

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería



**Análisis de conservación o reemplazo de maquinaria
en una línea de enlatado de refrescos**

Trabajo de Graduación presentado por Aileen María Stephanie Quan Luna
para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Guatemala
2008

**Análisis de conservación o reemplazo de maquinaria
en una línea de enlatado de refrescos**

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería

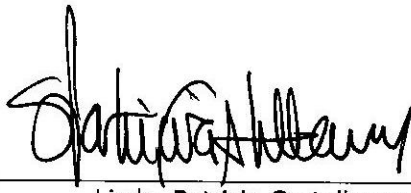


**Análisis de conservación o reemplazo de maquinaria
en una línea de enlatado de refrescos**

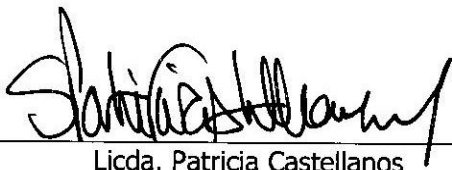
Trabajo de Graduación presentado por Aileen María Stephanie Quan Luna
para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

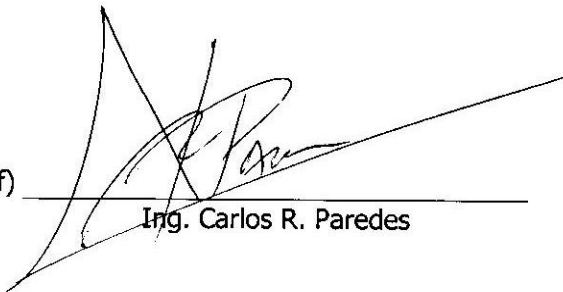
Guatemala
2008

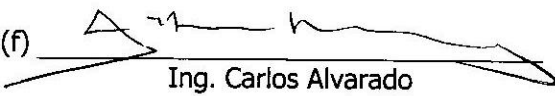
Vo. Bo.:

(f) 
Licda. Patricia Castellanos

Tribunal:

(f) 
Licda. Patricia Castellanos

(f) 
Ing. Carlos R. Paredes

(f) 
Ing. Carlos Alvarado

ÍNDICE

ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	vii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. Justificación	2
B. Objetivos	2
1. General.....	2
2. Específicos.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	4
A. Proceso de enlatado.....	4
1. Empacadora de tarimas.	4
2. Llenadora.	4
3. Selladora.	5
4. Pasteurizadora/Warmer.	5
5. Videojet/INSCAN.....	5
6. Empacadora.	5
7. Empacadora de tarimas/Envolvedora	6
B. Eficiencia Global de los Equipos (EGE).....	6
1. ¿Qué es el EGE?	6
2. Objetivo y resultados del EGE.	6
3. EGE óptimo.....	6
4. Los tres componentes del EGE y su obtención.	7
5. Tipos de paros.....	7
C. Herramientas financieras.....	8
1. Período de recuperación.	8
2. Valor Actual Neto (VAN).....	9
3. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	9
4. Vida Útil Económica (VUE).	10
D. Tipo de cambio	11
E. Inflación	11
F. Tasa de interés	13
III. SITUACIÓN ACTUAL	4
A. Evaluación de la línea 1B de enlatado de refresco	4
1. Llenadora.	5
2. Empacadora.	9
3. Pérdida cuantitativa en llenadora y empacadora.	23
IV. ALTERNATIVAS.....	21
A. Alternativa 1: Mantener la máquina empacadora tal como está.	21
1. Parámetros.....	26
a. Producción. Según la sección anterior, se tiene que la empacadora actual	26
b. Costos de mantenimiento. Los mantenimientos son esenciales en una línea de...	28
c. Costos de electricidad. Los costos de electricidad son aquellos costos que se	29
d. Paros y tiempos perdidos. Los paros y tiempos perdidos, como bien dice la	29
e. Consolidación de parámetros. A continuación se presenta el resumen de los.....	30
2. Determinación Vida Útil Económica (VUE).	31
B. Alternativa 2: Análisis de reemplazo de la empacadora actual.	33
1. Selección de la empacadora para reemplazar.	33

2. Proyección de Flujos de Efectivo Neto de la empacadora actual y la nueva.	36
V. ANÁLISIS FINANCIERO	43
A. Flujo incremental o diferencial	43
1. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	43
2. Valor Actual Neto (VAN).....	44
B. Empacadora nueva KHS.....	45
A. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	45
B. Valor Actual Neto (VAN).....	45
C. Período de recuperación	45
C. Vida Útil Económica (VUE) empacadora nueva KHS.....	47
D. Análisis de sensibilidad.....	49
VI. CONCLUSIONES.....	51
VII. RECOMENDACIONES	53
VIII. BIBLIOGRAFÍA	54
IX. ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Tasa de inflación anual de Guatemala para 1997- Junio 2008 ⁽⁵⁾	12
Gráfica 2.	Componentes y EGE de llenadora por mes con capacidad de 2,125 cajas/hora... 7	
Gráfica 3.	Componentes y EGE de empacadora con capacidad de 2,833 cajas/hora.....	21
Gráfica 4.	Proyección de la eficiencia de la empacadora actual (%)	26
Gráfica 5.	Capacidad de producción de la empacadora teórica y estimada.	27
Gráfica 6.	Producción proyectada de cajas de la empacadora actual.....	28
Gráfica 7.	Costo de mantenimiento proyectado en Quetzales.....	28
Gráfica 8.	Costo de consumo de energía de la empacadora actual en Quetzales.	29
Gráfica 9.	Paros y tiempos perdidos proyectados en cajas no producidas.	30
Gráfica 10.	Proyecciones de parámetros de la empacadora actual.	31
Gráfica 11.	Cálculo de la Vida Útil Económica de la empacadora actual.....	32
Gráfica 12.	Flujo de efectivo neto para la empacadora actual y la nueva.....	42
Gráfica 13.	Cálculo de la Vida Útil Económica de la empacadora actual.....	48
Gráfica 14.	Tendencia de la TIR del flujo diferencial y la empacadora nueva en base a variaciones en ingresos.	50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Llenadora de latas de refrescos.	4
Ilustración 2. Empaquetadora de cajas 24 latas con nylon.	5
Ilustración 3. Vida Útil Económica.....	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo del índice de Eficiencia Global de los Equipos (EGE) ⁽¹²⁾	7
Tabla 2. Tipo de cambio del Euro con respecto al Dólar del 2000 - junio 2008 ⁽³⁾	11
Tabla 3. Tipo de cambio del Dólar con respecto al Quetzal del 2003 – junio 2008 ⁽⁵⁾	11
Tabla 4. Inflación proyectada para el Quetzal del 2009-2019	12
Tabla 5. Eficiencia Global de los Equipos (EGE) de las máquinas de la línea 1B.....	4
Tabla 6. Cálculo de la Eficiencia Global del Equipo (EGE) de la llenadora de la línea 1B con capacidad para 2,125 cajas/hora.....	6
Tabla 7. Componentes del EGE ponderados y comparados con el óptimo para la llenadora desde febrero 2007 hasta marzo 2008.	7
Tabla 8. Cajas no producidas debido a paros y tiempos perdidos en la llenadora desde febrero 2007- marzo 2008.....	9
Tabla 9. Cálculo de la Eficiencia Global del Equipo (EGE) de la empacadora de la línea 1B con capacidad para 2,833 cajas/hora.....	10
Tabla 10. Componentes del EGE ponderados y comparados con el óptimo para la empacadora desde febrero 2007 hasta marzo 2008.....	21
Tabla 11. Cajas no producidas debido a paros y tiempos perdidos en la empacadora.	23
Tabla 12. Pérdida cuantitativa de la Planta con una velocidad en la línea de 2,000 cajas/hora.	23
Tabla 13. Proyecciones de la empacadora actual para los siguientes 6 años de uso.	21
Tabla 14. Comparación de capacidad para producir teórica con la estimada.	27
Tabla 15. Parámetros de la empacadora en Quetzales.....	30
Tabla 16. Datos de la Vida Útil Económica de la empacadora actual.	32
Tabla 17. Comparación mantenimiento de empacadora actual KHS y Kronen.	34
Tabla 18. Promedio enero-junio del 2008 de tipos de cambio	35
Tabla 19. Costos de compra e instalación de la empacadora Kronen.	35
Tabla 20. Costos de compra e instalación de la empacadora KHS.	35
Tabla 21. Total costos: Inversión inicial y costos de mantenimiento de la empacadora Kronen.....	36
Tabla 22. Total costos: Inversión inicial y costos de mantenimiento de la empacadora KHS.....	36
Tabla 23. Vida útil de la empacadora actual y nueva.	37
Tabla 24. Producción proyectada a 6 años de la empacadora actual.	39
Tabla 25. Flujo de Efectivo en Quetzales (Q) de la empacadora actual.	39
Tabla 26. Producción proyectada a 10 años de la empacadora nueva KHS en cajas.	40
Tabla 27. Flujo de Efectivo en Quetzales (Q) de la empacadora nueva KHS a 10 años.	41
Tabla 28. Flujo de Efectivo Neto en Quetzales (Q) de la empacadora nueva KHS a 6 años..	41
Tabla 29. Flujo incremental de la empacadora actual y la nueva.....	43
Tabla 30. Tasa Interna de Retorno del flujo diferencial.....	43
Tabla 31. Valor Actual Neto (VAN) del proyecto.....	44
Tabla 32. Tasa Interna de Retorno del flujo diferencial.....	45
Tabla 33. Valor Actual Neto (VAN) del proyecto.....	45
Tabla 34. Datos de la Vida Útil Económica de la empacadora actual.	48
Tabla 35. Análisis de sensibilidad de la TIR para variaciones en los ingresos, costo de mantenimiento y operación.	49

RESUMEN

Se plantea un análisis financiero de reemplazo de maquinaria en el proceso de enlatado en la cadena de producción de bebidas de la Planta de Cervecería Centroamericana, S.A. El reemplazo o conservación se realiza debido a los problemas actuales en la línea de producción y al ahorro que se pueda generar; con el fin de mantener los más altos niveles de productividad y eficiencia. Dada la importancia de competir con precios bajos dentro del mercado es necesario reducir los tiempos perdidos y holguras que suceden en el proceso.

Se utilizan diversos métodos para el análisis de las alternativas y para tomar la decisión de reemplazo del equipo actual. La base del análisis son las mejoras en productividad y el ahorro en costos. Se determinan los costos de mantenimiento y de operación de la máquina. Asimismo se encuentran los tiempos perdidos debido a paros en el equipo, que indican un índice de eficiencia de la maquinaria y por ende reflejan un costo de dejar de producir. Tomando en cuenta estos costos, se determina si es rentable que el equipo siga operando tal y como está o si se reemplaza. Se utilizan como herramientas financieras la Tasa Interna de Retorno, el Valor Actual Neto y el período de recuperación que son indispensables para la toma de decisión. Este análisis se realiza para llevar un mejor control sobre la maquinaria utilizada y así estar en un proceso de mejora continua que beneficie a la empresa y al consumidor, ya que de esta manera se buscará siempre la reducción de costos con un aumento en la eficiencia y deducir también la planificación del reemplazo de maquinaria.

I. INTRODUCCIÓN

Cada día, las industrias están bajo presión para mejorar la satisfacción del cliente y la calidad del producto, reducir costos y tiempos de entrega, aumentar la seguridad en el trabajo y la disponibilidad operativa de los equipos, reducir inventarios y proveer un área de trabajo más limpia y agradable sin contaminaciones. Esto hace que las empresas estén enfocadas en lograr optimizar los procesos y servicios y, así reducir costos para ser una empresa competitiva y a la cabeza de las demás.

Muchos autores de libros de producción, indican que las máquinas son un medio para producir en masa y así, de esta manera, maximizar las economías de escala (reducción de costos debido a producciones grandes). Las personas son ahora simples inspectores de lo que las máquinas producen en el proceso. Es por esto que es importante analizar los diferentes tipos de problemas que hacen que las máquinas no funcionen correctamente, para tratar de minimizarlos y así obtener una producción deseada con un rendimiento alto en la máquina.

Hay diferentes aspectos que se deben analizar para determinar la eficiencia de una máquina, como el tiempo de producción, proceso y la calidad. Si se toma como ejemplo una máquina ideal, ésta trabaja de forma continua (100% del tiempo), a plena capacidad (100% de la velocidad máxima) y fabrica productos de perfecta calidad (0 defectos). En la realidad esto no sucede y no es factible, porque existen diferentes razones como paros y tiempos perdidos causados por la máquina o ajenos a ella, que hacen que ella no rinda a su capacidad nominal.

Este trabajo pretende evaluar la conservación o el reemplazo de maquinaria en la Planta de Cervecería Centroamericana, S.A. Esta empresa posee únicamente una línea de enlatado de refresco en la Planta y, debido a la creciente demanda del consumo de bebidas y para tratar de cumplir con la misma, se plantea este análisis para determinar ahorros en costos y aumento de productividad.

El capítulo II muestra la situación actual de las máquinas: llenadora y empacadora, analizando así su eficiencia y tiempos perdidos con base al índice de Eficiencia Global de los Equipos (EGE). En el capítulo que le sigue se analizarán las alternativas de conservación o reemplazo de la maquinaria, tomando en cuenta los parámetros necesarios que influyan en la misma, buscando así los ahorros en costos y aumento en la eficiencia en las máquinas. En el último capítulo se evaluará, con las herramientas financieras, la decisión de reemplazo de la

máquina. Todo esto con el fin de evaluar de manera consistente la opción del reemplazo o conservación de la máquina que influye en la rentabilidad de la empresa.

A. Justificación

Debido a la creciente competencia en el mercado de bebidas en Guatemala, México y Centroamérica (la empresa exporta y compite en estas tres regiones), la única forma de seguir en el mercado con índices aceptables de rentabilidad es maximizando los recursos (maquinaria y equipo). De esta manera se pueda producir con los más altos estándares de calidad.

Un plan de producción óptimo le servirá a la empresa para comparar su producción real con la óptima y así determinar las causas de las ineficiencias del proceso. Asimismo, solucionar los problemas que sucedan y puedan afectar directamente el rendimiento de las máquinas.

Es por esto que es necesario identificar los equipos que son críticos en la planta, ya que los que cuentan con una menor eficiencia son los que dan problemas y en un futuro podría perjudicar los rendimientos relacionados de la empresa. Para esto, se debe encontrar el Índice de Eficiencia Global de los Equipos (EGE) en las máquinas del proceso para así determinar cuáles son aquellas máquinas críticas y analizar su estado.

Además, se debe estar consciente de todos los costos involucrados en la máquina actual y la nueva, que harán que se tome la decisión de conservarla o reemplazarla. Se utilizará el análisis financiero como herramienta fundamental en el estudio.

B. Objetivos

1. General

Determinar cuáles son los equipos críticos de la línea de refrescos del Salón 1B en la Planta de Cervecería Centroamericana, S.A., que serán evaluados para determinar cuál deberá analizarse financieramente para la decisión de reemplazo de la máquina actual por máquina nueva.

2. Específicos

- Determinar los principales problemas del proceso actual, utilizando el Índice de Eficiencia Global del Equipo para determinar la raíz del problema de la maquinaria analizada (disponibilidad, calidad, eficiencia).
- Determinar los costos del equipo actual (operación y mantenimiento) que son decisivos para establecer el momento de cambio o reemplazo.
- Determinar la inversión inicial del equipo nuevo y estimar el valor de rescate del actual como parte del análisis financiero.
- Determinar la diferencia en los costos de operación y mantenimiento del equipo nuevo y el actual.
- Valuar el ahorro en los costos y el aumento en la productividad al compararlos por medio de un análisis financiero.

II. MARCO TEÓRICO

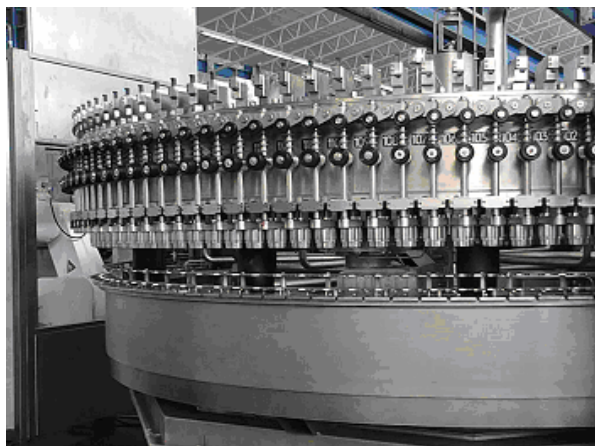
A. Proceso de enlatado

El proceso de enlatado de refresco requiere que varios procedimientos trabajen conjuntamente y de forma organizada. Asimismo, involucra máquinas especializadas que hacen que cada estación produzca lo que debe producir y con las especificaciones necesarias. En este proceso se debe tener cuidado, debido a que lo que se está manejando es bebida que será ingerida por personas por lo que debe ser higiénico y, con los parámetros y estándares que debe cumplir con la calidad.

