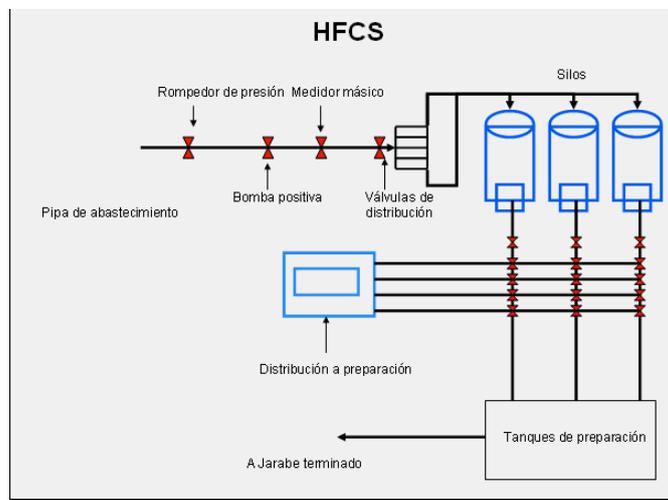
- Jarabe simple (Clarificado).

Este otro tipo de producción de Jarabe simple es el conocido como clarificado, es más sofisticado, ya que es un proceso continuo, el sistema produce un flujo de J.S. por hora, pero con las mismas características del lote (12 TM Azúcar, y 7,500 litros de agua), la ventaja de este proceso es que podemos manejar flujos más grandes de producción de J.S. por hora que mediante el sistema Batch.



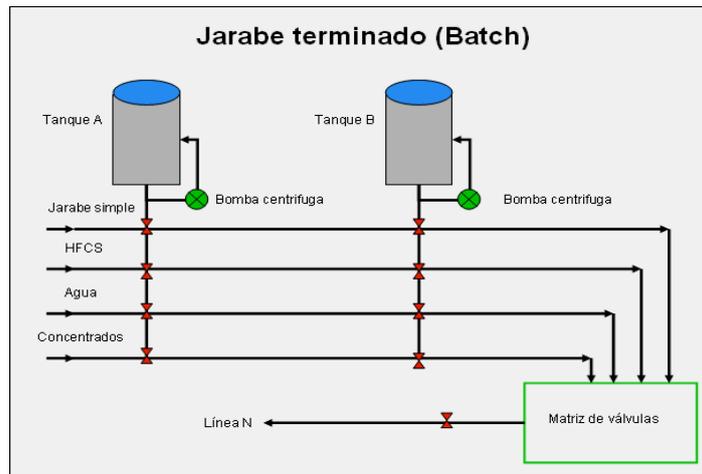
- Fructosa (HFCS).

La fructosa, es un sustituto del azúcar, la HFCS, es enviada por medio de bombas hacia nuestros tanques de preparación de bebida, es medida en lts/hr, la capacidad de transferencia de HFCS, la determinamos a partir de las bombas.



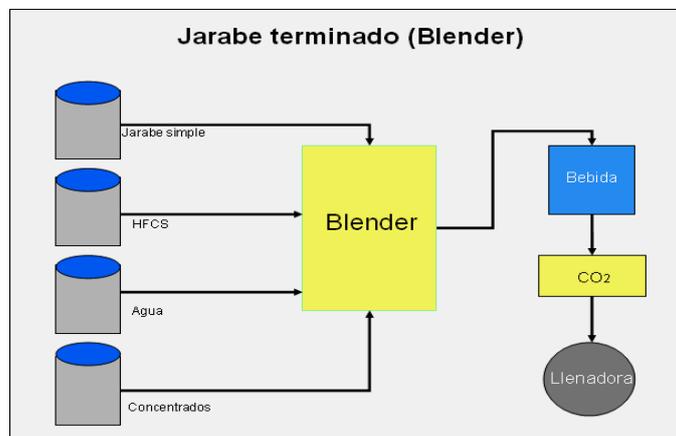
- Jarabe terminado.

El J.T. es realizado por medio de la mezcla de los ingredientes que requiera el tipo de receta a producir, se adicionan los ingredientes que lleve la bebida, después se mezcla, y es enviado a las líneas de producción, los parámetros ya establecidos para un lote de J.T. son, 15,000 litros de jarabe simple, concentrados y agua, de lo anterior la cantidad de un lote de J.T. es de 16,500 litros.



- Jarabe terminado (Blender).

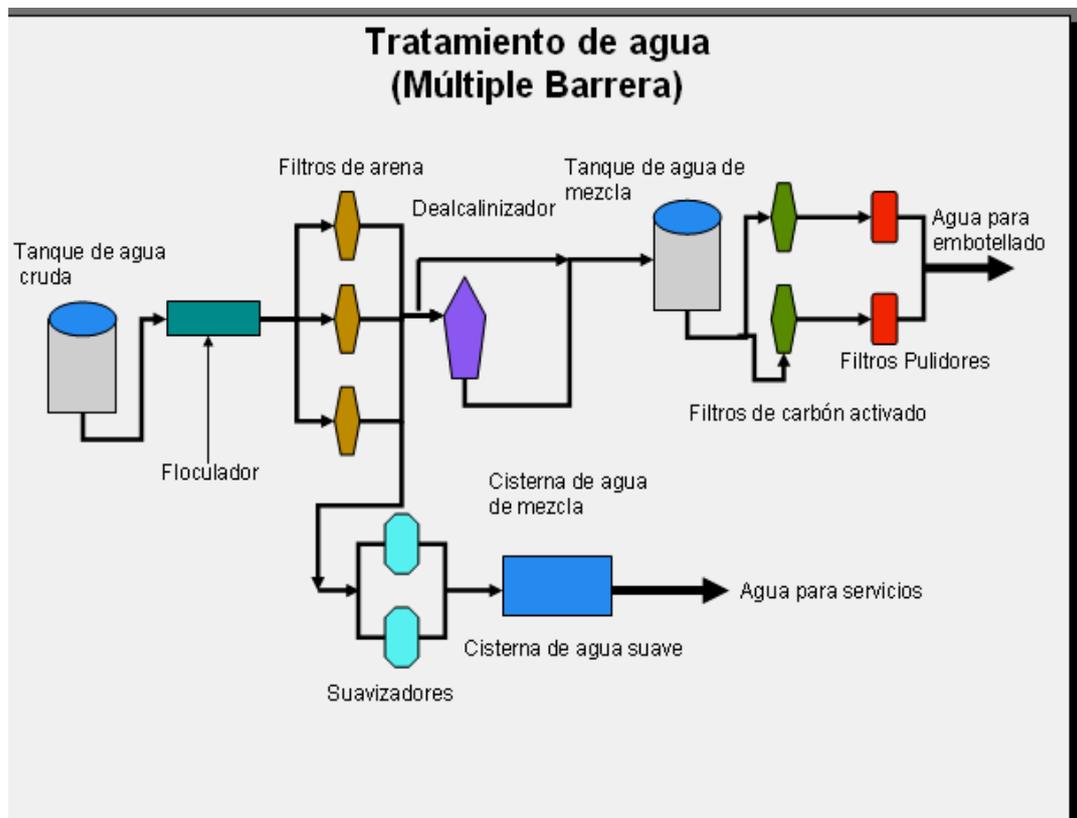
El siguiente proceso para la elaboración de jarabe terminado, es por medio de un Blender, este proceso consiste en suministrar a un tanque los ingredientes de la receta, y es mezclado y transferido en forma continua hacia nuestras líneas de producción, la capacidad instalada, es por diseño de equipo, es medida en litros / hr de J.T.



- Agua tratada y suavizada. (Múltiple barrera)

A continuación nuestra agua cruda requiere de ciertos tratamientos para poder ser utilizada, se usa el Tratamiento por Múltiple Barrera, obteniendo así agua para la elaboración de bebidas, y a su vez agua para procesos y/o servicios, esta última es conocida como agua suavizada.

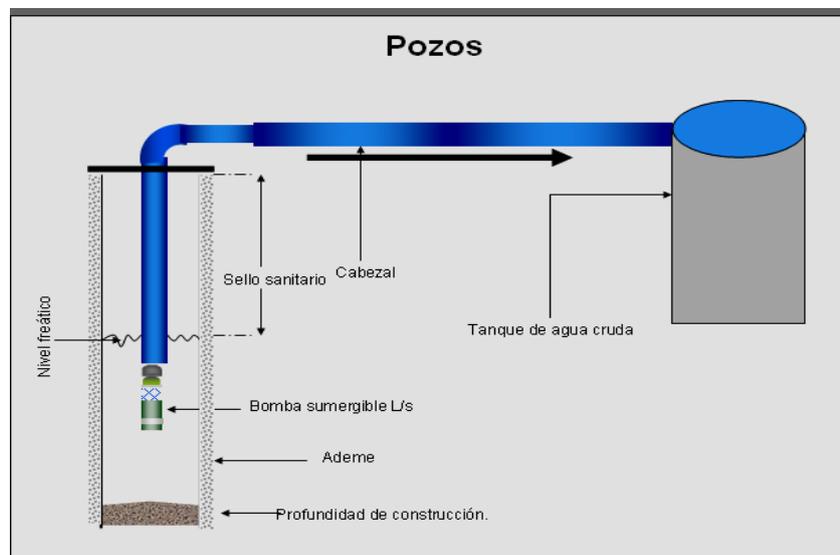
Podemos conocer nuestra capacidad de producción de agua tratada y suavizada, medida en m³/hr, el agua tratada la mediremos por el flujo que puedan dar los filtros pulidores, y el agua suavizada por medio del flujo de los suavizadores.



- Pozos.

Cada pozo que esté instalado en nuestra planta contiene una Bomba sumergible, que es la que nos da la capacidad de extracción del pozo, la capacidad de la producción de agua cruda está determinada por estas bombas, sin embargo está limitada por la concesión que se tenga para la extracción de agua por parte de La comisión Nacional del Agua (CNA).

El gasto de las bombas está dado en litros / s, y este gasto es el que nos interesa conocer para determinar esa capacidad instalada.