El procedimiento es el siguiente:

1. **Empacadora de tarimas.** Cada tarima o palet de latas vacías es llevado por un montacargas a la empacadora de tarimas, que son colocadas en un elevador dirigidos a una banda transportadora, donde un operario revisa que las latas no estén en mal estado. Así son transportadas hasta el salón 1 por medio de la banda transportadora cubierta por una caja de plástico para que no se contaminen y luego pasan por una caja de lavado con chorros a presión que lavan la lata. (8)
2. **Llenadora.** En esta máquina, las latas vacías ingresan a una velocidad de hasta 850 latas/min. El proceso de llenado comienza con la introducción de la caña de llenado a la lata, donde todo el aire se desplaza por CO₂ y luego se llena con el tipo de refresco que se esté produciendo. En esta máquina la velocidad es muy importante, si ésta es demasiado rápida el producto empieza a burbujear y salen latas con bajo nivel de refresco. (8)

Ilustración 1. Llenadora de latas de refrescos.



7. Empacadora de tarimas/Envolvedora. Ésta es la última máquina en el proceso. Una vez empacadas las cajas se transportan a esta máquina, donde se colocan las cajas de manera sincronizada para formar tarimas o palets y ser envueltas con plástico en la envolvedora, para luego ser llevadas por el montacargas a la bodega de producto terminado. (8)

B. Eficiencia Global de los Equipos (EGE)

Es importante analizar cuál es la eficiencia de la máquina con un índice (Eficiencia Global de los Equipos) que muestra cómo la máquina se encuentra actualmente y por qué son las pérdidas que ésta presenta. Además es una medida para estimar los tiempos perdidos y así determinar el momento óptimo para reemplazar la máquina. (9)

1. ¿Qué es el EGE? La Eficiencia Global de los Equipos muestra el porcentaje de efectividad del equipo utilizado comparado con su ideal, y la diferencia entre estos dos aspectos se define como pérdidas (tiempo, velocidad y calidad). (9)

2. Objetivo y resultados del EGE. El objetivo final del cálculo del EGE es mostrar cómo las pérdidas en disponibilidad, rendimiento y calidad se relacionan entre sí y reducen la efectividad de las máquinas. (9)

El cálculo del EGE indica el nivel de efectividad del equipo. Además, muestra cuáles de las seis grandes pérdidas deben atacarse primero. El EGE es un instrumento importante para realizar mejoras específicas una vez que se ha priorizado las pérdidas, ya que se centra en el problema principal que ocasiona el equipo. (9)

3. EGE óptimo. El EGE óptimo para la máquina debe ser mayor del 85%, cualquier valor debajo del mismo indica que la máquina tiene una eficiencia baja y que se deben analizar las posibles razones para esto. Es así que se deben tomar en cuenta los componentes que involucran el EGE:

- Disponibilidad: Debe ser >90%.
- Eficiencia de la máquina: Debe ser >95%.
- Calidad: Debe ser >99%.

Por ende la multiplicación de estos tres componentes indica: $90\% \times 95\% \times 99\% = 85\%$ EGE. (7)

4. Los tres componentes del EGE y su obtención. Existen tres grandes componentes del EGE: disponibilidad, rendimiento y calidad. (7)
- Disponibilidad: Se encuentran las averías y esperas. Las averías son aquellos paros o fallos inesperados que generan una pérdida en el tiempo de producción. Las esperas son paros programados como cambio, mantenimiento y paro por comidas.
 - Rendimiento: Se encuentran pérdidas de velocidad y microparadas. Las pérdidas de velocidad son las diferencias entre la velocidad actual y la velocidad de diseño. Las microparadas se refiere a paradas muy pequeñas que son difíciles de anotar, pero que en realidad son pérdidas de tiempo significativas.
 - Calidad: Se encuentran las mermas de calidad y reprocesos. Las mermas de calidad son productos defectuosos que es tiempo de producción perdido ya que no es un producto bueno. Los reprocesos son productos que no cumplen con los estándares de calidad establecidos pero que pueden ser reprocesados para convertirlos en productos buenos. El tiempo que toma un reproceso es tiempo de producción perdido por calidad.

Tabla 1. Cálculo del índice de Eficiencia Global de los Equipos (EGE) ⁽¹²⁾

A	Tiempo bruto disponible (programado)	horas
B	Pérdida de tiempo estimado (paros programados: mantenimiento preventivo, comidas, cambios)	horas
C	Tiempo en uso (tiempo disponible neto A-B)	horas
D	Pérdidas de tiempo (paros inesperados: desarreglos, setups, ajustes)	horas
E	Tiempo de operación (C-D)	horas
F	Disponibilidad $((E/C)*100)$	%
G	Rendimiento durante tiempo de operación	cajas
H	Tiempo operativo teórico	hrs/cajas
I	Eficiencia en ejecución $[(HxG)/E]*100$	%
J	Rechazos durante el tiempo operativo	cajas
K	Porcentaje de calidad del producto	%
	Eficiencia Global de los Equipos $(F*I*K)*100$	%

5. Tipos de paros. Para llevar un mejor control del proceso cada operario lleva un control de los paros de la máquina de la cual está encargado. Para tener un mejor

control y visión de los problemas ocasionados en la máquina, los paros se clasifican en 4 categorías: (12)

- Ajeno
- Mecánico
- Operativo
- Eléctrico

Los paros ajenos involucran aquellos que son independientes a la máquina, ya sea por error del proveedor, falla en el suministro de electricidad, falta de suministro de CO₂, mezcla de bebida con alto nivel de BRIX (cantidad de azúcar que contiene el jarabe), etc. Los paros mecánicos involucran todos aquellos que tienen que ver con la parte mecánica de la máquina: cambio de cojinetes, engrase, cambios de válvulas, ajustes de guías, etc. Los paros operativos son aquellos que involucran al operario, con sus funciones y controles: latas en mal estado, suministro de tapas, limpieza, graduación de presiones, etc. Por último, los paros eléctricos son aquellas fallas que tiene la máquina que involucran la intervención de un especialista eléctrico: dispararse programa, fallo de fotocelda, cambio de sensores, etc.

C. Herramientas financieras

Las decisiones son el resultado de elegir entre una alternativa u otra. Generalmente esa decisión se ve involucrada por el factor "capital" y cómo éste debe ser invertido de la mejor manera. Es por esto que se debe formular, estimar y evaluar los resultados para obtener la mejor decisión en cuanto a la toma de alternativas.

A continuación se mencionarán algunas de las herramientas financieras que existen y que serán utilizadas para el fin de este trabajo.

1. **Período de recuperación.** Es el número de años para recuperar la inversión de un proyecto. (1) En otras palabras, el tiempo n_p que un activo toma para que los ingresos estimados y otros beneficios económicos recuperen la inversión inicial del mismo a una tasa de rendimiento establecida. (2) Dentro de las ventajas están su facilidad de cálculo y el no requerimiento de muchos datos, se basa en flujos de efectivo, mide un valor comparativo de inversión con suficiente exactitud para algunos casos y enfatiza a aquellas alternativas con un rendimiento efectivo más rápido.

Esta herramienta nunca deberá utilizarse como primaria para seleccionar una alternativa sino como una información adicional o depuración inicial de análisis de alternativas. Esto

debido a que ignora el valor del dinero en el tiempo y los flujos de efectivo netos posteriores al tiempo n_p que pudieran contribuir al rendimiento de la inversión. (2)

La ecuación es la siguiente:

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} FEN(P/F, i, t)$$

donde P es la inversión inicial y FEN es el Flujo de Efectivo Neto estimado por año, con una tasa establecida $i > 0\%$. Cuando se quiere tener un indicador inicial de que la proposición es una alternativa viable se puede utilizar esta ecuación, con un $i = 0\%$. (2)

$$0 = -P + \sum_{t=1}^{t=n_p} FEN_t$$

2. **Valor Actual Neto (VAN).** Es un método de equivalencia que traduce los flujos de efectivo de un proyecto a un Valor Actual Neto. (11) Permite calcular el Valor Presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. En palabras sencillas, es el valor que tendrían en el momento actual todos los cobros y pagos que se predice que genere un activo en el futuro descontados a una tasa de interés dada.

Si un proyecto tiene un VAN positivo, el proyecto se acepta. Si tiene un VAN negativo, el proyecto no se acepta. Si tiene un VAN nulo la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. (11)

La principal ventaja es que se manejan los flujos de efectivo en un mismo tiempo ($t=0$), donde las cantidades generadas de dinero ocurrieron en diferentes momentos. Puede tener flujos negativos y positivos sin que distorsione el significado del resultado final.

3. **Tasa Interna de Retorno (TIR).** Es aquella tasa que hace que el Valor Actual Neto (VAN) de una inversión sea igual a cero. (2) Es la tasa de interés máxima que toleraría el proyecto si este fuera financiado totalmente de capital prestado.

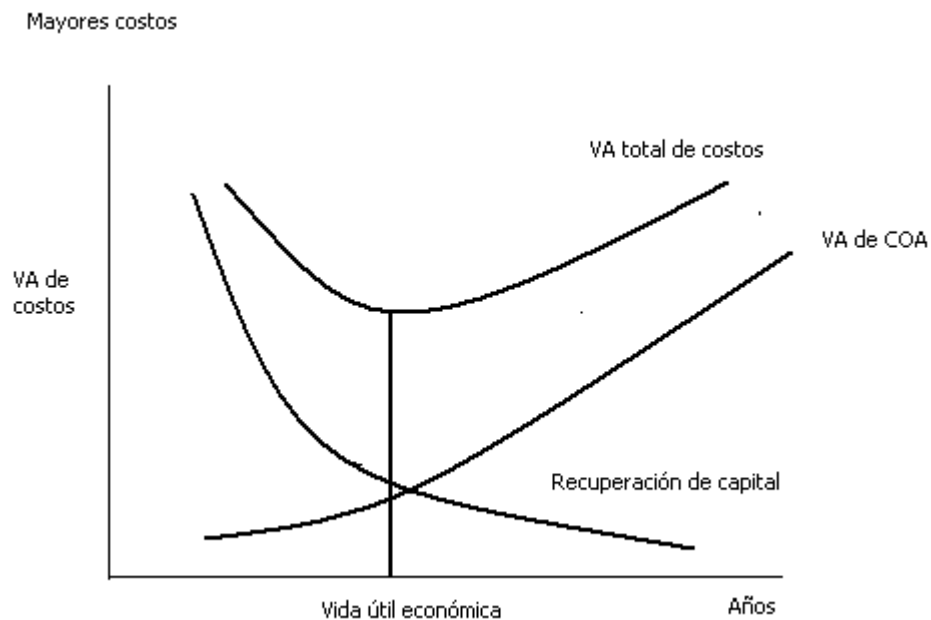
Las reglas para realizar una inversión o no son (11):

- $TIR >$ tasa de interés (i): proyecto se debe realizar.

- $TIR < \text{tasa de interés } (i)$: proyecto debe rechazarse.
- $TIR = \text{tasa de interés } (i)$: inversionista es indiferente a la realización de la inversión o no.

4. **Vida Útil Económica (VUE)**. Es el número de años en que los costos del valor anual (VA) uniformes equivalentes son mínimos. (2) Es aquel punto en la gráfica (parábola) donde el valor anual de los costos totales que iban disminuyendo, empiezan a subir y es en ese punto de transición (valor anual de costos es menor) que indica el momento adecuado para reemplazar un activo.

Ilustración 3. Vida Útil Económica



La VUE se calcula con el valor anual (VA) de los costos durante el período que el activo esté en uso. El VA de costos incluye la recuperación de capital y el VA del costo de operación. La recuperación de capital es el costo anual equivalente de poseer un activo mas el rendimiento sobre la inversión inicial. El costo anual de operación es el equivalente al VA de costos que se involucran en la operación de la máquina (mantenimiento y electricidad). (2)

Para obtener el VA de los costos de la máquina, la ecuación es la siguiente:

$$\text{VA total de costos} = - \text{Recuperación de capital (RC)} - \text{VA del costo anual de operación (COA)}$$

$$\text{VA total de Costos} = - \text{RC} - \text{VA del COA}$$

D. Tipo de cambio

Las máquinas se cotizan y se venden en Euros, para efectos de este estudio, todas las cifras monetarias se convierten a quetzales y se genera el flujo de dinero de la empresa en quetzales. Debido a que no existe una cotización directa de Euros a Quetzales, se utiliza el dólar como cotización intermedia entre estas dos monedas.

A continuación se presentan las tablas del tipo de cambio de las monedas respectivas:

Tabla 2. Tipo de cambio del Euro con respecto al Dólar del 2000 - junio 2008 ⁽³⁾

Año	Dólar EEUU
2000	0.924
2001	0.896
2002	0.945
2003	1.131
2004	1.243
2005	1.245
2006	1.256
2007	1.371
2008	1.531

⁽³⁾ Fuente: Banco Central Europeo. Eurostat y FMI para el DEG

Elaboración: Instituto Canario de Estadística (ISTAC)

Tabla 3. Tipo de cambio del Dólar con respecto al Quetzal del 2003 – junio 2008 ⁽⁵⁾

Año	Quetzal (Q)
2003	7.950056986
2004	7.959589396
2005	7.645796247
2006	7.610636493
2007	7.674880192
2008	7.593296319

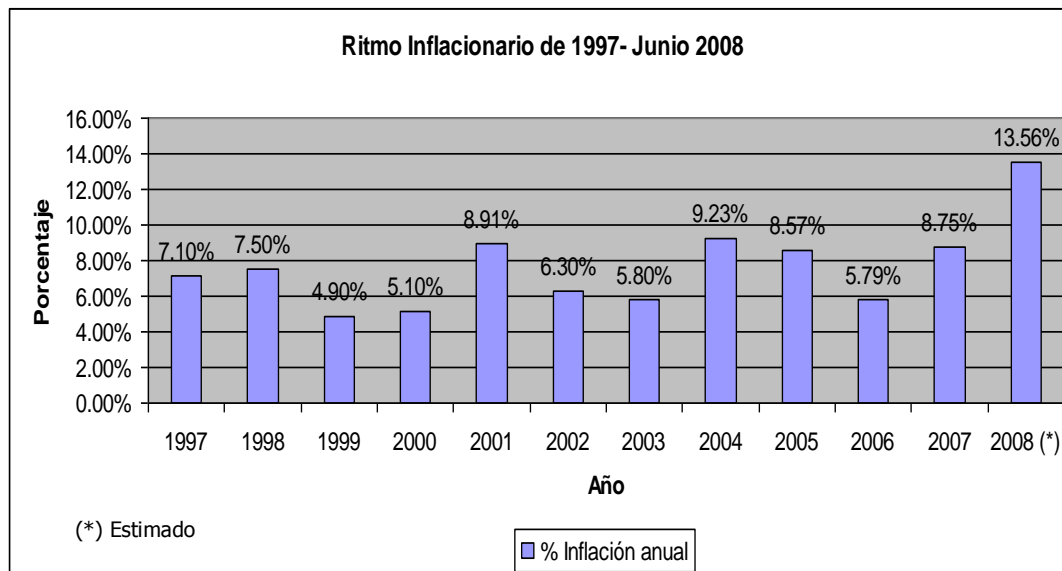
⁽⁵⁾ Fuente: Banco de Guatemala (BANGUAT)

E. Inflación

La inflación es un aumento en la cantidad de dinero que es necesaria para obtener la misma cantidad de un servicio o producto antes del precio inflacionario. (2) Al proyectar un flujo de efectivo a largo plazo, es importante tomar en cuenta la inflación ya que al hacerlo este se hace más real y se tiene un mejor punto de comparación, sobre todo en economías con niveles altos.

A continuación se presenta la Gráfica 1 que muestra los índices anuales de inflación de Guatemala para los últimos 10 años.

Gráfica 1. Tasa de inflación anual de Guatemala para 1997- Junio 2008 ⁽⁵⁾



En la Tabla 4 se muestra la inflación proyectada, para efectos de este estudio, para los años 2009-2018. La proyección de la inflación se calculó tomando en cuenta el alza en el precio del petróleo, habiendo estimado un aumento global en los precios de los productos. Según proyecciones del BANGUAT se espera que la inflación disminuya gradualmente por lo que con los años se comportará de manera descendente, llegando a niveles de 6%.