2.4. Capacidad instalada de servicios auxiliares y procesos.

A continuación se procede a medir la capacidad instalada de servicios auxiliares y procesos que existen en la planta embotelladora, se tienen los siguientes resultados:

ENERGIA ELECTRICA				
Subestación	Uso	Capacidad instalada (KVA)	Capacidad utilizada (KVA)	Porcentaje de Utilización
Subestación 1	Servicios y Edificios (Envasado)	5,000	3,295	66%
Subestación 2	Operaciones y pallets	750	105	14%
Subestación 3	Jarabes y Clarificado	4,000	3,100	78%
Subestación 4	Tratamientos de Agua y Planta Ecológica	1,000	881	88%
Subestaciones terceros				
Subestación 5	Terceros	6,500	4,612	71%
Subestación 6	Terceros	4,500	2,226	49%
Subestación 7				
TOTAL Embotelladora		10,750	7,381	61%
Total TERCEROS		11,000	6,838	60%
CARGA CONTRATADA (KVA)		20,625		

Para el levantamiento en la parte de energía eléctrica, nos interesa conocer la capacidad instalada en cada subestación y/o transformador eléctrico, estos datos se obtienen directamente del equipo. Para la parte de energía eléctrica por terceros, vemos que tienen una instalación eléctrica, sin embargo por políticas de empresas, no podemos hacer uso de esa instalación eléctrica, sin embargo la energía eléctrica utilizada total, si impacta en nuestra concesión de energía eléctrica por parte de Luz y Fuerza del Centro o CFE.

REFRIGERACION (Compresión)					
# Compresores	Tipo	Marca	Modelo	Capacidad/ Compresor (Ton.)	Utilización
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	160 VLD	248	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	160	214	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	160	183	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	160 VLD	162	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	160	150	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	N200 SVD	496	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	N200 SVD	257	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	N200 SVD	220	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	N8WB	110	100%
TOTAL				2,040	

Se están midiendo las capacidades de los compresores en Toneladas Lineales, su utilización siempre es de un 100% ya que al encender un compresor nos genera las Toneladas de Refrigeración por diseño, y no pueden ser ajustadas, esta capacidad se mide directamente de los equipos instalados en la planta piloto.

REFRIGERACION (Condensación)				
# Evaporadores- Condensadores	Tipo	Marca	Capacidad/ Condensación (Ton.)	Porcentaje de Utilización
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	273	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	235	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	200	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	179	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	165	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	545	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	283	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	242	100%
Unidad de refrigeración	MYCOM	MYCOM	121	100%
TOTAL			2,243	

La segunda etapa consiste en los equipos compuestos por evaporador-condensador, estos equipos están en relación 1 a 1 con los compresores, es decir, que por cada compresor instalado debemos de tener al menos un evaporador-condensador, la capacidad de condensación también se mide en Toneladas Lineales y esta dado por el equipo.

VAPOR				
# Calderas	Marca	Capacidad/ Caldera (Kg/hr)	Capacidad instalada (Kg/hr)	Utilización
Caldera 1	Cleaver Brooks	9390	9390	70%
Caldera 2	Cleaver Brooks	9390	9390	70%
TOTAL		18,780	18,780	

El servicio auxiliar de vapor, necesitamos conocer los Kg / hr que podemos generar a partir de nuestras calderas. Se toma directamente a partir de las calderas que existan en la planta.

AIRE COMPRIMIDO					
Equipo	Marca	Modelo	CFM (compresor)	CFM	CFH
2 Compresor de aire lubricado	Ingersoll-Rand	SSR-EP150	670	1340	80,400
2 Compresor de aire seco	Ingersoll-Rand	Sierra-H100A	407	814	48,840
Compresor de aire seco	ELLIOTT	110DA3	1100	1100	66,000
Compresor de aire seco	Ingersoll-Rand	Centac C25014M3	1322	1322	79,320
CAPACIDAD INSTALADA				3,499	247,104

La capacidad instalada se mide en CFM, y se determinan a partir del compresor en CFM y las convertimos a CFH.

CO ₂							
Tanques	Capacidad (Ton)	Utilización	Cap. Real	Cap. Inst.Kg/hr	Consumo promedio mensual (Ton)	Abastecimiento (días)	3
2	80	80%	128	2,300	470	HR/DIA DE TRABAJO	20

Para la parte de CO₂, se toma en cuenta como primera etapa, la capacidad de almacenamiento que se tiene en la planta, después se considera el abastecimiento máximo en días en el cual se puedan llenar los tanques de nuevo, y una última, es la cantidad de horas máximas que trabaja la planta, con estos criterios se determina la capacidad instalada para CO₂ en horas que se tiene en la planta.

SOPLADO					
Línea	Equipos	Marca	Modelo	Capacidad BPH	Capacidad MM BPMES
L1	Sopladora 1	SIDEL	16 UNI	28,800	17.3
L2	Sopladora 2	SIDEL	24/S-1	28,800	17.3
L3	Sopladora 3	SIDEL	18/S-2	23,400	14.0
L3	Sopladora 4	SIDEL	24/S-1	28,800	17.3
L4	Sopladora 5	SIDEL	24/S-1	28,800	17.3
L4	Sopladora 6	SIDEL	18/S-2	23,400	14.0
L5	Sopladora 7	SIDEL	16/S-1	19,200	11.5
L5	Sopladora 8	SIDEL	14/UNI	25,200	15.1
L6	Sopladora 9	SIDEL	20/S-2	28,000	16.8
TOTAL				234,400	140.6

Necesitamos conocer la capacidad de fabricación de botellas, debido al cambio de escenarios en producción (mayor demanda de botellas), y determinar si es o no necesaria la ampliación de este proceso. La unidad de medida esta en BPM, y se tiene que llevar a MM BPM.

INYECCION				
Equipos	Marca	# de cavidades	Capacidad BPH	Capacidad MM BPM
Inyectora 1	HUSKY	96	30,000	54
Inyectora 2	HUSKY	96	30,000	54
Inyectora 3	HUSKY	144	26,600	48
TOTAL			86,600	156

El levantamiento en la parte de inyección, es importante para poder determinar un stock, para estos casos existen factores de stock que relacionan la cantidad de preformas en stock vs la capacidad de inyección, en este caso en particular es de 3:1, en pocas palabras, por cada preforma que se está inyectando, debe de haber al menos 3 preformas en stock.

EDULCORANTES				
CLARIFICADO BATCH				
CAP. INS. TANQUE (LTS)	15,000		HR	DIA
DIAS DE TRABAJO XMES	25	TM AZUCAR	8	168
HR DE TRABAJO DIA	20	LTS DE J.S.	10,500	210,000
LOTES X DIA	14			
CLARIFICADO CONTINUO				
FLUJO DE CLARIFICADO (LTS/HR)	15,000	TM AZUCAR	12	264
DIAS DE TRABAJO XMES	25	LTS DE J.S.	15,000	330,000
HR DE TRABAJO DIA	22			
		Tanque (Lts)	Cap. Inst. (Ton/día)	Cap. Inst. (Ton/hr)
Capacidad de clarificado de azúcar (Batch)		15,000	168	8
Capacidad de clarificado de azúcar (Continuo)		15,000	264	12
CAPACIDAD INSTALADA		30,000	432	20

Para determinar la capacidad instalada en términos de TM de azúcar, se requiere conocer el número de lotes que podemos fabricar al día, y a partir de esos lotes, conoceremos la capacidad de manejo de azúcar/hr,

HFCS					
EQUIPO	CAP. SILO LTS	BOMBAS DE DESCARGA			
		Cantidad	CAP. Lts/min	CAP. Kg/min	CAP. Ton/hr
SILO 1	180,000	1	375	293	18
SILO 2	180,000	1	375	293	18
SILO 3	105,000	1	375	293	18
SILO 4	105,000				
SILO 5	180,000				
SILO 6	180,000				
TOTAL	930,000	TOTAL	1,125	878	53
FACTOR DE CONVERSION DE BASE HUMEDA A BASE SECA					0.78

Es necesario medir la capacidad de descarga de HFCS a las líneas de producción, en base a lo anterior, se pudo determinar las Toneladas de HFCS que podemos enviar a líneas.

Se tiene un nivel de stock de 14 horas, considerando que toda nuestra producción es fabricada con HFCS.

JARABE TERMINADO		
JARABE TERMINADO BATCH		
CAPACIDAD DE TANQUES EN PLANTA		
LTS	16,500	33,000
FUJOS DE TANQUES DE 16,500		
	HR	DIA
TM AZUCAR	5	72
LTS DE J.T.	9,188	99,000
FLUJOS DE TANQUES DE 33,000		
TM AZUCAR	6	96
LTS DE J.T.	10,765	132,000
JARABE TERMINADO CONTINUO		
CAPACIDAD DE TANQUES EN PLANTA		
LTS/HR		30,000
TANQUES DE 35,000 LTS/HR		
TM AZUCAR	22	436
LTS DE J.T.	34,000	600,000
Capacidad de fabricación de jarabe terminado		
	Lts/día	Lts/hr
	861,000	53,953

Para el cálculo de la capacidad instalada en Jarabe Terminado, un lote de jarabe terminado es equivalente a tener un lote de jarabe simple, más concentrados y agua, dando un total de 16,500 litros de jarabe terminado, la capacidad se mide instantáneamente, es decir, que nos interesa conocer las capacidades de los tanques medidas en litros, se determina el flujo máximo que pueden dar en litros / hr simultáneamente, y para la parte de fabricación en continuo, el flujo máximo de fabricación de J.T. esta dado por diseño de la máquina.

	AGUA CRUDA		
	Cap. Prod.	Cap. Prod	Cap. Prod
	Lts/seg.	m3/hr.	Lts/hr.
Pozo 1	20	72	72,000
Pozo 2	37	133	133,200
Pozo 3	25	90	90,000
Pozo 4	50	180	180,000
Total	132	475	475,200

CONCESION POR CNA			
M ³ /AÑO concedidos para extracción			
POZO 1	POZO 2	POZO 3	POZO 4
3,100,000.00			
	TOTAL	414	M3/hr
	TOTAL	413,996	Lts/hr

La capacidad instalada en la extracción de agua cruda, se determina a partir de las bombas sumergibles, cabe mencionar que existe una concesión por parte de CNA, y no podemos extraer más de lo que tenemos como concesión.

TRATAMIENTO DE AGUA		
Tipo de agua	Capacidad instalada m³/hr.	Capacidad utilizada m³/hr.
Producción de agua cruda	475	173
Producción de agua permeada 1	24	24
Producción de agua permeada 2	40	40
Producción de agua suavizada 1	54	54
Producción de agua suavizada 2	36	
Producción de agua mezcla	110	305
Producción de agua tratada 1	156	153
Producción de agua tratada 2	250	152
Producción de agua tratada 3	65	
Agua residual	1800m ³ /día	

	m³ /hr	Lts/hr
TOTAL AGUA CRUDA	475	475,000
TOTAL AGUA TRATADA	471	471,000
TOTAL AGUA SUAVIZADA	90	90,000

Nuestros sistemas de tratamiento de agua nos muestran la capacidad de producción del tipo de agua requerido para el proceso, esta capacidad está dada en m³ / hr, solamente se hace la conversión de unidades para llevar este flujo a lts/hr.

Los resultados de nuestra capacidad instalada de servicios auxiliares y procesos, se presentan a continuación.

SERVICIOS AUXILIARES		CAPACIDAD INSTALADA
ENERGIA ELECTRICA	KVA / HR	
INYECCION Y SOPLADO	KVA / HR	11,000
REFRIGERACION	TR (COMPRESIÓN)	2,040
	TR (CONDENSACIÓN)	2,243
VAPOR	KG VAPOR / HR	18,780
AIRE COMPRIMIDO	FT3/HR	247,104
CO2	KG CO2 / HR	2,300
SOPLADO	MM BOT / MES	140.6
PROCESOS		
J.S. / CLARIFICADO	TM AZUCAR / HR	20
HFCS	TON B.S. HFCS/HR	53
JARABE TERMINADO	LTS/HR	53,953
AGUA TOTAL	LTS/HR	475,200
AGUA TRATADA (BEBIDA)	LTS AGUA / HR INSTANTANEA	471,000
AGUA SUAVIZADA	LTS AGUA/HR	90,000
EXCEDENTE DE AGUA	LTS AGUA/HR	NA*
POZOS Y/O RED MUNICIPAL	LTS AGUA / SEG	132
	LTS AGUA / HR	475,200

* NA: No aplica a ese servicio, ya que no hay forma de determinar una capacidad instalada.

CAPÍTULO 3

Resultados y análisis de la situación actual

3.1. Balance de servicios auxiliares y procesos en función de la producción actual.

Como primera etapa de este trabajo de investigación, necesitamos formular los servicios auxiliares y procesos, todos estos deberán de estar en función al flujo de bebida que se tiene por línea, esta parte de la investigación, fue la que realicé y formulé para la planta embotelladora, dicha investigación tubo bastantes complicaciones, ya que muchos datos se tuvieron que calcular directamente con el o los proveedores de los equipos, por lo que en unos casos los consumos son estimados, y se consideraron por la experiencia de algunas personas en la planta.

Cada formula, la realicé y la validé con personal de planta, así como también con el consumo real de los servicios auxiliares y procesos, estas fórmulas tienen una confiabilidad del 95 % en comparación del consumo real que se tiene en la planta.

Para esta investigación, se necesitó del apoyo de diferentes áreas, como son, el área de planeación de infraestructura, el área de procesos, y el área de operaciones, esta investigación me llevó 175 horas aproximadamente, (35 horas a la semana y 5 semanas), dicho lo anterior, puedo concluir que esta formulación de servicios auxiliares y procesos, es la que se aplica a cualquier planta embotelladora, lo cual pretende estandarizar nuestros consumos de servicios y procesos, así como tener bases de datos que nos permitan comparar diferentes líneas de producción para estimar futuros consumos.

Formulación para los servicios auxiliares.

1.- Millones de cajas unidad / año.

$$\text{MM de C.U. / Año} = \left(\frac{\text{BPM} \times 60 \text{ Min} \times \text{Hrs/Mes} \times \text{Eficiencia} \times \left(\frac{\text{Presentación}}{5.678 \text{ L}} \right)}{1,000,000} \right) \times 12 \text{ Meses}$$

* Presentación: se refiere al tamaño de botella que está produciendo la línea.

2.- Millones de litros / mes.

$$\text{MM de Lts / Mes} = \frac{\text{MM de C.U. / Año} \times 5.678 \text{ L}}{12 \text{ Meses}} *$$

* 1 C.U. es equivalente a 5.678 litros de bebida

3.- Refrigeración.

$$\text{TR (Compresión)} = \left(\frac{\text{MM de Lts/Mes}}{\text{Hrs/Mes}} \times 1,000,000 \right) \times \left(\frac{\text{CP} \times \text{Densidad} \times \text{DeltaT}(\text{°C})}{\text{FactorKcal}} \right) *$$

* CP es la capacidad calorífica de la bebida (0.95).

* Densidad: es la densidad de la bebida final. (1.036).

* Delta T: es la diferencia de la temperatura ambiente (20°C) y la temperatura de llenado (6°C).

* Factor Kcal: para el caso de refrescos es de 3,024.

$$\text{TR (Condensación)} = \text{TR (Compresión)} \times 1.15 *$$

* La condensación es un 15% más que la compresión.

4.- Relación de jarabe terminado y agua.

$$\text{Lts de Agua (Bebida)} = \text{Flujo de bebida} - \text{J.T.}$$

$$\text{J.T.} = \text{Flujo de bebida} \div \text{Factor de relación agua - jarabe} *$$

* Los factores son: 4.1 para la elaboración de refrescos de sabor, y 5.4 para los refrescos de cola.

5.- Botellas al mes.

$$\text{MM de Botellas/ Mes} = \frac{\text{BPH} \times \text{Eficiencia} \times \text{Hrs/ Mes}}{1,000,000}$$

6.- Vapor.

$$\text{Kg de Vapor/ Hr} = \left(\frac{\text{Flujo de bebida} \times 5 \text{ Ton}}{25,000 \text{ L}} \right) \times 1,000^*$$

* Para un flujo de 25,000 litros, se tiene un consumo de 5 Ton de vapor.

7.- CO₂.

$$\text{Kg de CO}_2 / \text{Hr} = \left(\frac{\text{Flujo de bebida} \times 8.1 \text{ grs}}{1,000 \text{ grs}} \right)^*$$

* Por cada litro de bebida, necesitamos 8.1 grs de CO₂

8.- Aire comprimido.

$$\text{Aire Comprimido(CFH)} = \left(\frac{\text{Flujo de bebida} \times 250 \text{ m}^3}{18,000 \text{ L}} \right) \times 35.3 \text{ Ft}^3^*$$

* Para 18,000 litros de bebida se requieren de 250 m³ de aire comprimido y cada m³ son 35.3 ft³ de aire comprimido.

9.- Energía eléctrica.

$$\text{KVA/Hr} = \left(\frac{\text{Flujo de bebida} \times 500 \text{ KVA}}{18,000 \text{ L}} \right)^*$$

* Para un flujo de 18,000 litros, necesitamos de 500 KVA

Formulación para procesos.

Recetas:

La producción de cola se realiza con un 50% de azúcar y un 50% de HFCS, mientras que para producir refrescos de sabores, se utiliza 100% HFCS.

1.- Consumo de azúcar.

$$\text{TM Azúcar/Hr(cola)} = \frac{\text{litros de J.T.} \times 5.6 \text{ TM Azúcar}}{16,500 \text{ litros de J.T.}} *$$

*Para un lote de JT de 16,500 litros, se requieren de 5.6 TM de azúcar

2.- Consumo de fructosa.

$$\text{T. Base Seca de HFCS (cola)} = \frac{\text{litros de J.T.} \times 5.6 \text{ T. Base Seca de HFCS}}{16,500 \text{ litros de J.T.}} *$$

*Para un lote de JT de 16,500 litros, se requieren de 5.6 T. Base Seca de HFCS.

$$\text{T. Base Seca de HFCS (sabores)} = \frac{\text{litros de J.T.} \times 12 \text{ T. Base Seca de HFCS}}{16,500 \text{ litros de J.T.}} *$$

*Para un lote de JT de 16,500 litros, se requieren de 5.6 T. Base Seca de HFCS.

3.- Excedente de agua.

$$\text{Excedente de agua (Litros)} = \text{Litros de agua (bebida)} \times 33\% *$$

*La planta registra un excedente de agua de un 33 %, en relación al agua que va adentro de la botella.

4.- Consumo de agua.

$$\text{Agua total} = \text{Excedente de agua} + \text{Litros de agua (bebida)}$$

5.- Agua suavizada.

$$\text{Agua suavizada} = \text{Litros de agua (bebida)} \times 10\% *$$

*El consumo de agua suavizada, es de un 10% del agua que se ocupa en la bebida.

Bajo los parámetros que operan las líneas de producción en la planta piloto, se determinará un volumen de producción mensual y anual.

Una vez calculado ese volumen, se realizará el balance de servicios auxiliares y procesos para alcanzar ese volumen de producción, y determinar la utilización de servicios y procesos.

Las condiciones de operación son las siguientes:

Para determinar el flujo de agua se tiene para la línea 1:

1. Flujo de agua (Lts/hr) = $1000 \text{ mL} \times 450 \text{ BPM} \times 60 \text{ min} \times 70\%$
2. Flujo de agua (Lts/hr) = 18,900

CONDICIONES DE OPERACIÓN						
# De línea	SKU	Presentación ml	BPM	Eficiencia	Producción Hrs/mes	Flujo Lts/hr
Línea 1	COLA	1000	450	70%	504	18,900
Línea 2	COLA	1000	450	69%	480	18,630
Línea 3	COLA	600	800	69%	504	19,872
Línea 4	SABORES	600	750	69%	473	18,630
Línea 5	SABORES	1000	650	71%	498	27,690
Línea 6	SABORES	2500	330	61%	405	30,195
Línea 7	COLA	355	1700	72%	474	26,071

Se calculará el volumen de producción a partir de las condiciones actuales de operación.