Tabla 4. Inflación proyectada para el Quetzal del 2009-2019

Año	Año en Flujo de Efectivo	Inflación proyectada %
2009	1	10%
2010	2	10%
2011	3	8%
2012	4	8%
2013	5	7%
2014	6	7%
2015	7	7%
2016	8	7%
2017	9	6%
2018	10	6%

F. Tasa de interés

El CPPC (Costo Promedio Ponderado de Capital) refleja el costo futuro promedio esperado de los fondos a largo plazo. Este se obtiene al multiplicar el costo específico de cada tipo de financiamiento de la empresa por su proporción en la estructura de capital. (4)

La Tasa Mínima Atractiva de Rendimiento (TMAR) es la tasa de interés con la cual una empresa siempre puede ganar dinero y obtenerlo prestado. Por lo general está determinada por la gerencia y es la tasa que debe usarse en el análisis de Valor Actual Neto. (11) Teóricamente, la TMAR debe ser mayor al CPPC.

Debido a que la empresa maneja cierto grado de confidencialidad sobre el CPPC para este estudio, se tomará como parámetro la tasa de préstamo en el banco que le dan a la Planta de Cervecería Centroamericana, S.A. Ésta es del 9% en quetzales la cual se tomará también como la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TMAR).

III. SITUACIÓN ACTUAL

A. Evaluación de la línea 1B de enlatado de refresco

La Planta de la Cervecería Centroamericana S. A. cuenta con 4 salones de enlatado y embotellado de refrescos y cerveza. El Salón 1 cuenta con 2 líneas, la línea 1A que enlata y embotella cerveza de exportación y la línea 1B que enlata refrescos y además tiene la producción de llenado de barriles de cerveza. El Salón 2 embotella cerveza en litro. El Salón 3 y 4 embotellan cervezas nacionales e internacionales.

Debido a la cantidad de pérdidas por paros y a que es la única línea de enlatado de refrescos en esta Planta, se decidió analizar la línea 1B del Salón 1 para evaluar el rendimiento actual y las alternativas de aumento de productividad.

La producción de la línea 1B es continua, con un rendimiento total de 2,000 cajas/hora, cada caja contiene 24 latas de refresco. Asimismo la línea trabaja las 24 horas, 5 días a la semana y el mantenimiento de maquinaria se hace diariamente cuando hay cambio de producto o al finalizar lotes de producción.

El cálculo de la capacidad que debe tener la línea se hace a partir de diferentes variables. Se estiman 52 semanas en un año, de las cuales sólo se programan 42 semanas de producción debido a los paros por mantenimiento, ajustes y feriados. Basándose en esta planificación, se estima que las máquinas en la línea tengan una capacidad de producción, ya con estos paros programados previstos, del 95%.

La Tabla 5 muestra los EGE de las respectivas máquinas en la línea 1B de producción del Salón 1. Para poder determinar cuáles son las máquinas que serán analizadas, se tomaron aquellas cuyos EGE son menores. El Anexo A muestra a detalle el cálculo de la Eficiencia Global de los Equipos (EGE) para cada máquina de la línea.

Tabla 5. Eficiencia Global de los Equipos (EGE) de las máquinas de la línea 1B.

Máquina	EGE
Desempacadora de tarimas	80.14%
Transporte	83.35%
Llenadora	70.25%
Selladora	78.40%
Pasteurizadora	87.32%
Videojet	81.25%
INSCAN	81.65%
Empacadora	53.30%
Empacadora de tarimas	80.98%

Debido al análisis del EGE, esta línea tiene dos cuellos de botella: llenadora y empacadora, las cuales son las que rigen la producción. Por ello se basan en éstas para sincronizar las otras máquinas de la línea. A continuación se analizará la situación actual de estas dos máquinas y se evaluará cuál es menos eficiente y más crítica para el proceso en términos de paros y tiempos perdidos.

1. Llenadora. Esta máquina tiene una capacidad de producción nominal de 60,000 latas/hora o 2,500 cajas/hora, esta es la eficiencia teórica considerada al 100%, pero debido a que fue adquirida usada de una planta de refrescos similar, la capacidad de la misma se tuvo que reajustar por el cambio de programa, acoplamiento del equipo y paros programados. La capacidad actual real de producción es de 51,000 latas/hora o 2,125 cajas/hora, la que será utilizada a lo largo del trabajo. Con esta capacidad actual se espera que la máquina mantenga una eficiencia del 95%. Sin embargo, la máquina no rinde a esta capacidad, debido a los diferentes paros y tiempos perdidos propios y de la línea de proceso que afectan directamente a su rendimiento. Por esta razón se analizan las máquinas con la eficiencia mínima que deben poseer según el índice de Eficiencia Global de los Equipos que, como ya se mencionó en el marco teórico, es de 85% del EGE. Sobre este número se realizará todo el análisis de esta sección, debido a que se quiere comparar que tan alejado del mínimo se encuentra la eficiencia de la máquina actual.

En la Tabla 6 se presentan los datos del cálculo del EGE de la llenadora para 14 meses, mostrando los efectos de los paros y tiempos perdidos en la eficiencia de la máquina. Se indica que únicamente un mes muestra un EGE mayor a 85%, los demás son menores. Para analizar el EGE que tuvo la máquina en este tiempo, se realizó un promedio ponderado⁽¹⁾ de cada componente para obtener así el ponderado del EGE. Esto mostró que la máquina tiene un índice de EGE ponderado del 70.95%, indicando que la máquina tiene una eficiencia baja.

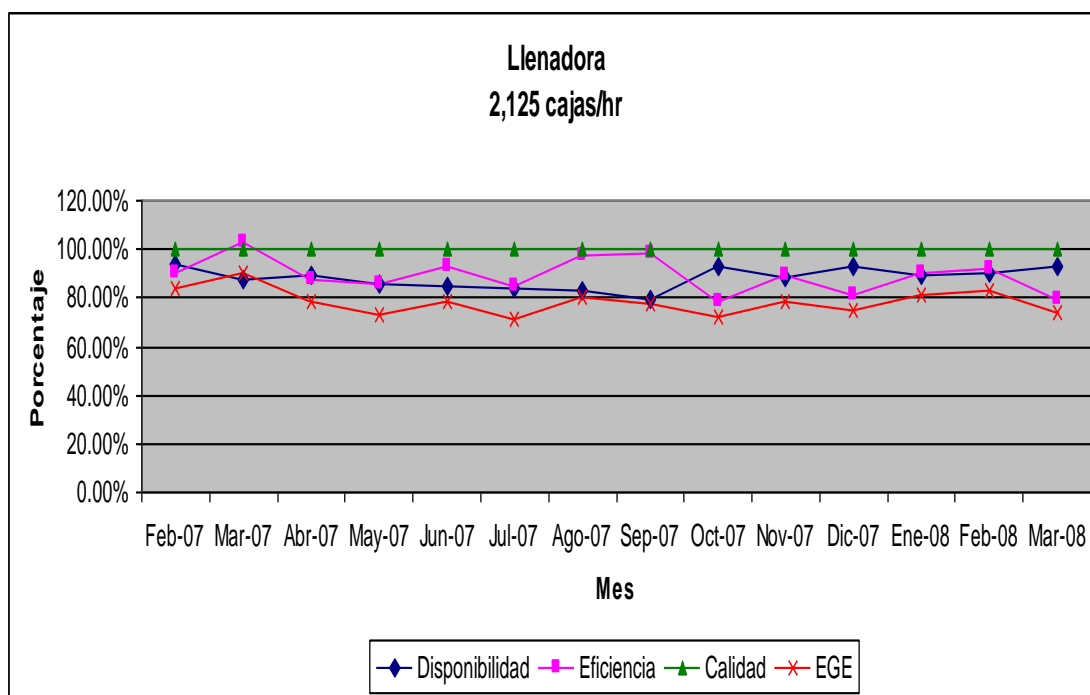
Los paros y tiempos perdidos se calcularon de la recopilación diaria de los mismos durante 14 meses de producción y además el clasificar las principales causas de los paros en la Llenadora (Ver Anexo B).

Tabla 6. Cálculo de la Eficiencia Global del Equipo (EGE) de la llenadora de la línea 1B con capacidad para 2,125 cajas/hora.

			feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	ene-08	feb-08	mar-08	
A	Tiempo bruto disponible (programado)	horas	433.00	407.25	422.77	622.41	421.27	452.72	447.17	650.23	450.83	469.76	439.71	411.67	393.09	461.34	
B	Pérdida de tiempo estimado (mant. preventivo, comidas)	horas	77.66	40.69	56.42	43.43	64.18	69.54	71.06	93.24	68.43	71.3	74.18	60.5	103.90	40.19	
C	Tiempo en uso (tiempo disponible neto A-B)	horas	355.34	366.56	366.35	578.98	357.09	383.18	376.11	556.99	382.4	398.46	365.53	351.17	289.19	421.15	
D	Pérdidas de tiempo (desarreglos, setups, ajustes)	horas	22.522222	45.244701	37.905556	84.038889	54.9625	62.261111	64.816667	116.73889	26.822222	44.705556	26.85	36.955556	27.983333	29.177778	
E	Tiempo de operación (C-D)	horas	332.81778	321.3153	328.44444	494.94111	302.1275	320.91889	311.293333	440.25111	355.57778	353.75444	338.68	314.21444	261.20667	391.97222	
F	Disponibilidad $((E/C)*100)$	%	93.66%	87.66%	89.65%	85.49%	84.61%	83.75%	82.77%	79.04%	92.99%	88.78%	92.65%	89.48%	90.32%	93.07%	
G	Rendimiento durante tiempo de operación	cajas	635,614	702,246	609,325	896,852	597,970	579,738	641,684	921,895	590,258	668,460	585,333	603,459	509,910	662,054	
H	Tiempo operativo teórico	hrs/cajas	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.00047059	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.0004706	
I	Eficiencia en ejecución $((HxG)/E)*100$	%	89.87%	102.85%	87.30%	85.27%	93.14%	85.01%	97.00%	98.54%	78.12%	88.92%	81.33%	90.38%	91.87%	79.48%	
J	Rechazos durante el tiempo operativo	cajas	640	670	1,010	1015	890	975	765	980	810	1193	761	742	580	909	
K	Porcentaje de calidad del producto	%	99.90%	99.90%	99.83%	99.89%	99.85%	99.83%	99.88%	99.89%	99.86%	99.82%	99.87%	99.88%	99.89%	99.86%	
EGE	$(F*I*K)*100$	%	84.09%	90.07%	78.14%	72.81%	78.69%	71.08%	80.19%	77.81%	72.54%	78.81%	75.26%	80.77%	82.88%	73.88%	
	Promedio ponderado disponibilidad	%	6.47%	6.05%	6.19%	5.90%	5.84%	5.78%	5.72%	5.46%	6.42%	6.13%	6.40%	6.18%	6.24%	6.43%	85.21%
	Promedio ponderado eficiencia	%	6.21%	7.10%	6.03%	5.89%	6.43%	5.87%	6.70%	6.80%	5.39%	6.14%	5.62%	6.24%	6.34%	5.49%	86.25%
	Promedio ponderado calidad	%	6.90%	6.90%	6.89%	6.90%	6.89%	6.89%	6.90%	6.90%	6.90%	6.89%	6.90%	6.90%	6.90%	6.90%	96.55%
	Promedio ponderado EGE	%															70.95%

La Gráfica 2 muestra los componentes principales (disponibilidad, eficiencia y calidad) del EGE, además del EGE mensual para la Llenadora, con un rendimiento de 2,125 cajas/hora. Se puede observar cómo estos componentes van variando mensualmente (no son constantes) por debajo de lo esperado, haciendo que el EGE se mantenga por debajo del 85%.

Gráfica 2. Componentes y EGE de llenadora por mes con capacidad de 2,125 cajas/hora.



En la Tabla 7 se observa que el EGE óptimo para la máquina debe ser mayor del 85%, y los componentes del EGE deben ser mayores que los óptimos también:

- Disponibilidad >90%,
- Eficiencia de la máquina >95%,
- Calidad >99%,

pero, en esta situación no sucede esto. Para entender las causas de los bajos porcentajes en la máquina, se analizarán los componentes separadamente.

Tabla 7. Componentes del EGE ponderados y comparados con el óptimo para la llenadora desde febrero 2007 hasta marzo 2008.

Parámetros	%	% óptimo	diferencia
Disponibilidad de la máquina	85.21%	90%	-4.79%
Eficiencia de la máquina	86.25%	95%	-8.75%
Calidad del producto	96.55%	99%	-2.45%
EGE	70.95%	85%	

El componente con mayor porcentaje de diferencia es el de la eficiencia que muestra un 86.25% comparado con un 95%, el cual se encuentra un 8.75% por debajo de lo aceptable. Esto indica que durante el tiempo que se tuvo disponible para producir, no se produjo 8.75% de lo que debería haber producido. Además, indica que la velocidad a la que la máquina está trabajando es de 0.0004575 hr/caja, mientras que la velocidad que debiera manejar es de 0.0004706 hr/caja, lo que indica que la máquina está siendo manejada a una velocidad de producción menor a la que debería de tener y por esta razón se está desaprovechando el tiempo que la máquina tiene para producir. Algo interesante se observó en el mes de septiembre del 2007, cuando el porcentaje de eficiencia fue mayor al 100%. ¿Qué indica esto? Que el tiempo que se tuvo que haber tomado la máquina para producir lo que produjo es mayor que el tiempo operativo de la máquina. Por lo que para cumplir con ese tiempo operativo, el operario tuvo que haber aumentado la velocidad para poder lograr lo que se produjo. Esto es importante, un aumento de velocidad en la máquina hace que ésta no rinda como debería, lo que provoca paros y fallas además del desgaste de la máquina.

El componente de disponibilidad de la máquina muestra un 85.21% comparado con un 90%, el cual se encuentra un 4.74% por debajo de lo aceptable. Esto indica que el tiempo que se tenía programado para producir no se utilizó completo, debido a paros involucrados en el proceso (ajenos, operativos, mecánicos y eléctricos).

El componente de calidad muestra un 96.55% comparado con el 99%, que indica una diferencia de 2.45%, aunque es un diferencial de calidad bajo, en realidad se quiere que el producto salga lo menos defectuoso y posible.

Para tener una mejor dimensión de lo que en realidad se ha dejado de producir y lo que la empresa pierde al no lograr un índice de Eficiencia Global de los Equipos aceptable, la Tabla 8 muestra la cantidad de cajas que se dejaron de producir. Al convertir esta cifra a Quetzales equivale a: Q 4,394,300.00 en 14 meses de producción. Tomando como base el margen de ganancia por caja que es de Q25.00^(*). El objetivo es que la llenadora, trabaje con una eficiencia del 95% y una velocidad de 2,125 cajas/hora. Según el análisis del EGE la eficiencia es menor al 85%, significando una cantidad importante de cajas no producidas e ingresos no obtenidos. La llenadora está vinculada a las otras máquinas que están dentro de la línea y por esto se toma como referencia la velocidad de la línea de producción que es de 2,000 cajas/hora. Para este análisis se consideró que la diferencia de velocidades es consecuencia de los tiempos perdidos y al cuantificar estos tiempos con las cajas que no se produjeron se tiene el resultado que se muestra en la Tabla 8.

^(*) Fuente: Planta Cervecería Centroamericana, S.A.

Tabla 8. Cajas no producidas debido a paros y tiempos perdidos en la llenadora desde febrero 2007- marzo 2008.