Para la línea 1.

$$\text{➤ MM de C.U. / Año} = \left(\frac{450 \text{ BPM} \times 60 \text{ MIN} \times 504 \text{ HRS/MES} \times 70\% \times \left(\frac{1000 \text{ mL}}{5678 \text{ mL}} \right)}{1,000,000} \right) \times 12 \text{ Meses}$$

$$\underline{\text{MM de C.U. / Año} = 20.1}$$

$$\text{➤ MM de Lts / Mes} = \frac{20.1 \text{ MM de C.U. / Año} \times 5.678 \text{ L}}{12 \text{ Meses}}$$

$$\underline{\text{MM de Lts / Mes} = 9.5}$$

$$\text{Flujo Lts / Hr} = \frac{9.5 \text{ MM de Lts / Mes} \times 1,000,000}{504 \text{ Hrs / Mes}}$$

$$\text{Flujo Lts / Hr} = 18,900$$

$$\text{Metros}^3 \text{ de agua / mes} = \frac{\text{Agua total (20,482 L)} + \text{Agua suavizada (1,540 L)} \times 504 \text{ horas/mes}}{1,000}$$

$$\text{Metros}^3 \text{ de agua / mes} = 11,099$$

$$\text{Metros}^3 \text{ de agua / año} = 11,099 \text{ metros}^3 \text{ de agua / mes} \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Metros}^3 \text{ de agua / año} = 133,189$$

El siguiente cuadro muestra el volumen de producción que se tiene en la planta, vemos como es un volumen muy cercano al volumen que se registró para este año (160 MM de C.U. / Año).

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN				
# De línea	MM de CU/Año	MM L/Mes	M3 de agua/mes	m3 de agua/año
Línea 1	20.1	9.5	11,099	133,189
Línea 2	18.9	8.9	10,420	125,035
Línea 3	21.2	10.0	11,670	140,039
Línea 4	18.6	8.8	9,528	114,332
Línea 5	29.1	13.8	14,910	178,915
Línea 6	25.8	12.2	13,222	158,666
Línea 7	26.1	12.4	14,399	172,789
TOTAL	159.9	75.7	85,247	1,022,965

En base al volumen de producción de este año que es de 160 MM de C.U. y mediante la formulación de servicios auxiliares y procesos, se presenta el siguiente balance.

BALANCE PARA SERVICIOS AUXILIARES.

En base a la formulación que estoy proponiendo para los servicios auxiliares y procesos, realizaré el siguiente balance para determinar el consumo de los servicios auxiliares y posteriormente de los procesos.

Cálculos para la línea 1:

- **Compresión.**

$$\text{TR (Compresión)} = \left[\left(\frac{9.5 \text{ MM de L mes}}{504 \text{ Hrs/mes.}} \times \frac{1,000,000}{-} \right) \times \frac{0.95 * 1.036 * 14^{\circ}\text{C}}{3,024} \right] \div 70\%$$

$$\text{TR (Compresión)} = 123 \text{ TR}$$

- **Condensación.**

$$\text{TR (Condensación)} = \text{TR(Compresión)} \times 1.15$$

$$\text{TR (Condensación)} = 123 \text{ TR} \times 1.15$$

$$\text{TR (Condensación)} = 141 \text{ TR}$$

- **Flujo de bebida (Litros / hora).**

$$\text{Flujo de bebida} = \frac{9.5 \text{ MM de L mes} \times 1,000,000}{504 \text{ Horas / mes}}$$

$$\text{Flujo} = 18,900 \text{ litros/hora}$$

- **Litros de Jarabe Terminado.**

$$\text{L de JT} = \frac{18,900 \text{ Litros / hora}}{5.4}$$

$$\text{L de JT} = 3,500$$

- **L de agua (Bebida)**

$$\text{L de agua} = 18,900 \text{ L bebida} - 3,500 \text{ L de JT}$$

$$\text{L de agua} = 15,400 \text{ Litros}$$

- **MM de botellas/mes**

$$\text{MM de Botellas/mes} = (450 \text{ BPM} \times 60 \text{ min} \times 504 \text{ horas/mes} \times 70\%) \div 1,000,000$$

$$\text{MM de Botellas/mes} = 9.5$$

- **Kg de vapor/hr**

$$\text{Kg de Vapor/hora} = \frac{\left(\left(\frac{(9.5 \text{ MM de L} \times 1,000,000)}{504 \text{ Horas/mes}} \right) \times 0.5 \right)}{25,000} \times 1,000$$

$$\text{Kg de Vapor/hora} = 378$$

- **Aire comprimido Ft³/hr.**

$$\text{CFH} = \left(\frac{18,900 \text{ L de bebida} \times 250}{18,000} \right) \times 35.3$$

$$\text{CFH} = 9,266$$

- **Kg de CO₂/hr.**

$$\text{Kg CO}_2 = \left(\frac{(18,900 \text{ L de bebida} \times 8.1)}{1,000} \right)$$

$$\text{Kg CO}_2 / \text{Hora} = 153$$

- **KVA/hr**

$$\text{KVA/hr} = \left(\frac{(18,900 \text{ L de bebida} \times 500)}{18,000} \right)$$

$$\text{KVA/hr} = 525$$

Se realizan los cálculos para cada una de las líneas de producción y se presentan los siguientes resultados.

SERVICIOS AUXILIARES.									
# De línea	TR/HR (Refrigeración)		L de agua (Bebida)	L de JT	MM de botellas /mes	Kg de vapor/hr	Aire com. Ft3/hr	Kg de CO2/hr	KVA/hr
	Compresión	Condensación							
Línea 1	123	141	15,400	3,500	9.5	378	9,266	153	525
Línea 2	123	141	15,180	3,450	8.9	373	9,134	151	518
Línea 3	131	151	16,192	3,680	16.7	397	9,743	161	552
Línea 4	123	141	14,086	4,544	14.7	373	9,134	151	518
Línea 5	178	204	20,936	6,754	13.8	554	13,576	224	769
Línea 6	226	259	22,830	7,365	4.9	604	14,804	245	839
Línea 7	165	190	21,243	4,828	34.8	521	12,782	211	724
TOTAL	1,069	1,229	125,868	34,120	103.3	3,200	78,439	1,296	4,444

Balance para los procesos.

Cálculos para la línea 1:

- **TM de Azúcar.**

$$TM \text{ azúcar/hr} = \left(\frac{(3,500 \text{ L de JT} \times 5.6)}{16,500} \right)$$

$$TM_{\text{azúcar/hr}} = 1.2$$

- **Toneladas en Base Seca de HFCS (Fructosa).**

$$T. B. S. \text{ HFCS / hr} = \left(\frac{(3,500 \text{ L de JT} \times 5.6)}{16,500} \right)$$

$$T. B. S. \text{ HFCS/ hr} = 1.2$$

- **Agua total.**

$$\text{Excedente} = 15,400 \text{ L de agua} \times 33\% = 5,082$$

$$\text{Agua total} = 15,400 \text{ L de agua} + 5,082 \text{ litros}$$

$$\text{Agua total} = 20,482 \text{ litros de agua}$$

- **Agua suavizada**

$$\text{Agua suavizada} = 15,400 \text{ L de agua} \times 10\%$$

$$\text{Agua suavizada} = 1,540 \text{ L de agua suavizada}$$

Se realizan los cálculos para cada una de las líneas de producción y se presentan los siguientes resultados.

PROCESOS						
# De línea	Preparación de bebida 50%HFCS/50%Azúcar (refresco de cola)			Agua total		Agua suavizada
	Lts de JT	TM de azúcar	T B.S. HFCS	Excedente	Total	10%
Línea 1	3,500	1.2	1.2	5,082	20,482	1,540
Línea 2	3,450	1.2	1.2	5,009	20,189	1,518
Línea 3	3,680	1.2	1.2	5,343	21,535	1,619
	Preparación de bebida 100%HFCS (Sabores)			Agua total		Agua suavizada
	Lts de JT	TM de azúcar	T B.S. HFCS	Excedente	Total	10%
Línea 4	4,544	0.0	3.3	4,648	18,735	1,409
Línea 5	6,754	0.0	4.9	6,909	27,845	2,094
Línea 6	7,365	0.0	5.4	7,534	30,364	2,283
	Preparación de bebida 50%HFCS/50%Azúcar (refresco de cola)			Agua total		Agua suavizada
	Lts de JT	TM de azúcar	T B.S. HFCS	Excedente	Total	10%
Línea 7	4,828	1.6	1.6	7,010	28,253	2,124
TOTAL	34,120	5.2	18.8	41,536	167,404	12,587

Análisis de consumo de servicios auxiliares y procesos vs capacidad instalada.

		DEMANDA TOTAL	CAPACIDAD INSTALADA	DIFERENCIAL	MARGEN
SERVICIOS AUXILIARES					
ENERGIA ELECTRICA	KVA / HR	6,964	10,750	3,786	35%
INYECCION Y SOPLADO	KVA / HR	6,838	11,000	4,162	38%
REFRIGERACION	TR (COMPRESIÓN)	1,069	2,040	971	48%
	TR (CONDENSACIÓN)	1,229	2,243	1,014	45%
VAPOR	KG VAPOR / HR	3,200	18,780	15,580	83%
AIRE COMPRIMIDO	FT3/HR	78,439	247,104	168,665	68%
CO2	KG CO2 / HR	1,296	2,300	1,004	43%
SOPLADO	MM BOT / MES	103.3	140.6	37.3	43%
PROCESOS					
J.S. / CLARIFICADO	TM AZUCAR / HR	5.2	20	15	74%
HFCS	TON B.S. HFCS/HR	18.8	53	34	64%
JARABE TERMINADO	LTS/HR	34,120	53,953	19,833	37%
AGUA TOTAL	LTS/HR	179,991	475,200	295,009	62%
AGUA TRATADA (BEBIDA)	LTS AGUA / HR INSTANTANEA	125,868	471,000	345,132	73%
AGUA SUAVIZADA	LTS AGUA/HR	12,587	90,000	77,413	86%
EXCEDENTE DE AGUA	LTS AGUA/HR	41,536	NA	NA	NA
POZOS Y/O RED MUNICIPAL	LTS AGUA / SEG	50	132	82	62%
	LTS AGUA / HR	179,991	475,200	295,009	62%

El balance presentado en el cuadro anterior, es el que se realiza bajo las condiciones actuales de operación, como se puede observar, no se tiene ningún problema en cuanto a capacidad instalada para la producción de 160 MM de C.U. / Año.