Mes	Eficiencia llenadora (EGE deseado)	Velocidad llenadora con EGE deseado (cajas/hora)	Velocidad línea de producción (cajas/hora)	Eficiencia llenadora (EGE actual)	Velocidad llenadora con EGE actual (cajas/hora)	Cajas/hora que no son producidas por paros (Vel línea-Vel actual)	Cajas no producidas mensualmente por paros
feb-07	95%	2,125	2,000	84.09%	1,881	119	2,680
mar-07	95%	2,125	2,000	90.07%	2,015	-15	-664
abr-07	95%	2,125	2,000	78.14%	1,748	252	9,557
may-07	95%	2,125	2,000	72.81%	1,629	371	31,203
jun-07	95%	2,125	2,000	78.69%	1,760	240	13,187
jul-07	95%	2,125	2,000	71.08%	1,590	410	25,532
ago-07	95%	2,125	2,000	80.19%	1,794	206	13,368
sep-07	95%	2,125	2,000	77.81%	1,740	260	30,306
oct-07	95%	2,125	2,000	72.54%	1,623	377	10,123
nov-07	95%	2,125	2,000	78.81%	1,763	237	10,606
dic-07	95%	2,125	2,000	75.26%	1,683	317	8,500
ene-08	95%	2,125	2,000	80.77%	1,807	193	7,146
feb-08	95%	2,125	2,000	82.88%	1,854	146	4,088
mar-08	95%	2,125	2,000	73.88%	1,652	348	10,140
Total							175,772

2. Empacadora. La empacadora cuenta actualmente con un rendimiento o capacidad real de 68,000 latas/hora o 2,833 cajas/hora, que corresponde a una eficiencia del 95%. Su capacidad nominal era de 80,000 latas/hora o 3,333 cajas/hora, al 100% de eficiencia. Sin embargo, la capacidad actual real es menor porque esta máquina fue adquirida usada a una planta similar, al igual que la llenadora. Por lo que será utilizada a la capacidad real actual de 2,833 cajas/hora para efectos de este trabajo. Sin embargo, la máquina no rinde tampoco a la misma debido a que existen paros y tiempos perdidos en el proceso que hacen que ésta no trabaje con la capacidad deseada. Por esta razón se estará analizando la empacadora con la eficiencia mínima que debe poseer una máquina (85%).

En la Tabla 9 se presentan los datos necesarios para el cálculo mensual del EGE de la empacadora. Se observa que ningún mes muestra un EGE mayor del 85%, lo cual indica que la máquina no está utilizándose al 100% y que el rendimiento de la misma es bajo.

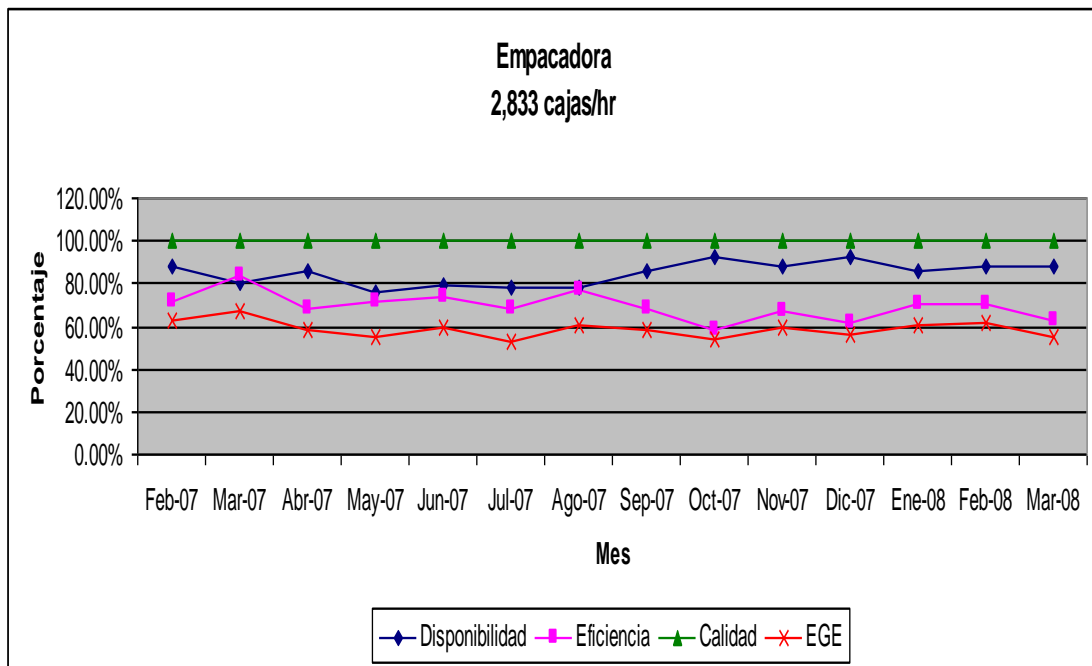
Los paros se calcularon de la recopilación diaria de los mismos durante 14 meses de producción y la clasificación de las principales causas de los paros en la Llenadora (Ver Anexo C).

Tabla 9. Cálculo de la Eficiencia Global del Equipo (EGE) de la empacadora de la línea 1B con capacidad para 2,833 cajas/hora.

			feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	ene-08	feb-08	mar-08	
A	Tiempo bruto disponible (programado)	horas	433	407.25	422.77	622.41	421.27	452.72	447.17	653.23	450.83	469.76	439.71	411.67	393.09	461.34	
B	Pérdica de tiempo estimado (mant. preventivo, comidas)	horas	77.66	40.69	56.42	43.43	64.18	69.54	71.06	93.24	68.43	71.3	74.18	60.5	103.9	40.19	
C	Tiempo en uso (tiempo disponible neto A-B)	horas	355.34	366.56	366.35	578.98	357.09	383.18	376.11	559.99	382.4	398.46	365.53	351.17	289.19	421.15	
D	Pérdicas de tiempo (desarreglos, setups, ajustes)	horas	41.738889	71.03359	52.322222	136.20556	72.679167	83.338889	81.1	79.694444	26.822222	46.305556	27.883333	48.772222	33.933333	48.044444	
E	Tiempo de operación (C-D)	horas	313.60111	295.52641	314.02778	442.77444	284.41083	299.34111	295.01	477.29556	355.57778	352.15444	337.64667	302.39178	255.25667	373.10556	
F	Disponibilidad ((E/C)*100)	%	88.25%	80.62%	85.72%	76.47%	79.65%	78.25%	78.44%	85.69%	92.99%	88.38%	92.37%	86.11%	88.27%	88.59%	
G	Rendimiento durante tiempo de operación	cajas	635,614	702,246	609,325	896,852	597,970	579,738	641,684	921,895	590,258	668,460	585,333	603,459	509,910	662,054	
H	Tiempo operativo teórico	hrs/cajas	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	0.0003529	
I	Eficiencia en ejecución $[(H*G)/E]*100$	%	71.53%	83.87%	68.48%	71.49%	74.21%	68.24%	76.77%	68.17%	58.59%	67.00%	61.18%	70.43%	70.50%	62.63%	
J	Rechazos durante el tiempo operativo	cajas	640	670	1010	1015	890	975	765	980	810	1193	761	742	580	909	
K	Porcentaje de calidad del producto	%	99.90%	99.90%	99.83%	99.89%	99.85%	99.83%	99.88%	99.89%	99.86%	99.82%	99.87%	99.88%	99.89%	99.86%	
EGE	$(F*J)/K*100$	%	63.07%	67.55%	58.60%	54.61%	59.01%	53.31%	60.14%	58.35%	54.40%	59.10%	56.44%	60.58%	62.16%	55.41%	
	Promedio ponderado disponibilidad	%	6.09%	5.57%	5.92%	5.28%	5.50%	5.40%	5.42%	5.92%	6.42%	6.10%	6.38%	5.95%	6.09%	6.12%	82.16%
	Promedio ponderado eficiencia	%	4.94%	5.79%	4.73%	4.94%	5.12%	4.71%	5.30%	4.71%	4.05%	4.63%	4.22%	4.86%	4.87%	4.32%	67.19%
	Promedio ponderado calidad	%	6.90%	6.90%	6.89%	6.90%	6.89%	6.89%	6.90%	6.90%	6.90%	6.89%	6.90%	6.90%	6.90%	6.90%	96.55%
	Promedio ponderado EGE	%															53.3%

En la Gráfica 3 se muestra la disponibilidad, eficiencia y calidad de la empacadora de manera mensual, al igual que el EGE. La capacidad actual real de la máquina de 2,833 cajas/hora indica que sus porcentajes están bajos y que por lo mismo están muy alejados del óptimo que es el 85%.

Gráfica 3. Componentes y EGE de empacadora con capacidad de 2,833 cajas/hora.



En la Tabla 10 se observa que el EGE óptimo para la máquina debe ser mayor del 85%, y los componentes del EGE deben ser mayores que los óptimos también:

- Disponibilidad >90%.
- Eficiencia de la máquina >95%.
- Calidad >99%.

se muestra además, el promedio ponderado de los meses analizados con los tres componentes que forman el EGE.

Tabla 10. Componentes del EGE ponderados y comparados con el óptimo para la empacadora desde febrero 2007 hasta marzo 2008.

Parámetros	%	% óptimo	diferencia
Disponibilidad de la máquina	82.16%	90%	-7.84%
Eficiencia de la máquina	67.19%	95%	-27.81%
Calidad del producto	96.55%	99%	-2.45%
EGE	53.30%	85%	

El componente con una diferencia de porcentaje más alto es el de eficiencia con un 67.19%, que al compararlo con un 95%, se encuentra a un 27.81% por debajo de lo aceptable. Esto indica que durante el tiempo que se tuvo disponible para producir, no se produjo lo que se tuvo que haber producido. De esta manera, se puede inferir que la máquina trabajó a una velocidad menor que la estipulada lo que indica que se está tomando más tiempo para producir y que la máquina no se está utilizando en su totalidad.

El componente de disponibilidad presenta un 82.16% comparado con un 90%, el cual se encuentra un 7.84% por debajo de lo aceptable. Esto representa qué tan bien fue utilizado el tiempo disponible que tiene la máquina para producir. Los resultados indican que el tiempo en uso y el tiempo operativo no son iguales, ya que involucran el factor pérdida por paro (ajeno, mecánico, operativo y eléctrico) que hace que estos tiempos no sean iguales, y que tenga tiempos perdidos de producción.

En cuanto al componente de calidad, este es del 96.55%, lo que indica que está por debajo del rango permitido para este componente, el cual es 99%, es decir, que de lo producido, un 2.45% es rechazado, que representa una fracción de mala calidad y desecho en la máquina.

En total el promedio del EGE en el tiempo estudiado fue de 53.30%, el cual es un número muy bajo que no debe ser pasado por alto. La Tabla 11 muestra la cantidad cajas no producidas debido a paros y tiempos perdidos y al convertir esta cifra en Quetzales equivale a: Q 5,447,800.00 durante el período analizado. Tomando como base que el margen de ganancia por caja es de Q25.00^(*). La empacadora debería trabajar a una eficiencia del 95% y una velocidad de 2,833 cajas/hora. Cuando se realizó el análisis del EGE, se obtuvo que las eficiencias mensuales son menores al 85% que es el mínimo y por ende son menores al 95%. La empacadora está vinculada a las otras máquinas que están dentro de la línea y por esto se toma como referencia la velocidad de la línea completa de producción que es de 2,000 cajas/hora. Para este análisis se tomó en cuenta que la diferencia de velocidades es consecuencia de los tiempos perdidos y al cuantificar estos tiempos con las cajas que no se produjeron se tiene el resultado que se muestra en la Tabla 11.

^(*) Fuente: Planta Cervecería Centroamericana, S.A.

Tabla 11. Cajas no producidas debido a paros y tiempos perdidos en la empacadora.

Mes	Eficiencia empacadora (EGE deseado)	Velocidad empacadora con EGE deseado (cajas/hora)	Velocidad línea de producción (cajas/hora)	Eficiencia empacadora (EGE actual)	Velocidad empacadora con EGE actual (cajas/hora)	Cajas/hora que no son producidas por paros (Vel línea-Vel actual)	Cajas no producidas mensualmente por paros
feb-07	95%	2,833	2,000	63.07%	1,881	119	4,976
mar-07	95%	2,833	2,000	67.55%	2,014	-14	-1,026
abr-07	95%	2,833	2,000	58.60%	1,748	252	13,203
may-07	95%	2,833	2,000	54.61%	1,629	371	50,599
jun-07	95%	2,833	2,000	59.01%	1,760	240	17,453
jul-07	95%	2,833	2,000	53.31%	1,590	410	34,191
ago-07	95%	2,833	2,000	60.14%	1,794	206	16,743
sep-07	95%	2,833	2,000	58.35%	1,740	260	20,705
oct-07	95%	2,833	2,000	54.40%	1,622	378	10,129
nov-07	95%	2,833	2,000	59.10%	1,763	237	10,995
dic-07	95%	2,833	2,000	56.44%	1,683	317	8,833
ene-08	95%	2,833	2,000	60.58%	1,806	194	9,441
feb-08	95%	2,833	2,000	62.16%	1,854	146	4,964
mar-08	95%	2,833	2,000	55.41%	1,652	348	16,706
TOTAL							217,912

3. Pérdida cuantitativa en llenadora y empacadora. En los incisos anteriores se analizó cada máquina: llenadora y empacadora de forma independiente. Ahora se puede obtener cuál es la magnitud de pérdida por paros durante estos 14 meses analizados que existen en estas dos máquinas, y así poder establecer cuál de las dos es actualmente la que determina el ritmo de producción de la línea.

En la Tabla 12, se muestra las pérdidas de cada máquina como si estuviera funcionando sola, pero en realidad está en un proceso continuo donde lo que produce uno lo pasa al otro. Esto indica que la llenadora que se encuentra antes de la empacadora tiene ciertos paros que retrasan la producción, lo cual afecta a la empacadora y además que la empacadora tiene otros paros, por lo que la pérdida cuantitativa se determina en la empacadora, la cual es afectada por los paros de la llenadora y de la propia máquina. De esta manera se observa que la pérdida en producción cuantificada equivale a Q 5,447,800.00 en un lapso de 14 meses. Si se toma un promedio aproximado mensual equivale a Q 389,128.57, que es significativo para la compañía.

Tabla 12. Pérdida cuantitativa de la Planta con una velocidad en la línea de 2,000 cajas/hora.

Máquina	Q perdidos
Llenadora	4,394,300.00
Empacadora	5,447,800.00

Al comparar la pérdida de cada máquina en términos de paros y tiempos perdidos, se puede notar claramente que la máquina con más problemas es la empacadora, ya que es la que menos eficiencia y más pérdida tiene. Por esta razón, se analizará su conservación o reemplazo en la sección siguiente.

Una vez analizada la productividad de la llenadora y la empacadora actual, se refleja la importancia de hacer un análisis de reemplazo de la máquina. En esta sección se muestra que la empacadora tiene una eficiencia baja debido a que no está siendo utilizada y aprovechada con la capacidad que tiene para producir, además que debido a estas razones la empacadora determina el ritmo de producción de la línea. Por esta razón, si después del análisis se decide cambiar la empacadora, se lograría un mayor aprovechamiento de su capacidad y al mismo tiempo aumentaría la eficiencia de la llenadora, porque ésta ya no estaría restringida por mal aprovechamiento de la capacidad de la empacadora.

IV. ALTERNATIVAS

Una vez analizada la situación actual y demostrada que es la empacadora la que menor productividad tiene actualmente sobre su capacidad, es importante analizar las alternativas que tiene la empresa con respecto a la misma. En este trabajo se presentarán dos alternativas que serán evaluadas para determinar cuál es la mejor opción:

1. Mantener la máquina empacadora tal como está.
2. Realizar un análisis de reemplazo de la empacadora actual por una nueva.

A. Alternativa 1: Mantener la máquina empacadora tal como está.

En esta opción se plantea el mantener la empacadora tal y como está, tomando en cuenta que su eficiencia disminuye y los costos operativos y de mantenimiento aumentan cada año. De esta manera se analizarán los parámetros de: producción, costo de mantenimiento, costos de electricidad, paros y tiempos perdidos, para determinar las proyecciones de las mismas y cuál es el comportamiento de la productividad.

La empacadora actual es de marca KHS y fue adquirida en 1994. La vida útil de la máquina, según los proveedores, es de 10 años ya que después de este período la máquina se vuelve obsoleta. La Planta de Cervecería Centroamericana S.A. ha hecho diversos arreglos e inversiones en mantenimiento para que esta pueda llegar a los 20 años de uso, que es lo estimado para que la empacadora todavía siga en funcionamiento. De esta manera, el análisis de la empacadora se hará por 6 años que son los años que le faltan a la actual para que deje de funcionar.

A continuación se presentan las proyecciones de costos, producción y paros de la empacadora actual para los siguientes 6 años:

Tabla 13. Proyecciones de la empacadora actual para los siguientes 6 años de uso.