Además se puede ver en los resultados, que tenemos una utilización bastante considerable de nuestros servicios auxiliares y procesos, cabe mencionar que la capacidad instalada de servicios auxiliares y procesos, necesitamos tomar en cuenta que en ciertos momentos de la producción, ciertos equipos se apagan para entrar en retrolavados, o simplemente se tienen instalados para prever que si fallase alguno de ellos, la línea de producción no pare.

3.2. Volumen de producción máximo.

Como ya se vio anteriormente, la capacidad de producción de la planta embotelladora es de **273.8 MM de Cajas Unidad al año**, para los equipos de línea, ahora se necesita conocer cual es nuestra capacidad instalada de los equipos de línea en función de los servicios auxiliares y procesos, con una máxima utilización de estos últimos, para eso se realiza otro balance para encontrar ese punto, para realizar el siguiente balance, se considera que las líneas trabajarán a la velocidad nominal, y se incrementarán 60 horas/mes para cada línea excepto la línea 6, esa línea se incrementará 85 horas, esto es con el criterio de eliminar los tiempos muertos, ya que como una propuesta, cada línea realizará un solo tamaño de botella, y al realizar un solo tamaño de botella y de un solo sabor, eliminaremos tiempos de limpieza, así como tiempos de preparación de la línea, tiempos de espera, etc. También se propone que la línea 1 deje de realizar 1 litro para que realice 2 litros, y la línea 5 realice 2.5 litros, ya que estos tamaños de botella son los que más se consumen como se vio al inicio de este trabajo de investigación.

Bajo las siguientes condiciones de operación se planea la producción para conocer los flujos por hora para cada servicio auxiliar y proceso.

1. Flujo de la línea 1.

$$\text{Flujo (Lts/hr)} = \frac{\frac{14.3 \text{ MM de Litros/mes} \times 1,000,000}{569 \text{ hr/mes}}}{70\% \text{ eficiencia}}$$

$$\underline{\text{Flujo (Lts/hr)} = 36,000}$$

Se presentan los flujos para cada una de las líneas.

CONDICIONES DE OPERACIÓN						
# De línea	SKU	Presentación ml	BPM	Eficiencia	Producción Hrs/mes	Flujo Lts/hr
Línea 1	COLA	2000	300	70%	569	36,000
Línea 2	COLA	1000	480	69%	545	28,800
Línea 3	COLA	600	870	69%	569	31,320
Línea 4	SABORES	600	870	69%	538	31,320
Línea 5	SABORES	2500	400	71%	563	60,000
Línea 6	SABORES	2500	380	61%	490	57,000
Línea 7	COLA	355	1600	72%	539	34,080

A partir de estos flujos calculamos los consumos de servicios auxiliares y procesos, llegamos a los siguientes resultados.

BALANCE PARA SERVICIOS AUXILIARES.

Para la línea 1:

Memoria de cálculo para la línea 1:

- **Compresión.**

$$TR \text{ (Compresión)} = \left[\left(\frac{14.3 \text{ MM de L mes}}{569 \text{ Hrs/mes.}} \times \frac{1,000,000}{-} \right) \times \frac{0.95 * 1.036 * 14^{\circ}C}{3,024} \right] \div 70\%$$

$$TR \text{ (Compresión)} = 164 \text{ TR}$$

- **Condensación.**

$$TR \text{ (Condensación)} = TR(\text{Compresión}) \times 1.15$$

$$TR \text{ (Condensación)} = 164 \text{ TR} \times 1.15$$

$$TR \text{ (Condensación)} = 189 \text{ TR}$$

- **Flujo de bebida (Litros / hora).**

$$\text{Flujo de bebida} = \frac{14.3 \text{ MM de L mes} \times 1,000,000}{569 \text{ Horas / mes} \times 70\% \text{ eficiencia}}$$

$$\text{Flujo} = 36,000 \text{ litros/hora}$$

- **Litros de Jarabe Terminado.**

$$L \text{ de JT} = \frac{36,000 \text{ Litros / hora}}{5.4}$$

$$L \text{ de JT} = 6,667$$

- **L de agua (Bebida)**

$$L \text{ de agua} = 36,000 \text{ L bebida} - 6,667 \text{ L de JT}$$

$$L \text{ de agua} = 29,333 \text{ Litros}$$

- **MM de botellas/mes**

$$\text{MM de Botellas/mes} = (300 \text{ BPM} \times 60 \text{ min} \times 569 \text{ horas/mes} \times 70\%) \div 1,000,000$$

$$\text{MM de Botellas/mes} = 7.2$$

- **Kg de vapor/hr**

$$\text{Kg de Vapor/hora} = \frac{\left(\left(\frac{(14.3 \text{ MM de L} \times 1,000,000)}{569 \text{ Horas/mes}} \right) \times 0.5 \right)}{25,000} \times 1,000$$

$$\text{Kg de Vapor/hora} = 504$$

- **Aire comprimido (CFH).**

$$\text{CFH} = \left(\frac{36,000 \text{ L de bebida} \times 250}{18,000} \right) \times 35.3$$

$$\text{CFH} = 17,650$$

- **Kg. de CO2/hr.**

$$\text{Kg CO}_2 = \left(\frac{(36,000 \text{ L de bebida} \times 8.1)}{1,000} \right)$$

$$\text{Kg CO}_2 / \text{Hora} = 292$$

- **Energía eléctrica (KVA/hr).**

$$\text{KVA/hr} = \left(\frac{(36,000 \text{ L de bebida} \times 500)}{18,000} \right)$$

$$\text{KVA/hr} = 1000$$

Después de calcular los servicios auxiliares para cada línea se llegaron a los siguientes resultados.

SERVICIOS AUXILIARES.									
# De línea	TR/HR (Refrigeración)		L de agua (Bebida)	L de JT	MM de botella s/mes	Kg de vapor/hr	Aire com. Ft3/hr	Kg de CO2/hr	KVA/hr
	Compresión	Condensación							
Línea 1	164	189	29,333	6,667	7.2	504	17,650	292	1000
Línea 2	131	151	23,467	5,333	10.8	397	14,120	233	800
Línea 3	143	164	25,520	5,800	20.5	432	15,356	254	870
Línea 4	143	164	17,980	5,800	19.4	432	15,356	254	870
Línea 5	273	314	34,444	11,111	9.6	852	29,417	486	1667
Línea 6	260	299	32,722	10,556	6.8	695	27,946	462	1583
Línea 7	155	179	27,769	6,311	37.3	491	16,709	276	947
TOTAL	1,269	1,459	191,236	51,578	111.5	3,804	136,552	2,256	7,737

BALANCE PARA PROCESOS.

Para la línea 1 se tiene:

- **TM de Azúcar.**

$$TM \text{ azúcar/hr} = \left(\frac{(6,667 \text{ L de JT} \times 5.6)}{16,500} \right)$$

$$TM_{\text{azúcar/hr}} = 2.3$$

- **Toneladas en Base Seca de HFCS (Fructosa).**

$$T. B. S. \text{ HFCS / hr} = \left(\frac{(6,667 \text{ L de JT} \times 5.6)}{16,500} \right)$$

$$T. B. S. \text{ HFCS / hr} = 2.3$$

- **Agua total.**

$$\text{Excedente} = 29,333 \text{ L de agua} \times 33\% = 9,680$$

$$\text{Agua total} = 29,333 \text{ L de agua} + 9,680 \text{ litros}$$

$$\text{Agua total} = 39,013 \text{ litros de agua}$$

- **Agua suavizada**

$$\text{Agua suavizada} = 29,333 \text{ L de agua} \times 10\%$$

$$\text{Agua suavizada} = 2,933 \text{ L de agua suavizada}$$

Se realizan los cálculos para cada una de las líneas de producción y se presentan los siguientes resultados.

PROCESOS						
# De línea	Preparación de bebida 50%HFCS/50%Azúcar (refresco de cola)			Agua total		Agua suavizada
	Lts de JT	TM de azúcar	T B.S. HFCS	Excedente	total	10%
Línea 1	6,667	2.3	2.3	9,680	39,013	2,933
Línea 2	5,333	1.8	1.8	7,744	31,211	2,347
Línea 3	5,800	2.0	2.0	8,422	33,942	2,552
	Preparación de bebida 100%HFCS (Sabores)			Agua total		Agua suavizada
	Lts de JT	TM de azúcar	T B.S. HFCS	Excedente	total	10%
Línea 4	5,800	0.0	4.2	5,933	23,913	1,798
Línea 5	11,111	0.0	8.1	11,367	45,811	3,444
Línea 6	10,556	0.0	7.7	10,798	43,521	3,272
	Preparación de bebida 50%HFCS/50%Azúcar (refresco de cola)			Agua total		Agua suavizada
	Lts de JT	TM de azúcar	T B.S. HFCS	Excedente	total	10%
Línea 7	6,311	2.1	2.1	9,164	36,933	2,777
TOTAL	51,578	8.2	28.2	63,108	254,343	19,124

A continuación se presenta una hoja resumen de todos los servicios auxiliares y procesos ya calculados y se comparan con la capacidad instalada para obtener un margen de utilización.

		DEMANDA TOTAL	CAPACIDAD INSTALADA	DIFERENCIAL	MARGEN
SERVICIOS AUXILIARES					
ENERGIA ELECTRICA	KVA / HR	7,737	10,750	3,013	28%
INYECCION Y SOPLADO	KVA / HR	6,838	11,000	4,162	38%
REFRIGERACION	TR (COMPRESIÓN)	1,269	2,040	771	38%
	TR (CONDENSACIÓN)	1,459	2,243	784	35%
VAPOR	KG VAPOR / HR	3,804	18,780	14,976	80%
AIRE COMPRIMIDO	FT3/HR	136,552	247,104	110,552	45%
CO2	KG CO2 / HR	2,256	2,300	44	2%
SOPLADO	MM BOT / MES	111.5	180	68	38%
PROCESOS					
J.S. / CLARIFICADO	TM AZUCAR / HR	8.2	20	12	59%
HFCS	TON B.S. HFCS/HR	28.2	53	25	47%
JARABE TERMINADO	LTS/HR	51,578	53,953	2,375	4%
AGUA TOTAL	LTS/HR	273,467	475,000	201,533	42%
AGUA TRATADA (BEBIDA)	LTS AGUA / HR INSTANTANEA	191,236	471,000	279,764	59%
AGUA SUAVIZADA	LTS AGUA/HR	19,124	90,000	70,876	79%
EXCEDENTE DE AGUA	LTS AGUA/HR	63,108	NA	NA	NA
POZOS Y/O RED MUNICIPAL	LTS AGUA / SEG	76	132	56	42%
	LTS AGUA / HR	273,467	475,000	201,533	42%

Como se ve en el balance anterior, estamos teniendo una máxima utilización de Jarabe terminado y de CO₂, aunque en los otros servicios y procesos se tenga todavía más capacidad de utilización, no podemos incrementar el flujo en nuestras líneas, ya que la capacidad instalada en jarabe terminado y CO₂, es crítica y ocurrirían problemas, a partir de estos flujos se determinará la capacidad instalada en los equipos de línea, y así se obtendrá la capacidad máxima de producción para la planta.