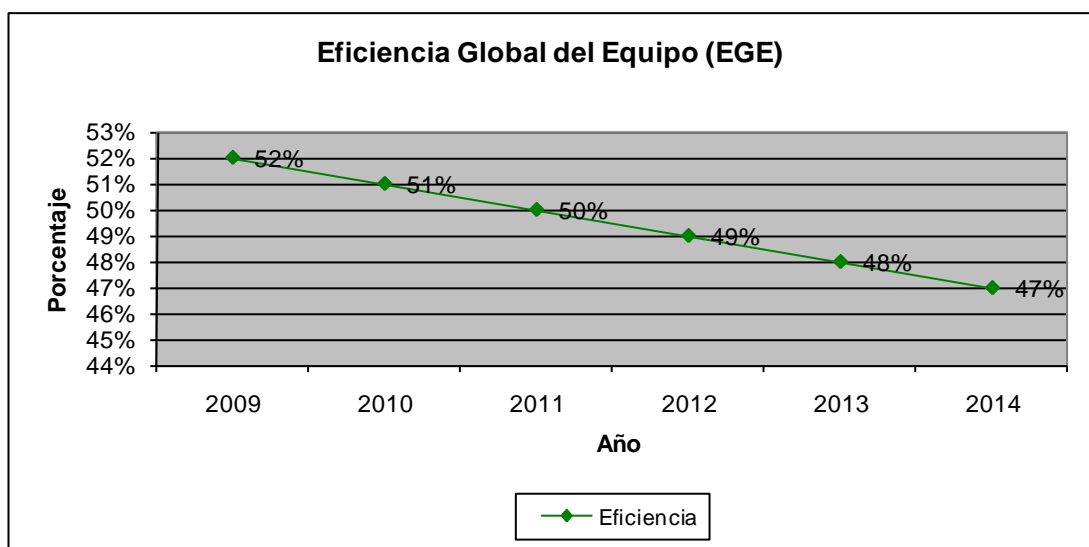
	AÑO					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Producción (cajas)	4,517,923	4,608,281	4,698,640	4,788,854	4,878,767	4,968,211
Costos de mantenimiento (Q)	334,400.00	411,980.80	498,331.98	602,782.36	722,374.38	865,693.45
Costos de electricidad (Q)	692,290.37	830,748.44	971,975.68	1,131,977.83	1,300,847.11	1,490,500.32
Paros y tiempos perdidos (cajas no producidas)	203,218	205,250	207,303	209,376	211,470	213,584

1. Parámetros.

a. Producción. Según la sección anterior, se tiene que la empacadora actual produce con una eficiencia del 53.30% que, para efectos de esta sección se aproximará a 53%, lo cual bajo estas condiciones se prevé que la misma irá disminuyendo. Como ya se mencionó anteriormente, la empacadora lleva 14 años de uso y debido al constante desgaste, la eficiencia de la empacadora disminuirá anualmente un 1%.

A continuación se presenta la disminución de la eficiencia en porcentaje y la producción de cajas bajo esta eficiencia.

Gráfica 4. Proyección de la eficiencia de la empacadora actual (%)



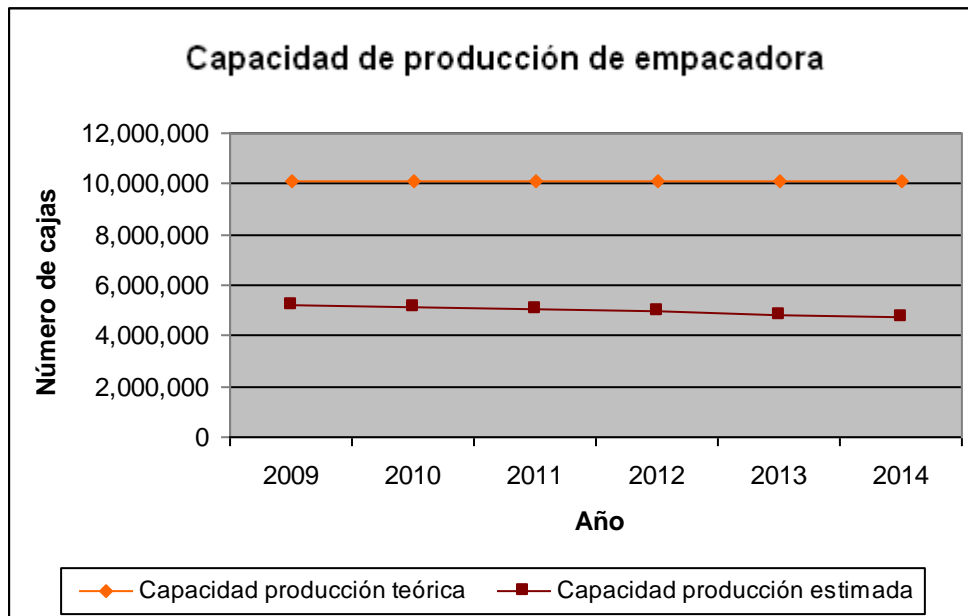
La Tabla 14 muestra la capacidad de producción anual en base a la capacidad actual de la línea de producción de 2,000 cajas/hora. El total de horas trabajadas al año es de 42 semanas o 5,040 horas anuales, estimando una capacidad de producción anual de 10,080,000 cajas (Gráfica 5). La reducción en la eficiencia de la empacadora significa una reducción en la velocidad de producción y por ende una mayor tardanza en la producción de lo demandado. Con la eficiencia y su respectiva disminución anual, se calculó la capacidad de producción para los próximos 6 años.

Con una eficiencia de la empacadora del 95%, la máquina trabaja a una velocidad de 2,833 cajas/hora. Basándose en estos datos, se calculó la producción de cajas por hora (cuarta columna de la Tabla 14) para la eficiencia real proyectada en la Gráfica 4.

Tabla 14. Comparación de capacidad para producir teórica con la estimada.

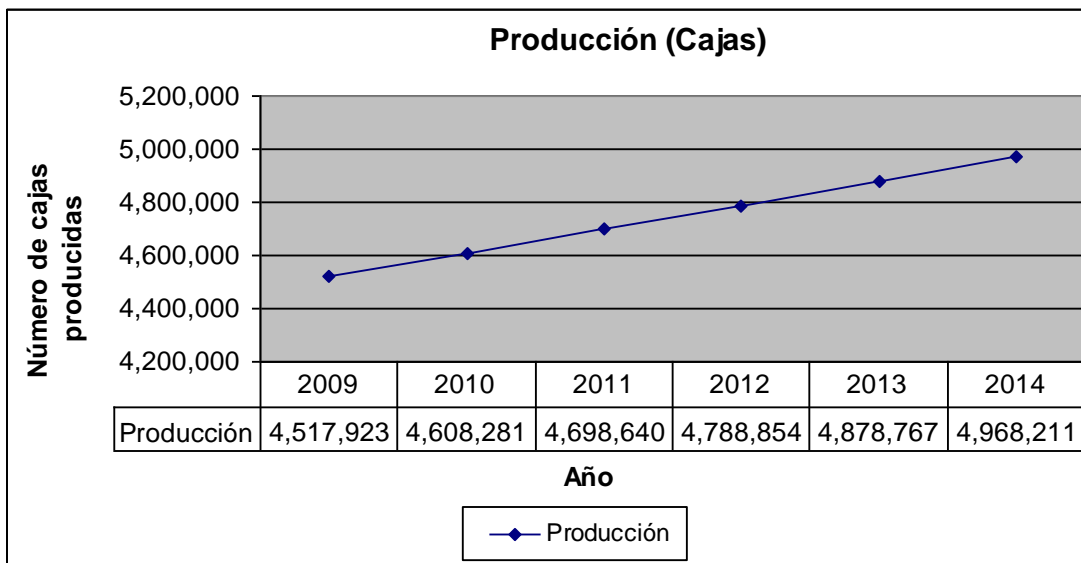
Año	Capacidad producción anual teórica (cajas)	Capacidad producción con disminución anual de eficiencia estimada (cajas)	Velocidad estimada anual (cajas/hora)
2009	10,080,000	5,241,600	1,551
2010	10,080,000	5,140,800	1,521
2011	10,080,000	5,040,000	1,491
2012	10,080,000	4,939,200	1,461
2013	10,080,000	4,838,400	1,431
2014	10,080,000	4,737,600	1,402

Gráfica 5. Capacidad de producción de la empacadora teórica y estimada.



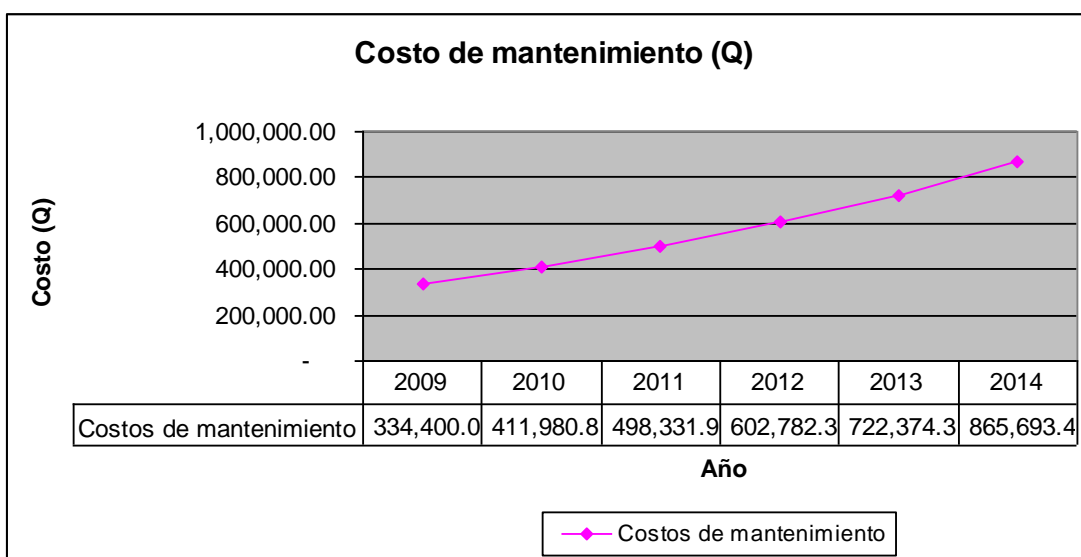
Una vez estimada la capacidad que tiene la empacadora para producir bajo los supuestos mencionados anteriormente, la Gráfica 6 presenta lo estimado de la demanda en cajas para los siguientes 6 años. Se calculó que la demanda, el consumo de cajas de refrescos por año, aumentará a un ritmo de 4% ⁽¹⁰⁾. Por lo tanto, se estima que la producción también aumente al 4%. Con esta proyección de demanda, la eficiencia de la empacadora no permite subir la producción, a menos que cambie el número de horas de trabajo: en lugar de trabajar 5 días se trabaje 7, pero esto representaría un costo en horas extras.

Gráfica 6. Producción proyectada de cajas de la empacadora actual.



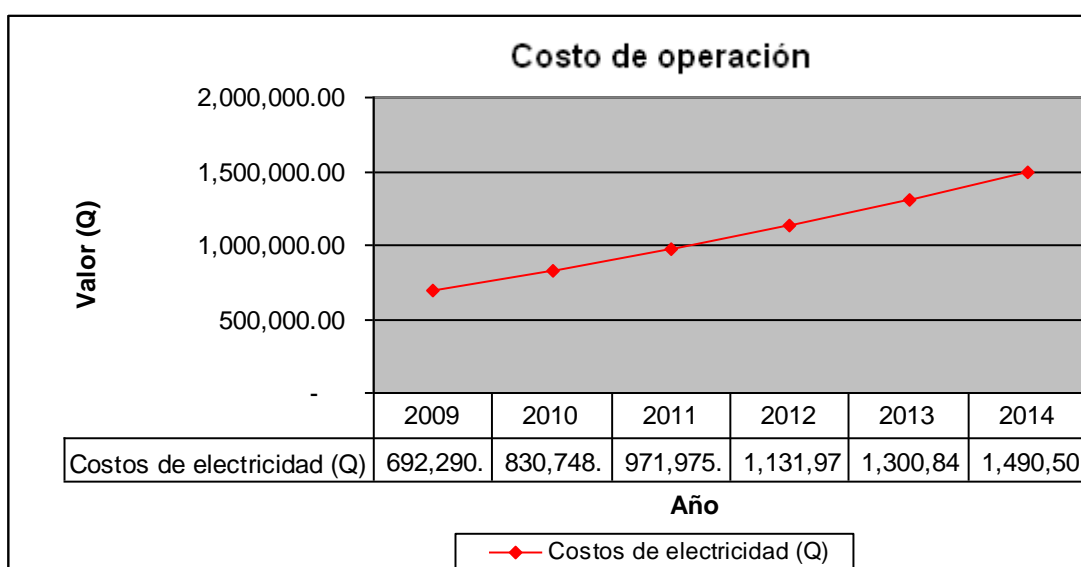
b. Costos de mantenimiento. Los mantenimientos son esenciales en una línea de producción, porque de ellos depende que la empacadora funcione de manera eficiente. Por esta razón es importante invertir en ello para reducir paros por averías. Existen empresas que prefieren no gastar en mantenimiento y esto repercute en la eficiencia del equipo, ya que esto provoca un aumento en los paros de las máquinas lo que, como ya se vio anteriormente, es una pérdida de tiempo y de dinero. Se proyecta que durante los próximos 6 años, el costo de mantenimiento aumentará un 12% anual, debido a la diferencia cambiaria e inflación.

Gráfica 7. Costo de mantenimiento proyectado en Quetzales.



c. **Costos de electricidad.** Los costos de electricidad son aquellos costos que se dan por la operación en sí de la máquina, incluidos en el rubro de costos de operación. La empacadora actual consume 86 kw/h y se encuentra encendida siempre durante las 42 semanas. Esto hace que en realidad su consumo sea alto y que la no utilización de la empacadora para producción de producto (debido a paros) represente pérdidas de producción y por consiguiente, de dinero. Para los efectos de este estudio, se asume que la empacadora trabaja en condiciones normales, no hay un exceso de velocidad que marque un alto consumo de energía. El costo de electricidad de Q1.20 kw/h, se proyecta en ascenso debido al aumento en la tarifa del kw/h que ha mostrado en promedio del 10% anual ⁽⁶⁾, por lo que la única variable de aumento del costo es la tarifa misma.

Gráfica 8. Costo de consumo de energía de la empacadora actual en Quetzales.

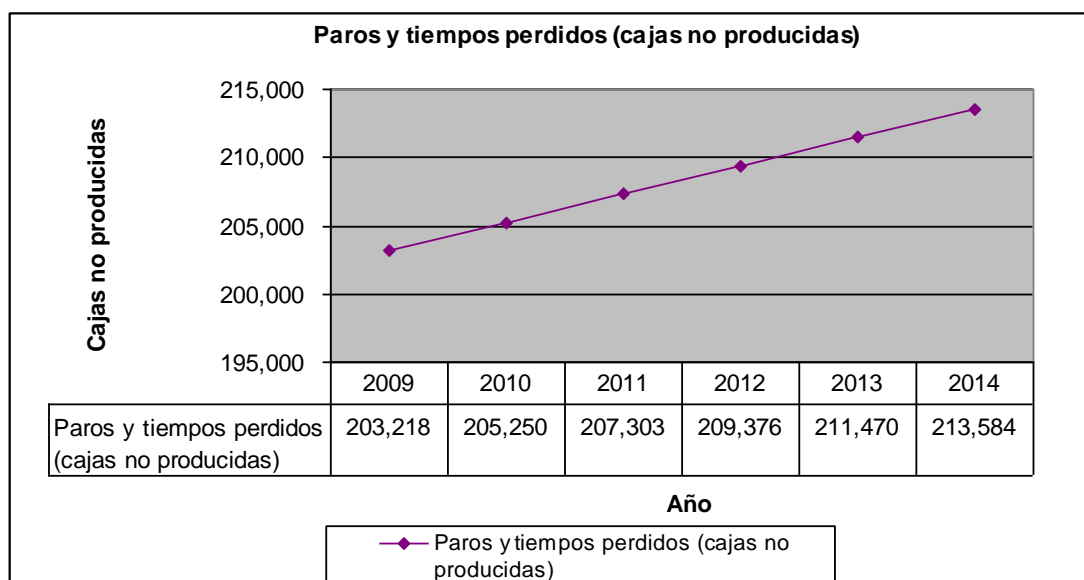


d. **Paros y tiempos perdidos.** Los paros y tiempos perdidos, como bien dice la palabra, es el tiempo que se pierde por diferentes situaciones: ajenos, mecánicos, operativos o eléctricos, que provocan una reducción en la producción. Si se mantiene la empacadora actual, estos paros irán aumentando por el uso y desgaste de la máquina. Por esta razón se predice que el aumento en los paros sea gradual. Como se observó anteriormente, la producción varía según la época del año, siendo los picos más altos en marzo, mayo, septiembre y noviembre (Semana Santa, verano, mes patrio y convivios).

Se estima que los paros aumenten anualmente al mismo ritmo que disminuye la eficiencia de la empacadora. Esta es una de las razones por las que se deja de producir o la eficiencia baja es por los paros en las máquinas.

Los paros en realidad representan el costo de oportunidad de la empresa. En otras palabras representa lo que la empresa deja de ganar por no producir estas cajas, debido a que en sí no representa una pérdida cuantitativa, simplemente es producto que si se hubiera producido se hubiera vendido y la empresa hubiera ganado.

Gráfica 9. Paros y tiempos perdidos proyectados en cajas no producidas.



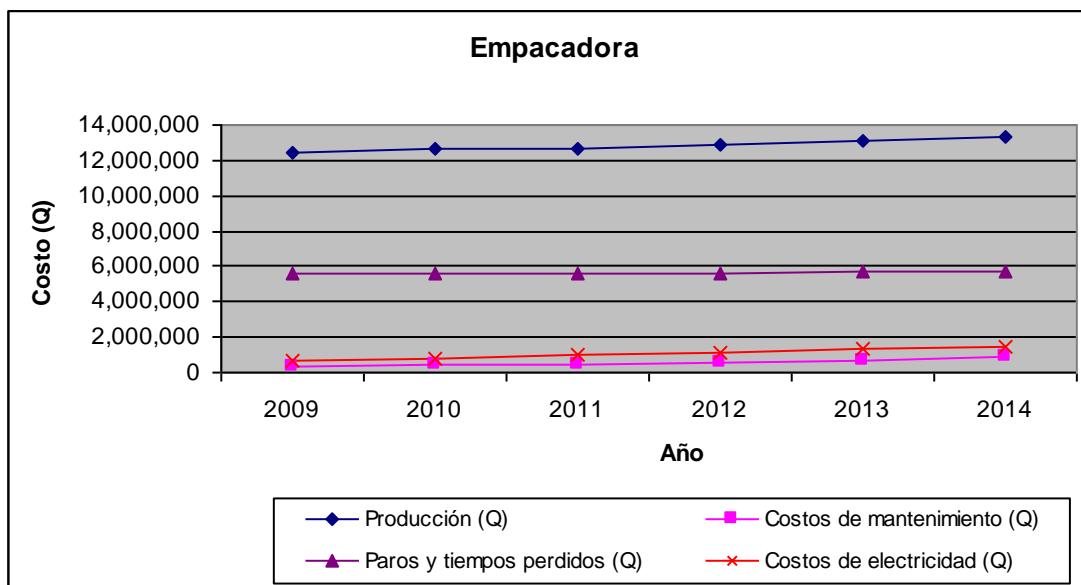
- e. Consolidación de parámetros. A continuación se presenta el resumen de los parámetros descritos anteriormente, cuantificados en quetzales.

Tabla 15. Parámetros de la empacadora en Quetzales.

	AÑO					
	1	2	3	4	5	6
Producción (Q)	12,424,287.95	12,672,773.71	12,686,327.48	12,929,904.97	13,050,701.36	13,289,964.22
Costos de mantenimiento (Q)	334,400.00	411,980.80	498,331.98	602,782.36	722,374.38	865,693.45
Costos de electricidad (Q)	692,290.37	830,748.44	971,975.68	1,131,977.83	1,300,847.11	1,490,500.32
Paros y tiempos perdidos (Q)	5,588,496.65	5,644,381.62	5,597,174.06	5,653,145.80	5,656,809.88	5,713,377.98

La Gráfica 10 muestra los parámetros que afectan a la Empacadora. Los paros no mueven dinero, simplemente simbolizan la ganancia que no se tuvo. Por su parte, los costos de mantenimiento y electricidad afectan directamente en lo monetario. La producción que se tomó es la prevista por la demanda y por esto aumenta.

Gráfica 10. Proyecciones de parámetros de la empacadora actual.



2. **Determinación Vida Útil Económica (VUE).** La determinación de la VUE es importante para este estudio. Ésta brinda gráficamente en qué momento los costos anuales de la empacadora van aumentando, indicando el momento correcto de cambio.

La Tabla 16 muestra los datos de la vida útil económica. El valor de mercado inicial se calculó con una estimación del valor que tiene la empacadora actualmente: Q 2,255,891.00, y ésta irá disminuyendo su valor proporcionalmente hasta el año 6 donde su valor será cero. El valor comercial se determinó de acuerdo al funcionamiento e inversiones en mantenimiento que tiene la empacadora, por lo que al evaluarse se estimó que su valor comercial actual es de aproximadamente 32% del valor de una nueva cuyo valor es de Q7,150,689.30.

El Costo Anual de Operación (COA) está determinado por el costo de mantenimiento y el costo de operación (electricidad).

La recuperación del capital indica la cantidad necesaria en dinero para recuperar la inversión del valor que tiene la máquina actualmente (valor comercial) más el rendimiento del 9% anual. El valor anual del COA se obtuvo al obtener en valor presente todos los costos proyectados y luego obtener el valor anual de estos costos.

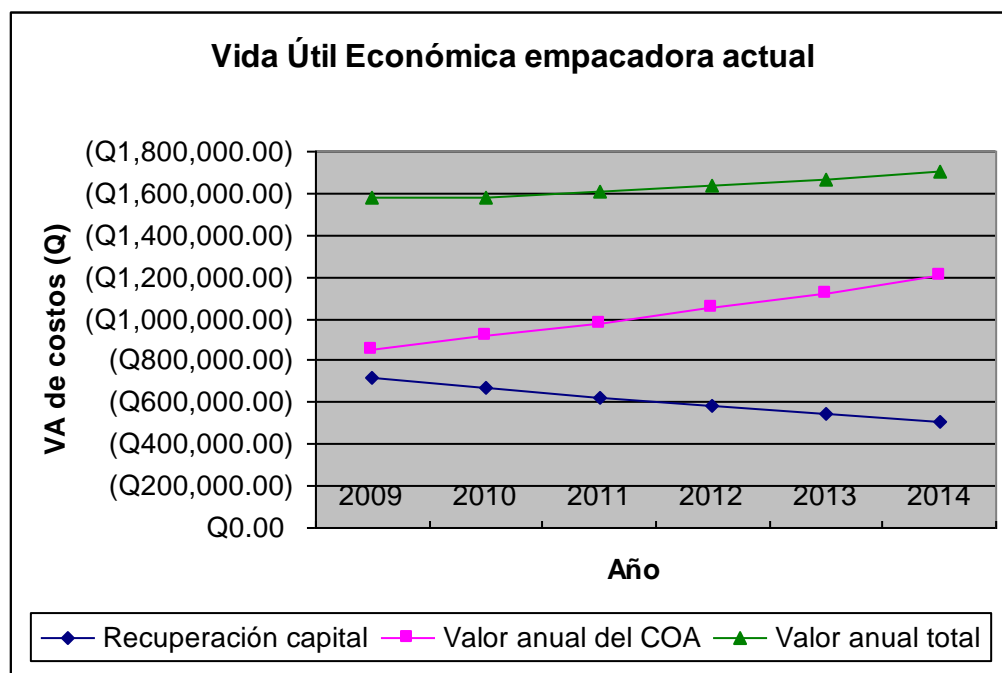
Tabla 16. Datos de la Vida Útil Económica de la empacadora actual.

Año	Valor comercial	Costo Anual Operación (COA)	Recuperación capital	Valor anual del COA	Valor anual total
2009	1,737,036	(854,528.00)	(Q721,885.12)	(Q854,528.00)	(Q1,576,413.12)
2010	1,285,858	(984,121.60)	(Q667,160.87)	(Q916,534.51)	(Q1,583,695.38)
2011	879,797	(1,127,686.86)	(Q622,814.06)	(Q980,947.54)	(Q1,603,761.60)
2012	518,588	(1,295,072.73)	(Q582,865.54)	(Q1,049,636.87)	(Q1,632,502.41)
2013	225,589	(1,490,644.94)	(Q542,278.32)	(Q1,123,325.99)	(Q1,665,604.31)
2014	-	(1,719,621.60)	(Q502,882.73)	(Q1,202,585.48)	(Q1,705,468.21)

El valor anual total es la suma de la recuperación de capital y el valor anual de los costos de operación. Este valor total anual es negativo, ya que son flujos anuales de costos que por razones financieras se toman como negativos. Se determina la VUE de la empacadora en el año en que los costos son menores, por lo que corresponde al año 1.

El valor anual total de costos, según la Gráfica 11, tiene una tendencia a incrementarse. Según la Tabla 16 el costo anual menor fue en el año 1. Lo que indica a simple vista que la vida útil económica de la empacadora actual es en el año 1 de este estudio o en el año 15 de la máquina. Por lo que, debido a la tendencia que tiene y a que el menor costo se tiene en el primer año, se va a realizar el análisis de reemplazo para este año, para determinar si es rentable cambiar la empacadora actual.

Gráfica 11. Cálculo de la Vida Útil Económica de la empacadora actual.



Por la forma ascendente de la Gráfica 11 se estima que la vida útil de la empacadora actual ya pasó y que la misma está produciendo costos altos. Esto simboliza que su punto óptimo de reemplazo fue en algún año anterior y que si este estudio se hubiera hecho anteriormente hubiera mostrado el año óptimo de cambio. Esto asegura que se debe realizar la alternativa 2, la cual es el reemplazo de la empacadora actual.

B. Alternativa 2: Análisis de reemplazo de la empacadora actual.

Una vez analizada la empacadora actual, la alternativa a analizar es el reemplazo de la empacadora. Un análisis de reemplazo requiere, primero de una selección de máquinas que pueden ser adquiridas como reemplazo. Luego, una vez determinada una opción, la proyección de su flujo de efectivo para compararlo con la empacadora actual y así por medio de las herramientas financieras (TIR, VAN y período de recuperación) establecer si se reemplaza o se conserva la empacadora actual.

1. Selección de la empacadora para reemplazar. La Cervecería Centroamericana S.A. para la compra de maquinaria de estas líneas de producción, realiza cotizaciones a tres diferentes proveedores: Krones, KHS y Sidel. Se realiza un estudio de Krones y KHS, debido a que la cotización de Sidel únicamente se utiliza como referencia de precio pero no cuenta con los servicios que tienen las otras dos marcas. Krones y KHS son muy reconocidas por su calidad y buen servicio. Krones es una empresa cuyo costo de la maquinaria es menor que la de KHS por lo que muchas empresas se podrían dejar llevar únicamente por el precio más económico con respecto a la inversión inicial. Pero en cuanto a los costos de mantenimiento de estas dos marcas, los repuestos de las máquinas de Krones son mucho más elevados que los de KHS, lo que hace que el costo de mantenimiento por caja de Krones tenga una relación de 1.32 veces más que KHS (320% más caros).

La Tabla 17 muestra el reporte del costo de mantenimiento por caja producida durante el período de funcionamiento de las empacadoras. La empacadora KHS es la actual de la línea de refrescos, mientras que la empacadora Krones es la actual de la línea de cerveza. La relación entre costos de mantenimiento por caja es de 1.32:1. Por esta razón se plantea la realización de un análisis comparativo de costo de las cotizaciones de estas compañías para determinar cuál será la que se utilizará para efectos de reemplazo.

Tabla 17. Comparación mantenimiento de empacadora actual KHS y Kronen.

	KHS	KRONES
Horas totales utilizadas	21,927	20,532
Costos de mantenimiento (Q)	160,726	363,186
Capacidad máquina (cajas/hora)	2,833	1,420
Cajas producidas con capacidad	62,119,191	29,155,440
Eficiencia máquina	53%	85%
Cajas producidas reales	32,923,171.23	24,782,124
Costo mantenimiento por caja (Q)	0.00488185	0.0146551603

Para determinar la capacidad nominal que la empacadora debe tener se deben tomar en cuenta varios factores que vale la pena volver a mencionar. Partimos del supuesto que ninguna línea de producción es perfecta y el equipo tampoco lo es. Es por esto que existe cierto rango de la capacidad de la máquina que se pierde debido a estos factores. En principio el año tiene 52 semanas de las cuales se programan y utilizan 42 para la producción como se explicó anteriormente, mientras que las 10 semanas restantes se atribuyen a paros programados e implican que la capacidad de la empacadora nueva sea establecida en 95%. Al cotizar las empacadoras con los proveedores, ellos garantizan de un 100-95% de capacidad nominal, por lo que en este caso para efectos de este estudio se tomará el 95%. Partiendo de esta capacidad, ésta irá disminuyendo un 1% anual que simboliza el desgaste de la máquina y aumento de pérdidas por paros debido al uso que se le da a la misma.

Para el análisis entre las empacadoras, se asume que el costo de operación es el mismo (consumo de electricidad) y que la eficiencia de la máquina (producción) es del 95% durante el primer año y luego disminuye un 1% anual para las dos máquinas. Las únicas variaciones en el análisis son: la inversión inicial y los costos de mantenimiento. Estos dos parámetros son determinantes en la elección de la máquina, ya que si la inversión inicial y los costos de mantenimiento en valor actual son diferentes en una máquina que en la otra, se escogerá la que tenga el menor valor.

Como se explica en la sección del marco teórico, las máquinas las cotizan en euros. Al no existir una cotización directa Euro-Quetzales, se utilizará el tipo de cambio de Euros a Dólares americanos y de Dólares americanos a Quetzales. Debido a las constantes variaciones en el tipo de cambio de estas monedas, para fines de este trabajo, se toma el promedio del tipo de cambio de enero-junio del 2008 para la determinación de la inversión inicial de las empacadoras propuestas.

Tabla 18. Promedio enero-junio del 2008 de tipos de cambio

Tipo de cambio		
Euro vrs. Dólares	€ 1	\$ 1.531
Dólares vrs. Quetzales	\$ 1	Q7.593

Adicionalmente los costos de mantenimiento están sujetos a la inflación. Para este trabajo se utiliza la inflación proyectada en la Tabla 4 que se encuentra en el marco teórico. Se estima que en los primeros años la inflación es alta debido a los precios altos del petróleo y se espera que disminuya gradualmente durante los siguientes años.

La inversión inicial incluye el costo de la máquina empacadora y el costo de instalación que representa: montaje de la máquina e instalaciones eléctricas (material), transporte y capacitación del personal. A continuación se presentan las cotizaciones de las dos empresas que pueden vender esta máquina:

Tabla 19. Costos de compra e instalación de la empacadora Krones.

Costos	Krones (€)	Krones (\$)	Krones (Q)
Empacadora	473,325	724,661	5,502,562
Montaje y puesta en marcha	75,118	115,005	873,267
Montaje de instalación eléctrica	3,321	5,084	38,604
Material de instalación eléctrica	23,250	35,596	270,293
Capacitación	6,329	9,689	73,571
Transporte y embalaje	14,539	22,259	169,019
Inversión inicial	595,881	912,294	6,927,317

Tabla 20. Costos de compra e instalación de la empacadora KHS.

Costos	KHS (€)	KHS (\$)	KHS (Q)
Empacadora	553,180	846,919	6,430,904
Montaje y puesta en marcha	34,563	52,916	401,807
Montaje de instalación eléctrica	1,400	2,143	16,270
Material de instalación eléctrica	7,747	11,860	90,056
Capacitación	11,011	16,858	128,008
Transporte y embalaje	7,195	11,016	83,646
Inversión inicial	615,095	941,711	7,150,689

El costo de mantenimiento se divide en dos: mantenimiento mensual y mantenimiento mayor. En los primeros 5 años el costo de mantenimiento es poco debido a que únicamente se toma en cuenta el mantenimiento mensual. Para los siguientes 5 años el costo de mantenimiento aumenta debido al desgaste y uso de la máquina y por esta razón ya se

incluye el mantenimiento mayor. Para la proyección de los costos de mantenimiento anuales se asumió que en los primeros 5 años el costo será de 20% del gasto actual y del 6to. al 10mo. será un 50%. Después del 10mo. año el mantenimiento incluye la reconstrucción de la empacadora, mantenimiento mayor y mantenimiento mensual. En las siguientes tablas se muestra el valor presente de los costos de mantenimiento así como la inversión inicial de cada empacadora. La tasa de interés de descuento que se utilizó para estos cálculos fue la tasa de préstamo de la empresa (9%):

Tabla 21. Total costos: Inversión inicial y costos de mantenimiento de la empacadora Krones.

	Krones (Q)
Inversión inicial	6,927,317.38
Costos de mantenimiento (VP)	7,033,788.07
Total	13,961,105.45

Tabla 22. Total costos: Inversión inicial y costos de mantenimiento de la empacadora KHS.