Se calculará el volumen de producción a partir de las condiciones máximas de operación.

Para la línea 1.

$$\text{➤ MM de C.U. / Año} = \left(\frac{300 \text{ BPM} \times 60 \text{ MIN} \times 569 \text{ HRS/MES} \times 70\% \times \left(\frac{2000 \text{ mL}}{5678 \text{ mL}} \right)}{1,000,000} \right) \times 12 \text{ Meses}$$

$$\underline{\text{MM de C.U. / Año} = 30.3}$$

$$\text{➤ MM de Lts / Mes} = \frac{30.3 \text{ MM de C.U. / Año} \times 5.678 \text{ L}}{12 \text{ Meses}}$$

$$\underline{\text{MM de Lts / Mes} = 14.3}$$

$$\text{➤ Flujo Lts / Hr} = \frac{14.3 \text{ MM de Lts / Mes} \times 1,000,000}{\frac{569 \text{ Hrs / Mes}}{70\% \text{ eficiencia}}}$$

$$\underline{\text{Flujo Lts / Hr} = 36,000}$$

$$\text{➤ Metros}^3 \text{ de agua / mes} = \frac{\text{Agua total (39,013 L)} + \text{Agua suavizada (2,9333 L)} \times 569 \text{ horas/mes}}{1,000}$$

$$\underline{\text{Metros}^3 \text{ de agua / mes} = 23,868}$$

$$\text{➤ Metros}^3 \text{ de agua / año} = 23,868 \text{ metros}^3 \text{ de agua / mes} \times 12 \text{ meses}$$

$$\underline{\text{Metros}^3 \text{ de agua / año} = 286,412}$$

El siguiente cuadro muestra el volumen de producción que se tiene en la planta maximizando la utilización de servicios auxiliares y procesos

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN				
# De línea	MM de CU/Año	MM L/Mes	M3 de agua/mes	m3 de agua/año
Línea 1	30.3	14.3	23,868	286,412
Línea 2	22.9	10.8	18,289	219,465
Línea 3	26.0	12.3	20,765	249,178
Línea 4	24.6	11.6	13,833	165,993
Línea 5	50.7	24.0	27,731	332,771
Línea 6	36.0	17.0	22,928	275,142
Línea 7	28.0	13.2	21,403	256,841
TOTAL	218.4	103.3	148,817	1,785,801

El volumen de producción máximo para la planta embotelladora es de **218.4 MM de C.U. / Año.**

Esto es en función a las condiciones de operación que se vieron anteriormente, y a sus respectivos flujos de cada línea.

Como conclusión, se determinó que la máxima capacidad instalada en la planta embotelladora es de **218.4 MM de C.U. / Año,** en función a la capacidad instalada de servicios auxiliares y procesos que tiene la planta. Ahora se determinará un análisis económico de la planta con los siguientes indicadores.

3.3. Análisis económico de la producción actual.

A partir de las condiciones de operación actuales, se determinarán estos indicadores económicos.

Tipo de Indicador	Indicador	Cálculo
Estratégicos	Total de activos/Caja	$\text{ANOP/Caja} = \frac{\sum \text{Activos (M.N\$)}}{\text{Cajas}} \times \text{\% estacionalidad}$
	Total de activos/persona	$\text{ANOP/PER} = \frac{\text{ANOP}}{\text{C.U.}} \times \frac{\text{C.U.}}{\text{Personal}}$
	Retorno sobre los activos	$\text{ROA}_{\text{PROD.}} = \frac{\text{UAFIR}}{\text{ANOP}}$
	Costo total de producción	$\text{CTP} = \frac{\text{Costo Variable (CVP)} + \text{Costo Fijo (CFP) en \$}}{\text{Cajas Producidas}}$
	Capacidad instalada	$\text{CAP. INST. C/EST.} = \frac{\sum \text{Cap. líneas mensual}}{\text{Estacionalidad (mes pico)}}$
	Productividad de la planta	$\text{PRODUCTIVIDAD}_{\text{PLANTA}} = \frac{\sum \text{C.U. producidas}}{\text{\# personal}}$
Operativos	Eficiencia de planta	$\text{EFICIENCIA} = \left(\frac{\text{Hrs. Marcha Neta}}{\text{Hrs. Prod. Disp.}} \right) \times 100$
	Utilización de líneas	$\text{U.L.} = \left(\frac{\text{Horas Disponibles}}{\text{Tiempo Total}} \right) \times 100$
	Utilización de Activos	$\text{U.A.} = \left(\frac{\text{Hrs. Marcha Net a.}}{\text{Tiempo Total}} \right) \times 100$

* Indicadores y datos proporcionados por la embotelladora.

- Total de activos/Caja.

$$\text{ANOP/Caja} = \frac{\sum \text{Activos (M.N\$)}}{\frac{\text{Cajas}}{\% \text{ estacionalidad}}}$$

Σ Activos (M.N.\$) Son la suma de todos los activos que forman parte de la franquicia, (Libros Financieros, NO FISCALES).

Cajas: Son la suma de las cajas, ya sea físicas o unidad, que fueron producidas (en caso de ser calculado en una planta),

$$\text{ANOP/C.U.} = \frac{\$613,543,296}{159,926,000 \text{ C.U.}} = \$3.84/\text{C.U.}$$

- Total de activos/persona.

$$\text{ANOP/PER} = \frac{\text{ANOP}}{\text{C.U.}} \times \frac{\text{C.U.}}{\text{Personal}}$$

ANOP/C.U.: Resulta del indicador descrito anteriormente en C.U.

C.U./personal: Son las cajas unidad producidas o vendidas divididas por todo el personal promedio que labora en la Planta productiva durante el periodo correspondiente. El personal que debe ser considerado dentro de este indicador es el siguiente:

- Empleados embotelladora
- Eventuales
- Contratistas

Depto.	Sindicalizado	No Sindicalizado	Total
Gerencia Gral.	0	3	3
Producción	192	22	214
Eventuales	0	0	0
Ing. y Servicios	0	87	87
Aseg. Calidad	0	35	35
Rec. Humanos	0	8	8
Operaciones	109	26	135
Administrativo	0	8	8
Soplado	0	0	0
Tratamiento de Agua	5	11	16
Clarificado	11	4	15
Jarabes	12	11	23
Total	329	215	544

$$\text{ANOP/PER.} = \frac{\$3.84}{.} \times \frac{159,926,000 \text{ C.U.}}{544 \text{ empl.}} = \$1,128,889/\text{empleado}$$

- Retorno sobre los activos

$$\text{ROA}_{\text{PROD.}} = \frac{\text{UAFIR}}{\text{ANOP}}$$

UAFIR : Utilidad antes de impuestos de la franquicia.

ANOP : Activos netos de producción. Todos los activos de manufactura que conforman a la franquicia.

$$\text{ROA}_{\text{PROD.}} = \frac{\$22,543,296 \times 12 \text{ meses}}{\$613,543,296} = 0.44$$

- Costo total de producción

$$\text{CTP} = \frac{\text{Costo Variable (CVP)} + \text{Costo Fijo (CFP) en M.N.\$}}{\text{Cajas Unidad Producidas}}$$

CVP: Representa todo aquello que sea variable al volumen producido.

$$\text{CVP} = \text{Mat. Primas} + \text{Mermas} + \text{Energía, etc.}$$

CFP: Representa todo aquello que sea fijo o semifijo al volumen producido.

$$\text{CFP} = \text{Mano Obra Total} + \text{Mantenimiento Total} + \text{Depreciación}$$

El costo total de producción en septiembre es entonces:

$$\text{CTP} = \text{Gasto de ventas fijos} + \text{Gasto de ventas variables} + \text{Gastos de operación}$$

$$\text{CTP} = 3,097,481 + 17,459,120 + 20,556,602$$

$$\underline{\text{CTP} = 41,113,203 \$}$$

La producción de un mes promedio es de 13.32 MM de C.U.

Por lo que el costo total por caja unidad esta dado por:

$$\text{CTP/C.U.} = \frac{41,113,203 \$}{13,327,166 \text{ C.U.}}$$

$$\underline{\text{CTP/C.U.} = 3.08 \$}$$

- Capacidad instalada

$$\text{CAP. INST.}_{\text{C/EST.}} = \frac{\sum \text{Cap. líneas mensual}}{\text{Estacionalidad (mes pico)}}$$

Cap. Líneas mensual: La capacidad de cada línea se mide a 600 horas disponibles para producir a la eficiencia promedio de los últimos 3 meses, en los empaques que normalmente se le programan y convertido a Cajas Unidad.