	KHS (Q)
Inversión inicial	7,150,689.30
Costos de mantenimiento (VP)	5,259,299.62
Total	12,409,988.92

Bajo el supuesto mencionado anteriormente, se determinó que el costo total de la empacadora de KHS es menor que la empacadora de Krones. Al analizar cada una por separado se observa que la empacadora Krones tiene una inversión inicial menor pero costos de mantenimiento mayores. El caso contrario es para KHS, tiene una inversión inicial mayor pero costos de mantenimiento menores. El costo de mantenimiento anual en valor presente es mayor en Krones que para KHS. Se determinó que la elección de máquinas no depende únicamente de la inversión inicial sino que además, se debe considerar los costos de mantenimiento.

Como resultado de esta comparación de máquinas, se determina que la empacadora KHS es la que se comprará si la decisión es reemplazar la empacadora actual. Esta decisión se tomó debido a que la empacadora KHS presenta un menor costo total en valor presente.

2. Proyección de Flujos de Efectivo Neto de la empacadora actual y la nueva. Una vez elegido el proveedor de la empacadora nueva a comprar se debe analizar si es rentable reemplazar la empacadora actual. Para esto se parte de proyecciones del flujo de efectivo neto de la empacadora actual y nueva, para que con ayuda de las herramientas financieras se tome una decisión.

Para el análisis de reemplazo se consideraron varios puntos importantes. Estos puntos repercuten en el flujo de efectivo y por esto se explicarán a continuación:

La vida útil de la empacadora actual es una estimación de cuánto más podría seguir produciendo hasta que ésta no funcione. La vida útil de la empacadora nueva, según proveedores, es de 10 años. El análisis se debe realizar con base a la misma vida útil, la menor de las dos alternativas. En este caso se utilizaron 6 años para el análisis estimado. El valor del flujo del 6to. año de la empacadora nueva incluye los flujos de los años 7 al 10.

Tabla 23. Vida útil de la empacadora actual y nueva.

Vida útil máquinas	Años
Actual	6
Nueva	10

Los ingresos fueron calculados con el margen bruto del producto (precio de venta – costo) el cual es de Q 25.00^(*), con influencia de la inflación para ajustar el mismo. Según estudios en México, el consumo de bebidas ha aumentado un 60% en 14 años, lo que indica un aumento de 4% anual ⁽¹⁰⁾. Debido a que la producción y consumo de México son parecidos a los de Guatemala se decidió establecer con ayuda de la empresa el índice de aumento del 4% anual.

En cuanto a la producción de cajas de refrescos, cada máquina en la línea 1B, realiza cierta contribución a la realización de una caja. Debido a que es una línea de proceso continuo, se asume que cada máquina provee la misma contribución con el producto la cual es del 10%. Para las proyecciones de los ingresos se tomó en cuenta la contribución de la empacadora equivalente al 10% de los ingresos. Los ingresos se estiman con el 10% del margen o utilidad bruta por caja.

En los costos de operación se incluye únicamente el consumo de electricidad debido a que es el único parámetro que varía entre una empacadora nueva y la actual en su costo de operación. Los sueldos no se incluyeron, porque el personal requerido para supervisar la máquina es el mismo. De esta manera, para el cálculo de los costos de operación se estableció una tarifa por kw/h de Q1.20 con un aumento del 10% anual. Se estableció este índice ya que ha habido un aumento del 7 al 15% ⁽⁶⁾ en la tarifa en el presente año, por lo que se decidió establecer un aumento promedio anual del 10%.

^(*) Fuente: Planta de Cervecería Centroamericana, S.A.

La inflación es tomada en cuenta para estas proyecciones, tanto en la empacadora actual como en la nueva, por lo que se toma anualmente una variación que influye en las proyecciones de los costos e ingresos. Este índice de inflación se presenta en la Tabla 4, con la cual se utiliza anualmente ese aumento en los costos e ingresos.

Una vez establecidos estos datos, se puede realizar una comparación de los flujos de efectivo para cada máquina para así tomar una decisión: si se reemplaza o conserva la empacadora actual. Se comenzará el análisis con el flujo de efectivo de la empacadora actual y luego se determinará el flujo de efectivo de la empacadora nueva, para llegar a obtener el flujo de efectivo neto.

La Tabla 25 muestra la proyección del flujo de efectivo de la empacadora actual a 6 años. La producción está proyectada con base a la eficiencia que tiene la empacadora actualmente del 53% y en su disminución gradual de aproximadamente 1% anualmente (Tabla 24). Esto es así debido a que durante estos años, la máquina ya es obsoleta y su capacidad de producción disminuye debido al desgaste y mala utilización durante los años pasados.

Para este estudio, se incluye el costo de tener la máquina y de las inversiones en mantenimiento y ajustes que se tuvieron en ella. Este costo de la máquina se toma en cuenta para poder comparar el flujo de efectivo de la máquina actual con la nueva y para poder utilizar las herramientas financieras adecuadamente.

Los costos de mantenimiento de esta máquina que tiene ya 14 años de funcionamiento, irán aumentado un 12% anual durante 6 años. Esto debido a la necesidad de cambiar los repuestos y tratar de mantener la máquina en funcionamiento. En cuanto al costo de operación, la empacadora actual consume 86 kw/h que diariamente el total consumido es de 2,064 kw/h.

Tabla 24. Producción proyectada a 6 años de la empacadora actual.

Año	Producción anual demandada (cajas)	Producción con disminución anual de eficiencia (cajas)
2009	8,688,313	4,517,923
2010	9,035,846	4,608,281
2011	9,397,280	4,698,640
2012	9,773,171	4,788,854
2013	10,164,098	4,878,767
2014	10,570,662	4,968,211

Tabla 25. Flujo de Efectivo en Quetzales (Q) de la empacadora actual.

Flujo de efectivo	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ingresos estimados		12,424,287.95	12,672,773.71	12,686,327.48	12,929,904.97	13,050,701.36	13,289,964.22
Costo máquina y arreglos	(2,255,891)						
Costos de mantenimiento		(334,400.00)	(411,980.80)	(498,331.98)	(602,782.36)	(722,374.38)	(865,693.45)
Costo de operación		(692,290)	(830,748)	(971,976)	(1,131,978)	(1,300,847)	(1,490,500)
Flujo de efectivo	(2,255,891)	11,397,597.59	11,430,044.47	11,216,019.83	11,195,144.78	11,027,479.87	10,933,770.44

La Tabla 27 muestra el flujo de efectivo de la empacadora nueva KHS para 10 años (vida útil del equipo). En la Tabla 26 se muestra la producción que corresponde a cada año debido a la demanda (aumento 4% anual en consumo) y la producción que corresponde con la eficiencia del 95% para el primer año y con una disminución del 1% anual de la empacadora.

Para el año 10 de la empacadora nueva, se calculó el valor de mercado que tendrá la máquina en ese año con base a un análisis de valor. Éste consta del 50% del valor inicial de la misma el cual es de Q3,575,344.65.

Para la proyección de los costos de mantenimiento anuales en los primeros 5 años el costo será de 20% del gasto actual y del 6to. al 10mo. será un 50%. Después del 10mo. año el mantenimiento incluye la reconstrucción de la empacadora, mantenimiento mayor y mantenimiento mensual. En el consumo de la empacadora nueva, ésta tiene una potencia de 68 kw/h, por lo que el consumo de esta máquina es 1,632 kw/h diarios.

La Tabla 28 muestra el flujo de efectivo para 6 años. Este ajuste se realizó al sumar en el año 6 los valores presentes de los flujos netos del 7mo, 8vo, 9no. y 10mo. año descontados. Al ajustar a 6 años el flujo de efectivo, se utilizó como la tasa de interés de descuento, la tasa mínima atractiva de retorno (9%)

Tabla 26. Producción proyectada a 10 años de la empacadora nueva KHS en cajas.

Año	Producción anual demandada (cajas)	Producción con disminución anual de eficiencia (cajas)
2009	8,688,313	8,253,897.59
2010	9,035,846	8,493,695.04
2011	9,397,280	8,739,470.04
2012	9,773,171	8,991,317.14
2013	10,164,098	9,249,328.85
2014	10,570,662	9,513,595.38
2015	10,993,488	9,784,204.32
2016	11,433,228	10,061,240.22
2017	11,890,557	10,344,784.26
2018	12,366,179	10,634,913.84

Tabla 27. Flujo de Efectivo en Quetzales (Q) de la empacadora nueva KHS a 10 años.

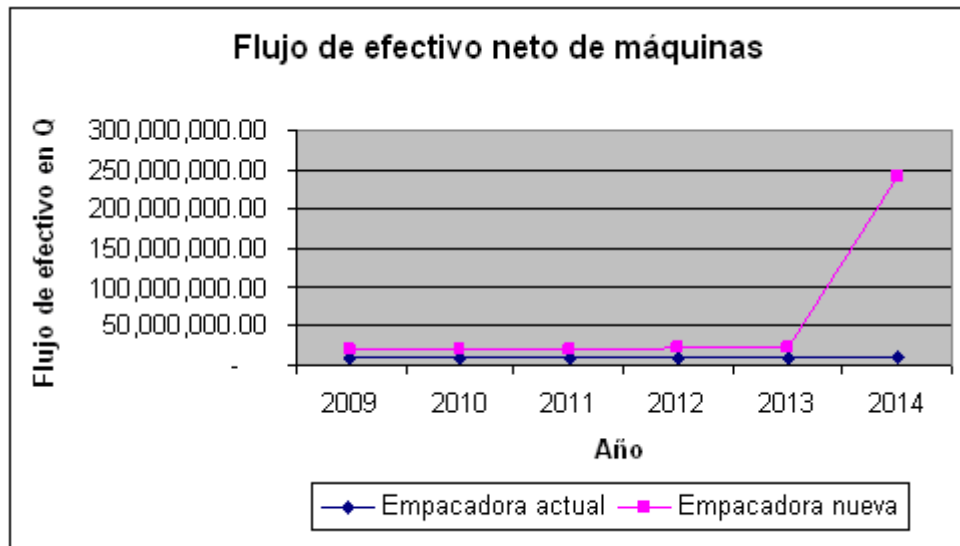
Flujo de efectivo	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ingresos estimados		20,634,743.98	21,234,237.59	21,848,675.11	22,478,292.84	23,123,322.11	23,783,988.46	24,460,510.80	25,153,100.54	25,861,960.65	26,587,284.60
Valor de mercado											3,575,344.65
Inversión inicial	(7,150,689.30)										
Costos de mantenimiento		(66,880.00)	(66,880.00)	(65,664.00)	(65,664.00)	(65,056.00)	(162,640.00)	(162,640.00)	(162,640.00)	(161,120.00)	(161,120.00)
Costo de operación		(497,629.44)	(667,320.54)	(720,706.19)	(792,776.80)	(863,979.91)	(950,377.90)	(1,045,415.69)	(1,149,957.25)	(1,253,130.99)	(1,378,444.09)
Flujo de efectivo	(7,150,689.30)	20,070,234.54	20,500,037.05	21,062,304.92	21,619,852.04	22,194,286.21	22,670,970.56	23,252,455.11	23,840,503.29	24,447,709.66	28,623,065.16

Tabla 28. Flujo de Efectivo Neto en Quetzales (Q) de la empacadora nueva KHS a 6 años

Flujo de efectivo	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ingresos estimados		20,634,743.98	21,234,237.59	21,848,675.11	22,478,292.84	23,123,322.11	24,071,522.03
Valor de mercado							11,583,115.13
Inversión inicial	(7,150,689.30)						
Costos de mantenimiento		(66,880.00)	(66,880.00)	(65,664.00)	(65,664.00)	(65,056.00)	(1,527,778.72)
Costo de operación		(497,629)	(667,321)	(720,706)	(792,776.80)	(863,979.91)	(11,570,194.02)
Flujo de efectivo a 6 años	(7,150,689.30)	20,070,234.54	20,500,037.05	21,062,304.92	21,619,852.04	22,194,286.21	240,556,664.42

Una vez proyectado el flujo de efectivo correspondiente a cada máquina, se puede tener una mejor visión del flujo de caja neto. La Gráfica 12 muestra la comparación de estos flujos y cómo el flujo de la empacadora actual disminuye con el tiempo, mientras que el de la empacadora nueva aumenta con énfasis en el año 6 debido al valor presente de los flujos de efectivo de los años 7 al 10.

Gráfica 12. Flujo de efectivo neto para la empacadora actual y la nueva.



V. ANÁLISIS FINANCIERO

Esta sección incluye el análisis financiero para la decisión de reemplazo de la empacadora actual. Se utilizará la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) y el período de recuperación para determinar qué opción tomar.

A. Flujo incremental o diferencial

Una vez proyectados los flujos de efectivo netos de las empacadoras correspondientes, se debe determinar el flujo incremental o diferencial de los flujos de la empacadora nueva contra la actual, para que así solo se evalúen los ahorros o pérdidas que se den en el flujo. A continuación se presenta el flujo diferencial entre la empacadora actual y la nueva:

Tabla 29. Flujo incremental de la empacadora actual y la nueva.

	AÑO						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ingresos estimados		8,210,456.03	8,561,463.88	9,162,347.63	9,548,387.87	10,072,620.75	228,781,557.81
Valor mercado							11,583,115.13
Inversión inicial	(9,406,580.30)						
Costos de mantenimiento		267,520.00	345,100.80	432,667.98	537,118.36	657,318.38	(662,085.26)
Costo de operación		194,660.93	163,427.90	251,269.49	339,201.02	436,867.20	(10,079,693.70)
Flujo de efectivo incremental	(9,406,580.30)	8,672,636.95	9,069,992.58	9,846,285.09	10,424,707.25	11,166,806.33	229,622,893.98

1. Tasa Interna de Retorno (TIR): La TIR, como ya se mencionó en el marco teórico, es aquella tasa a la cual el VAN = 0, esto quiere decir la tasa a la que se iguala el valor de la inversión y los flujos futuros. La TIR del flujo neto, en el que los ingresos y ahorros por el reemplazo de la empacadora y la inversión inicial son equivalentes es 120% (Tabla 30), la cual es una TIR considerablemente alta.

Tabla 30. Tasa Interna de Retorno del flujo diferencial.

Herramienta financiera	Valor
TIR	120%

Esto indica que una tasa de interés por debajo de esta traerá un valor actual neto positivo. Para esta alternativa se evaluó una tasa de interés del 9%, mencionado en el marco teórico,

que es la tasa de préstamo en quetzales que varios bancos del sistema otorgan a la Cervecería Centroamericana, S.A. Al ser comparada con la TIR es mucho menor, por lo que justifica la inversión en una empacadora nueva.

$$TIR > TMAR \text{ (Ti préstamo bancario)}$$

$$120\% > 9\%$$

2. **Valor Actual Neto (VAN):** Para el análisis del VAN es necesario establecer una tasa de descuento para traer a presente los flujos de efectivos netos proyectados. Para esta herramienta se utilizará como tasa de descuento la tasa de interés de préstamo a la Cervecería Centroamericana, S.A. del 9%, que se obtuvo de un banco de Guatemala (que por confidencialidad no se revelará el nombre). El CPPC es un índice que esta Planta maneja con confidencialidad.

En la Tabla 31 se puede observar que el Valor Actual Neto que se obtuvo es positivo, lo que indica que el proyecto se puede realizar, que sí es rentable. El resultado es lógico pues la TIR es 120% y la tasa de descuento utilizada es 9%. Pero al final son los montos de flujos netos generados por el reemplazo de la empacadora que muestran la conveniencia de la decisión, ratificada por el análisis VAN y TIR.

Tabla 31. Valor Actual Neto (VAN) del proyecto.

Herramienta financiera	Valor
VAN	Q151,694,082.46

$$VAN > 0$$

$$Q 151,694,082.46 > 0$$

El VAN equivale al valor aproximado de 21 veces la inversión inicial. Lo que indica que con estos flujos generados sí es rentable el cambio de la empacadora actual.

Estos dos parámetros indican que la opción de cambio de la Empacadora es rentable, ya que la TIR es mayor al 9% y el VAN >0. Ahora se determinará si la empacadora nueva será un proyecto positivo para la empresa.

B. Empacadora nueva KHS

A. Tasa Interna de Retorno (TIR): La TIR del flujo neto de la empacadora nueva, en el que los ingresos y ahorros por el reemplazo de la empacadora y la inversión inicial son equivalentes es 285% (Tabla 32), la cual es una TIR considerablemente alta.

Tabla 32. Tasa Interna de Retorno del flujo diferencial.