Estacionalidad: La estacionalidad es la proporción que representa el mes pico de ventas en las ventas anuales en Cajas Unidad. Se considera una estacionalidad del 8.33% debido a que se trabajan con criterios de mes promedio, esto es 1 mes/12 meses = 8.33 %

$$\text{CAP. INST.}_{\text{C/EST.}} = \frac{13,327,166 \text{ C.U.}}{0.083}$$

$$\underline{\text{CAP. INST.}_{\text{C/EST.}} = 160,568,265 \text{ C.U.}}$$

- Productividad de la planta.

$$\text{PRODUCTIVIDAD}_{\text{PLANTA}} = \frac{\sum \text{C.U. producidas}}{\# \text{personal Embotelladora}}$$

$$\text{PRODUCTIVIDAD}_{\text{PLANTA}} = \frac{159,926,000 \text{ C.U.}}{544 \text{ Empleados}}$$

$$\underline{\text{PRODUCTIVIDAD}_{\text{PLANTA/AÑO}} = 293,981 \text{ C.U./ Empleado}}$$

- Eficiencia de planta.

$$\text{EFICIENCIA} = \left(\frac{\text{Hrs. Marcha Neta}}{\text{Hrs. Prod. Disp.}} \right) \times 100$$

$$\text{EFICIENCIA Planta} = \left(\frac{3,338 \text{ Horas de todas las líneas}}{4,200 \text{ Hrs. Prod. Disp.}} \right) \times 100$$

$$\underline{\text{EFICIENCIA Planta} = 79.4\%}$$

- Utilización de líneas.

$$\text{U.L.} = \left(\frac{\text{Horas Disponibles}}{\text{Tiempo Total}} \right) \times 100$$

$$\text{U.L.} = \left(\frac{4,200}{5,200} \right) \times 100$$

$$\underline{\text{U.L.} = 80.7\%}$$

- Utilización de Activos.

$$\text{U.A.} = \left(\frac{\text{Hrs. Marcha.Net a.}}{\text{Tiempo Total}} \right) \times 100$$

$$\text{U.A.} = \left(\frac{3,338}{5,200} \right) \times 100$$

$$\underline{\text{U.A.} = 64.2\%}$$

3.4. Resultados.

Bajo las condiciones de operación que se levantaron en la planta piloto, obtuvimos los siguientes resultados:

RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO	
Volumen de producción actual	159.9 MM de C.U./Año
Máximo volumen de producción en líneas	273.8 MM de C.U./Año
Total de activos/Caja.	\$3.84 / C.U.
Total de activos/persona.	\$1,128,884/Empleado
Retorno sobre los activos.	0.44 Años
Costo total de producción.	\$41,113,203
Costo total de producción / C.U.	\$3.08
Capacidad instalada optima.	218,398,863 C.U. /Año
Productividad de la planta.	293,981 C.U. / Empleado
Eficiencia de planta.	79.4%
Utilización de líneas.	80.7%
Utilización de activos.	64.2%

En base a los resultados de estos indicadores, justificaremos este proyecto, incrementando los indicadores económicos con las nuevas condiciones de operación propuestas, sin necesidad de inversión en infraestructura.

CAPÍTULO 4

Recomendaciones y propuestas

4.1. Nuevas condiciones de operación para incrementar el volumen de producción. (Sin inversión en infraestructura).

Una de las principales recomendaciones, es que cada línea sea dedicada, es decir, que realice un solo tamaño de botella y de un solo sabor, esto es en base a que una línea dedicada requiere de menos paros programados, y así tendremos eficiencias más altas, estas pueden alcanzar hasta un 90%, como justificación a esto, es que podremos incrementar las horas / mes de trabajo para cada línea,

Ahora lo que se necesita conocer, es la cantidad de MM de C.U. / Año que necesita producir la planta, en base a la demanda de refrescos que ya conocemos con anterioridad, sabiendo que se incrementa en un 3% anual, nuestro primer objetivo es alcanzar ese nivel de producción, sin embargo, la planta registra un crecimiento para el 2009 de 175 MM de C.U.

Nos interesa conocer la utilización de los servicios auxiliares y procesos para el volumen de producción de 175 MM de C.U./año, y analizar el comportamiento de estos, determinaremos las horas/mes que debe de trabajar cada línea, y se calcularan los indicadores económicos bajo estas nuevas condiciones de operación.

Se incrementaron 20 horas/mes para las líneas 2, 5 y 7, para la línea 6 y 1, se incrementaron 25 horas/mes, y para las líneas 3 y 4 se incrementaron 30 horas/mes. Además de los cambios de tamaño de refresco como se muestra a continuación.

CONDICIONES DE OPERACIÓN (PROPUESTAS)						
# De línea	SKU	Presentación ml	BPM	Eficiencia	Producción Hrs/mes	Flujo Lts/hr
Línea 1	COLA	2000	300	70%	529	36,000
Línea 2	COLA	1000	450	69%	500	27,000
Línea 3	COLA	600	800	69%	534	28,800
Línea 4	SABORES	600	750	69%	503	27,000
Línea 5	SABORES	1000	650	71%	518	39,000
Línea 6	SABORES	2500	350	61%	430	52,500
Línea 7	COLA	355	1700	72%	494	36,210

A partir de estas condiciones de operación, se calcula el volumen de producción, el cual se presenta a continuación.

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN				
# De línea	MM de CU/Año	MM L/Mes	m3 de agua/mes	m3 de agua/año
Línea 1	28.2	13.3	22,190	266,277
Línea 2	19.7	9.3	15,730	188,760
Línea 3	22.4	10.6	17,920	215,035
Línea 4	19.8	9.4	11,149	133,788
Línea 5	30.3	14.3	16,584	199,012
Línea 6	29.1	13.8	18,532	222,389
Línea 7	27.2	12.9	20,843	250,110
TOTAL	176.7	83.6	122,948	1,475,372

La capacidad de producción de la planta es de 176.7 MM de C.U./Año, y es aproximadamente el volumen que se está pronosticando producir para el siguiente año,

Por lo que con estas condiciones de operación, se alcanza ese objetivo.

4.2. Balance de servicios auxiliares y procesos con las nuevas condiciones de operación.

A partir de las condiciones de operación propuestas se realiza el balance de servicios auxiliares y procesos, para justificar que no se requiere de inversión en infraestructura, dicho balance se presenta a continuación.

Balance para servicios auxiliares.

SERVICIOS AUXILIARES.									
# De línea	TR/HR (Refrigeración)		L de agua (Bebida)	L de JT	MM de botellas /mes	Kg de vapor/hr	Aire com. Ft3/hr	Kg de CO2/hr	KVA/hr
	Compresión	Condensación							
Línea 1	164	189	29,333	6,667	6.7	504	17,650	292	1000
Línea 2	123	141	22,000	5,000	9.3	373	13,238	219	750
Línea 3	131	151	23,467	5,333	17.7	397	14,120	233	800
Línea 4	123	141	15,500	5,000	15.6	373	13,238	219	750
Línea 5	178	204	22,389	7,222	14.3	554	19,121	316	1083
Línea 6	239	275	30,139	9,722	5.5	641	25,740	425	1458
Línea 7	165	190	29,504	6,706	36.3	521	17,753	293	1006
TOTAL	1,123	1,292	172,332	45,650	105.4	3,362	120,858	1,997	6,848

Balance para Procesos.

PROCESOS						
# De línea	Preparación de bebida 50%HFCS/50%Azúcar (refresco de cola)			Agua total		Agua suavizada
	Lts de JT	TM de azúcar	T B.S. HFCS	Excedente	total	10%
Línea 1	6,667	2.3	2.3	9,680	39,013	2,933
Línea 2	5,000	1.7	1.7	7,260	29,260	2,200
Línea 3	5,333	1.8	1.8	7,744	31,211	2,347
	Preparación de bebida 100%HFCS (Sabores)			Agua total		Agua suavizada
	Lts de JT	TM de azúcar	T B.S. HFCS	Excedente	total	10%
Línea 4	5,000	0.0	3.6	5,115	20,615	1,550
Línea 5	7,222	0.0	5.3	7,388	29,777	2,239
Línea 6	9,722	0.0	7.1	9,946	40,085	3,014
	Preparación de bebida 50%HFCS/50%Azúcar (refresco de cola)			Agua total		Agua suavizada
	Lts de JT	TM de azúcar	T B.S. HFCS	Excedente	total	10%
Línea 7	6,706	2.3	2.3	9,736	39,241	2,950
TOTAL	45,650	8.0	24.0	56,870	229,202	17,233

El siguiente cuadro resumen, es el que nos muestra el análisis de capacidad instalada vs consumo de servicios auxiliares y procesos.

		DEMANDA TOTAL	CAPACIDAD INSTALADA	DIFERENCIAL	MARGEN
SERVICIOS AUXILIARES					
ENERGIA ELECTRICA	KVA / HR	6,848	10,750	3,903	36%
INYECCION Y SOPLADO	KVA / HR	6,838	11,000	4,162	38%
REFRIGERACION	TR (COMPRESIÓN)	1,123	2,040	917	45%
	TR (CONDENSACIÓN)	1,292	2,243	951	42%
VAPOR	KG VAPOR / HR	3,362	18,780	15,418	82%
AIRE COMPRIMIDO	FT3/HR	120,858	247,104	126,246	51%
CO2	KG CO2 / HR	1,997	2,300	303	13%
SOPLADO	MM BOT / MES	105.4	180	75	41%
PROCESOS					
J.S. / CLARIFICADO	TM AZUCAR / HR	8.0	20	12	60%
HFCS	TON B.S. HFCS/HR	24.0	53	29	55%
JARABE TERMINADO	LTS/HR	45,650	53,953	8,303	15%
AGUA TOTAL	LTS/HR	246,435	475,000	228,565	48%
AGUA TRATADA (BEBIDA)	LTS AGUA / HR INSTANTANEA	172,332	471,000	298,668	63%
AGUA SUAVIZADA	LTS AGUA/HR	17,233	90,000	72,767	81%
EXCEDENTE DE AGUA	LTS AGUA/HR	56,870	NA	NA	NA
POZOS Y/O RED MUNICIPAL	LTS AGUA / SEG	68	132	64	48%
	LTS AGUA / HR	246,435	475,000	228,565	48%

Como se puede ver en este cuadro, los consumos de servicios auxiliares y procesos no afectan a nuestra capacidad instalada, es decir, no se requiere de inversión en infraestructura para alcanzar el volumen de producción pronosticado de 175 MM de C.U./Año para el siguiente año.

4.3. Análisis económico de la situación propuesta.

Con los indicadores que presentamos anteriormente, y bajo las condiciones de operación propuestas, realizamos los siguientes cálculos, cabe mencionar que los costos que se tienen, serán los mismos para el siguiente año, ya que para obtener un costo real, se tendría que acudir a la planta para el siguiente año y obtener los costos reportados por parte del área de información.

- Total de activos/Caja.

$$\text{ANOP/Caja} = \frac{\sum \text{Activos (M.N\$)}}{\frac{\text{Cajas}}{\% \text{ estacionalidad}}}$$

$$\text{ANOP/C.U.} = \frac{\$613,543,296}{176,727,751 \text{ C.U.}} = \$3.47/\text{C.U.}$$

- Total de activos/persona.

$$\text{ANOP/PER.} = \frac{\text{ANOP}}{\text{C.U.}} \times \frac{\text{C.U.}}{\text{Personal}}$$

$$\text{ANOP/PER.} = \frac{\$3.47}{.} \times \frac{176,727,751 \text{ C.U.}}{544 \text{ empl.}} = \$1,127,289/\text{empleado}$$

- Retorno sobre los activos

$$\text{ROA}_{\text{PROD.}} = \frac{\text{UAFIR}}{\text{ANOP}}$$

$$\text{ROA}_{\text{PROD.}} = \frac{\$22,543,296 \times 12 \text{ meses}}{\$613,543,296} = 0.44$$

- Costo total de producción

$$\text{CTP} = \frac{\text{Costo Variable (CVP)} + \text{Costo Fijo (CFP) en M.N.\$}}{\text{Cajas Unidad Producidas}}$$

$$\text{CVP} = \text{Mat. Primas} + \text{Mermas} + \text{Energía, etc.}$$

$$\text{CFP} = \text{Mano Obra Total} + \text{Mantenimiento Total} + \text{Depreciación}$$

El costo total de producción es entonces:

$$\text{CTP} = \text{Gasto de ventas fijos} + \text{Gasto de ventas variables} + \text{Gastos de operación}$$

$$\text{CTP} = 3,097,481 + 17,459,120 + 20,556,602$$

$$\underline{\text{CTP} = 41,113,203 \$}$$

La producción de un mes promedio es de 14 MM de C.U.

Por lo que el costo total por caja unidad esta dado por:

$$\text{CTP/C.U.} = \frac{41,113,203 \$}{14,727,312 \text{ C.U.}}$$

$$\underline{\text{CTP/C.U.} = 2.79 \$}$$

- Capacidad instalada

$$\text{CAP. INST.}_{\text{C/EST.}} = \frac{\sum \text{Cap. líneas mensual}}{\text{Estacionalidad (mes pico)}}$$

Cap. Líneas mensual: La capacidad de cada línea se mide a 600 horas disponibles para producir a la eficiencia promedio de los últimos 3 meses, en los empaques que normalmente se le programan y convertido a Cajas Unidad.

Estacionalidad: La estacionalidad es la proporción que representa el mes pico de ventas en las ventas anuales en Cajas Unidad. Se considera una estacionalidad del 8.33% debido a que se trabajan con criterios de mes promedio, esto es 1 mes/12 meses = 8.33 %

$$\text{CAP. INST.}_{\text{C/EST.}} = \frac{14,727,312 \text{ C.U.}}{0.083}$$

$$\underline{\text{CAP. INST.}_{\text{C/EST.}} = 177,437,493 \text{ C.U.}}$$

- Productividad de la planta.

$$\text{PRODUCTIVIDAD}_{\text{PLANTA}} = \frac{\sum \text{C.U. producidas}}{\# \text{personal Embotelladora}}$$

$$\text{PRODUCTIVIDAD}_{\text{PLANTA}} = \frac{176,727,751 \text{ C.U.}}{544 \text{ Empleados}}$$

$$\underline{\text{PRODUCTIVIDAD}_{\text{PLANTA/AÑO}} = 324,867 \text{ C.U./ Empleado}}$$

- Eficiencia de planta.

$$\text{EFICIENCIA} = \left(\frac{\text{Hrs. Marcha Neta}}{\text{Hrs. Prod. Disp.}} \right) \times 100$$

$$\text{EFICIENCIA Planta} = \left(\frac{3,508 \text{ Horas de todas las líneas}}{4,200 \text{ Hrs. Prod. Disp.}} \right) \times 100$$

$$\underline{\text{EFICIENCIA Planta} = 83.5\%}$$

- Utilización de líneas.

$$\text{U.L.} = \left(\frac{\text{Horas Disponibles}}{\text{Tiempo Total}} \right) \times 100$$

$$\text{U.L.} = \left(\frac{4,200}{5,200} \right) \times 100$$

$$\underline{\text{U.L.} = 80.7\%}$$

- Utilización de Activos.

$$\text{U.A.} = \left(\frac{\text{Hrs. Marcha.Net a.}}{\text{Tiempo Total}} \right) \times 100$$

$$\text{U.A.} = \left(\frac{3,508}{5,200} \right) \times 100$$

$$\underline{\text{U.A.} = 67.4\%}$$

A continuación se presenta el resumen de los indicadores económicos con las nuevas condiciones de operación.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS ECONÓMICO		
INDICADORES	SITUACIÓN ACTUAL	PROPUESTA
Volumen de producción actual	159.9 MM de C.U./Año	176.7 MM de C.U./Año
Máximo volumen de producción en líneas	273.8 MM de C.U./Año	273.8 MM de C.U./Año
Total de activos/Caja.	\$3.84 / C.U.	\$3.47 / C.U.
Total de activos/persona.	\$1,128,884/Empleado	\$1,127,289/Empleado
Retorno sobre los activos.	0.44 Años	0.44 Años
Costo total de producción.	\$41,113,203	\$41,113,203
Costo total de producción / C.U.	\$3.08	\$2.79
Capacidad instalada optima.	218,398,863 C.U. /Año	218,398,863 C.U. /Año
Productividad de la planta.	293,981 C.U. / Empleado	324,867 C.U. / Empleado
Eficiencia de planta.	79.4%	83.5%
Utilización de líneas.	80.7%	80.7%
Utilización de activos.	64.2%	67.4%

Estos indicadores, son un aproximado del costo-beneficio si cambiamos nuestra programación en la producción de refrescos, como se puede ver el volumen de producción aumenta en comparación de las condiciones actuales, así podemos decir que se cumplió el primer objetivo de este capítulo de investigación.

Para el segundo indicador que se está analizando, la capacidad instalada en las líneas, no cambia, esto es debido a que no se tiene inversión en infraestructura como ya se había citado anteriormente.

El total de activos/caja, vemos que disminuye, esto es debido a que nuestra producción aumenta, y nuestros activos en la embotelladora se mantienen igual, por lo que esa disminución del indicador quiere decir que, económicamente es mejor producir más C.U./Año.

Uno de los indicadores más importantes, es el costo total de producción / C.U. este indicador pasa de \$3.08/C.U. a \$2.79/C.U. con lo cual podemos justificar esta planeación de la producción propuesta.

Al considerar que no contratamos empleados, el indicador de productividad de la planta muestra claramente un incremento del 10.5% (pasan de 293,981 C.U./Empleado a 324,867 C.U./Empleado). Justificando la planeación propuesta.

La eficiencia de la planta, se incrementa de un 79.4% a 83.5%

La utilización de activos, se incrementa de un 64.2% a 67.4%

Conclusiones

Conclusiones.

Con la realización de este trabajo de investigación, se determinó la capacidad instalada real y óptima de las líneas de producción, la cual es de 273.8 MM de C.U./Año y 218.4 MM de C.U./Año respectivamente, así también, se determinó la capacidad instalada de los servicios auxiliares y procesos en la planta embotelladora, y se pudieron presentar los diferentes escenarios de producción, obteniendo así el óptimo.

Durante la realización de este trabajo de investigación, pude formular los consumos de servicios auxiliares y procesos para obtener estimados que nos ayuden a determinar si se cuenta o no con la infraestructura de producción para cumplir con un determinado volumen de producción.

En base a los indicadores que presenté anteriormente, puedo concluir que este trabajo de investigación, nos presenta la rentabilidad de cambiar de presentación de refrescos (tamaños), así mismo conocer el comportamiento de las líneas de producción, de los servicios auxiliares y procesos que van ligados a la capacidad de producción de una planta embotelladora.

Justifico este proyecto de investigación, mediante una reducción de costos con la propuesta de producción de refrescos como se ve a continuación.

La planta producirá el siguiente año 176.7 MM de C.U. un costo por C.U. de \$3.08, entonces el costo de producción de ese volumen, sería de **\$544,236,000**, con la nueva propuesta para ese mismo volumen de producción, tenemos un costo por C.U. de \$2.79, por lo que el costo total sería de **\$492,993,000** , teniendo un ahorro de **\$51,243,000**.

Como se ve en lo anterior, esto se logra si cada línea de producción es dedicada, y opera todo el año bajo las condiciones planteadas.

Anexos

ABREVIATURAS UTILIZADAS EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	
BPM	Botellas por minuto
BPH	Botellas por hora
C.U.	Cajas Unidad
MM de C.U.	Millones de Cajas unidad
TR (Compresión)	Toneladas de refrigeración para compresión
TR (Condensación)	Toneladas de refrigeración para condensación.
HFCS	Fructosa
J.T.	Jarabe terminado
J.S.	Jarabe simple
TM Azúcar	Toneladas métricas de azúcar
TBS de HFCS	Toneladas en base seca de fructosa
SKU	Tipo de bebida (refresco de cola o sabores)
CFM	Pies cúbicos por minuto
CFH	Pies cúbicos por hora
KVA	Kilo Volt Ampere

Bibliografía.

Manufacture and analysis of carbonated beverages, Morris B. Jacobs.
Chemical Publishing CO., Inc. New York.

Lean Manufacturing, Luis Socconini.
Editorial Norma, México. 2008.

Manual “Especificaciones Técnicas de Llenadoras KRONES”.

Manual “Mantenimiento de equipos de línea, empacadoras,
paletizadoras, emplayadoras ZAMBELLI”

Manual de las técnicas del aire comprimido.
Pokorny, FMA. Madrid.

Power system engineering: planning, design, and operation of power
systems and equipment.
Juergen Shlabach and Karl-Heinz Rofalski, Weinhein, 2008.

Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales.
Rigola Lapeña Miguel. Barcelona

Procesamiento de plásticos: Inyección, moldeo, Hule, PVC.
Morton-jones, David. 1993.

Manual de Excel para Windows, Ron Person.
México. 1995