Herramienta financiera	Valor
TIR	285%

Una tasa de interés por debajo del 285% traerá un valor actual neto positivo. La tasa de interés bancaria de la empresa, al ser comparada con la TIR, es mucho menor, por lo que justifica la inversión la empacadora nueva.

$$TIR > TMAR \text{ (Ti préstamo bancario)}$$

$$285\% > 9\%$$

B. Valor Actual Neto (VAN): En la Tabla 33 se puede observar que el Valor Actual Neto que se obtuvo es positivo, lo que indica que el proyecto se puede realizar, que sí es rentable. La tasa de descuento utilizada es 9%.

Tabla 33. Valor Actual Neto (VAN) del proyecto.

Herramienta financiera	Valor
VAN	Q199,961,188.60

$$VAN > 0$$

$$Q 199,961,188.60 > 0$$

El VAN de equivale al valor aproximado de 28 veces la inversión inicial. Lo que indica que con estos flujos generados sí es recomendable el cambio de la empacadora actual.

C. Período de recuperación: El período de recuperación es una herramienta simple para determinar que tan rápido se recupera la inversión en términos del tiempo. Si

con el flujo proyectado no se ha recuperado lo que se invirtió quiere decir que no es rentable. Mientras menor sea el período de recuperación mejor. Por esto se compara entre la inversión inicial de la empacadora nueva y las mejoras a la empacadora actual.

Para determinar el período de recuperación de la empacadora actual, se toma el costo que tiene la empacadora actual junto con la inversión que se ha hecho de arreglos y mantenimiento y los ahorros que genera la misma. (Tabla 25)

$$n_p \text{ actual} = \frac{\text{Inversión y costo}}{\text{Ahorros}} = \frac{2,255,891.00}{11,397,597.59} = 0.1979 \text{ año} \approx 2.3751 \text{ meses}$$

Esto muestra que la recuperación de lo que la empacadora cuesta y la inversión en mantenimiento y arreglos tardará 2 meses y 11 días. Ahora si se toma el valor del dinero en el tiempo se obtiene el siguiente resultado:

$$n_p \text{ actual} = \frac{\text{Inversión y costo}}{\text{Ahorros}(P/F, i, t)} = \frac{2,255,891.00}{10,456,511.55} = 0.2157 \text{ año} \approx 2.5888 \text{ meses}$$

El resultado es 2 meses y 18 días lo cual es bastante parecido al cálculo anterior, únicamente que este se puede considerar más apegado a la realidad debido a la consideración de la tasa de descuento del 9%.

Para determinar el período de recuperación de la empacadora nueva se utiliza la inversión inicial de la empacadora nueva:

$$n_p \text{ nueva} = \frac{I_o}{\text{Ahorros}} = \frac{7,150,689.30}{20,070,234.54} = 0.3563 \text{ año} \approx 4.2754 \text{ meses}$$

En el denominador de la fórmula anterior, el ahorro que se indica es el del primer año. Este valor se puede observar que ya sobrepasó la inversión inicial. De esta manera se obtiene que el período de recuperación de una empacadora nueva es menor que 1 año: es en 4 meses y 24 días. Esta es sin tomar el valor del dinero en el tiempo, pero si se hace tomando el valor del dinero en el tiempo, con una tasa de descuento de 9% a 1 año se obtiene lo siguiente:

$$n_p \text{ nueva} = \frac{I_o}{\text{Ahorros}(P/F, i, t)} = \frac{7,150,689.30}{18,413,059.21} = 0.3883 \text{ año} \approx 4.6602 \text{ meses}$$

El resultado es de 4 meses y 20 días, lo cual es un poco más que el anterior que, como se mencionó anteriormente éste toma en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Pero de igual manera, el período de recuperación es menor que 1 año, lo cual hace rentable el cambio de la empacadora.

Nótese que ya el flujo neto indicaba que el reemplazo de la empacadora genera mayor producción y ahorros en el costo de mantenimiento. Los resultados en la empacadora actual y nueva indican que los tiempos de recuperación tanto de la inversión inicial de una empacadora nueva, como la de inversión de mantenimiento de la empacadora actual son bajos. Pero al comparar que se está evaluando el cambio de una máquina y que su recuperación es de 4 meses y 20 días, indica que es posible tomar la decisión de reemplazo de la empacadora. Además muestra que no existe diferencia significativa entre recuperar una inversión en mantenimiento que una inversión en una empacadora nueva.

Se decidió utilizar todas estas herramientas porque de esta manera se puede evaluar y sugerir la decisión de reemplazar la empacadora por una empacadora nueva. Se llegó a lo mismo por diferentes maneras, con las limitaciones de cada una, pero al combinarlas el análisis deriva en la misma recomendación:

La TIR es mayor que la tasa de interés (tasa de interés de préstamo bancario), el valor actual neto es positivo y el período de recuperación es menor que 1 año lo cual hace rentable la alternativa de cambio. Todo esto justifica que la empacadora actual debe cambiarse por la empacadora nueva KHS.

C. Vida Útil Económica (VUE) empacadora nueva KHS

La Tabla 34 muestra los datos de la vida útil económica para la empacadora nueva. La inversión inicial es de: Q 7,150,689.30, y el valor comercial de ésta irá disminuyendo proporcionalmente hasta el año 10 donde su valor será cero.

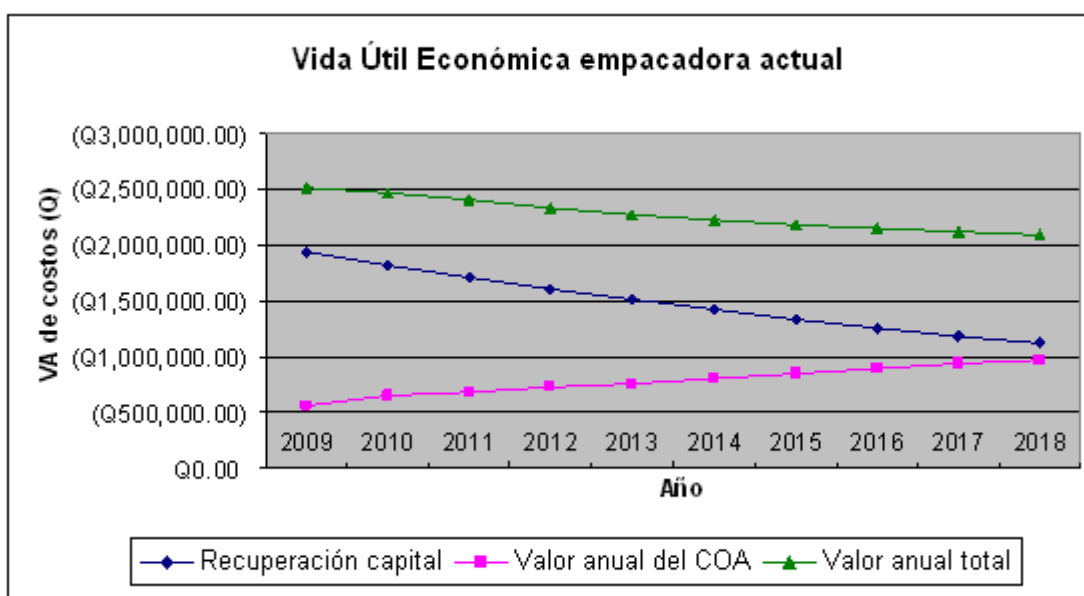
El Costo Anual de Operación (COA) está determinado por el costo de mantenimiento y el costo de operación (electricidad) proyectados para la empacadora nueva. La recuperación del capital indica la cantidad necesaria en dinero para recuperar la inversión de la máquina nueva más el rendimiento del 9% anual. El valor anual del COA se obtuvo al obtener en valor presente todos los costos proyectados y luego obtener el valor anual de estos costos.

Tabla 34. Datos de la Vida Útil Económica de la empacadora actual.

Año	Valor comercial	Costo Anual Operación (COA)	Recuperación capital	Valor anual del COA	Valor anual total
2009	5,850,564	(564,509.44)	(Q1,943,687.36)	(Q564,509.44)	(Q2,508,196.80)
2010	4,680,451	(734,200.54)	(Q1,825,494.15)	(Q645,701.35)	(Q2,471,195.51)
2011	3,640,351	(786,370.19)	(Q1,714,407.46)	(Q688,613.05)	(Q2,403,020.51)
2012	2,730,263	(858,440.80)	(Q1,610,170.70)	(Q725,749.06)	(Q2,335,919.76)
2013	1,950,188	(929,035.91)	(Q1,512,526.58)	(Q759,716.76)	(Q2,272,243.34)
2014	1,300,125	(1,113,017.90)	(Q1,421,217.73)	(Q806,677.47)	(Q2,227,895.20)
2015	780,075	(1,208,055.69)	(Q1,335,987.38)	(Q850,303.47)	(Q2,186,290.85)
2016	390,038	(1,312,597.25)	(Q1,256,579.92)	(Q892,221.67)	(Q2,148,801.60)
2017	130,013	(1,414,250.99)	(Q1,182,741.60)	(Q932,312.90)	(Q2,115,054.50)
2018	-	(1,539,564.09)	(Q1,114,221.05)	(Q972,282.23)	(Q2,086,503.28)

Al analizar estos datos, se obtiene el valor anual total, que indica que el año con menor valor es el año óptimo para el cambio de la misma. Este indica que para el año 10 (2018) no se ha obtenido el año óptimo para reemplazo de la máquina, ya que es este año el que menor valor muestra. La Gráfica 13 muestra una mejor visión de la VUE. Es por esto que se recomienda extender este análisis hasta encontrar el punto óptimo de cambio de la máquina para que así se esté consciente del momento exacto de cambio. Para los siguientes 10 años, la máquina tendrá un valor anual total en disminución.

Gráfica 13. Cálculo de la Vida Útil Económica de la empacadora actual



D. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad indica la variabilidad de un parámetro debido a la poca o mucha influencia que este genera sobre el otro. Ya que los datos en este trabajo han sido bastante conservadores, se mostrará qué pasaría con la Tasa Interna de Retorno (TIR) si variara el porcentaje de cambio de los parámetros de ingresos, costos de mantenimiento y costos de operación.

En la Tabla 35, se puede observar el cambio porcentual para los parámetros influyendo así en un cambio en la TIR.

Tabla 35. Análisis de sensibilidad de la TIR para variaciones en los ingresos, costo de mantenimiento y operación.

% cambio parámetros	TIR ingresos	TIR Costo mantenimiento	TIR Costo operación
-35%	63%	288%	289%
-30%	89%	288%	288%
-25%	114%	288%	288%
-20%	141%	287%	288%
-15%	169%	287%	287%
-10%	198%	287%	287%
-5%	228%	287%	287%
0%	285%	285%	285%
5%	292%	285%	286%
10%	326%	285%	285%
15%	361%	285%	285%
20%	398%	285%	285%
25%	436%	285%	284%
30%	475%	285%	284%
35%	516%	285%	283%

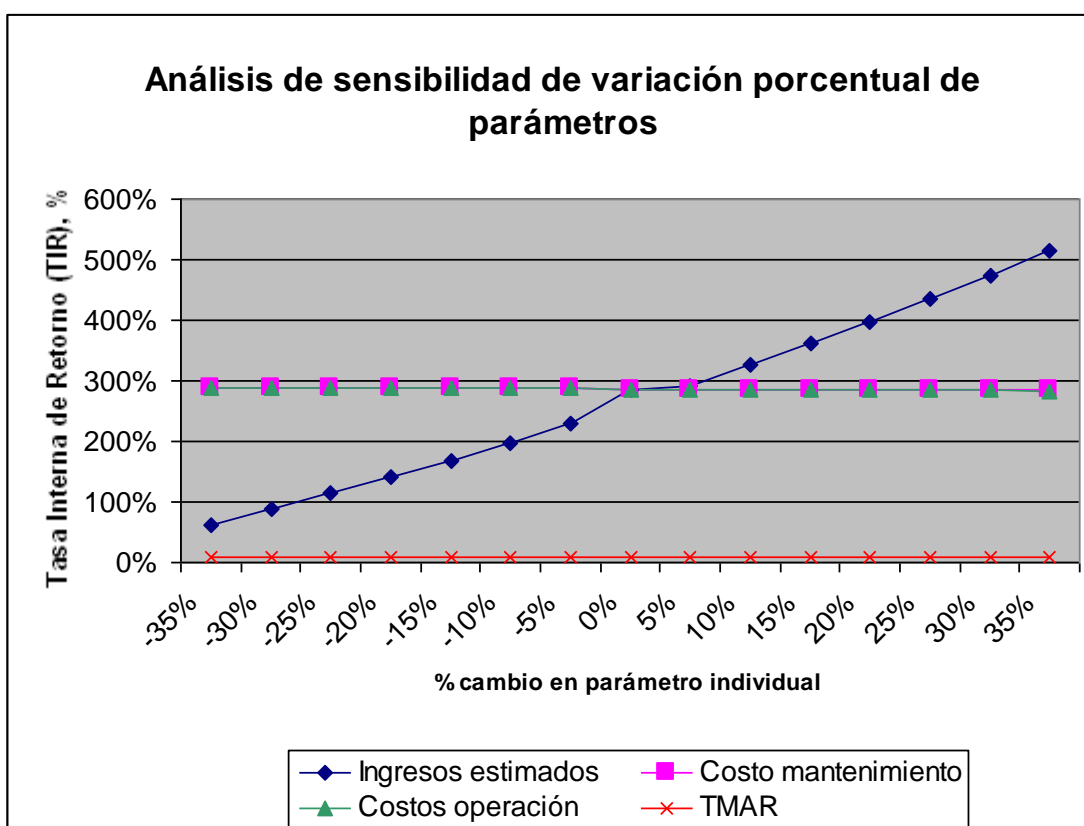
La Gráfica 14 muestra la tendencia de la TIR según las variaciones en los parámetros. Esto es una visualización más clara del grado de variabilidad y sensibilidad de la TIR a los cambios en el valor del parámetro. Si la curva que se muestra es plana (horizontal) es poco sensible a los cambios del parámetro, pero si es más vertical entonces es más sensible a los cambios. Se tiene como constante la TIR del 9%, que indica que cualquier TIR por debajo de ésta, obtendrá un VAN negativo y hace que el proyecto no sea rentable.

En la variación de ingresos, se muestra que la TIR es muy sensible al cambio de los mismos. Se debe mencionar que es casi imposible que las ventas aumenten o disminuyan un 35%, ya que lo normal en esta industria es que aumenten como máximo entre un 1% y un

5%. Pero así se muestra una visualización de la sensibilidad la TIR y a su vez el VAN con los cambios que se den en los ingresos.

En la variación de los costos de mantenimiento y operación, se muestra que la TIR es poco sensible al cambio de los mismos. Esto se debe a que se observa que las curvas de los costos son planas y horizontales, por lo que, cualquier aumento en los costos para la empacadora nueva será insignificante ya que esto demuestra que esta máquina será rentable bajo cualquier variación.

Gráfica 14. Tendencia de la TIR del flujo diferencial y la empacadora nueva en base a variaciones en ingresos.



VI. CONCLUSIONES

- Los equipos críticos de la línea de refrescos son la llenadora y empacadora ya que sus índices de Eficiencia Global del Equipo en el período son de 70.95% y 53.30% respectivamente. Para ambas máquinas el problema principal es la eficiencia, seguida de la disponibilidad.
- El costo de oportunidad por paros para la llenadora actual es de Q 4,394,300.00 y para la empacadora actual es de Q 5,447,800.00, lo cual ayuda a determinar la máquina que será analizada.
- La máquina crítica que se analiza para ser reemplazada es la empacadora ya que es la que cuenta con menor eficiencia y una mayor cantidad de paros y tiempos perdidos.
- La empacadora actual posee una capacidad instalada real de 2,833 cajas/hora y únicamente utiliza entre el rango de 1,590 y 2,014 cajas/hora. Los costos de mantenimiento de la misma para este año son de Q304,000.00 y el costo de electricidad de Q 572,141.00.
- El análisis de conservación de la empacadora actual se basa en la determinación de la vida útil económica, proyectando 6 años más de funcionamiento para la misma. El valor de mercado para la empacadora actual es de Q2,255,891.00 que incluye las inversiones en mantenimiento y arreglos de la máquina.
- La vida útil económica de la empacadora actual es en el año 1 (2009) ya que es cuando se obtiene el menor VA del costo total con una cantidad de: Q 1,576,413.12.
- Los dos proveedores para la selección de la empacadora nueva son: KHS y Krones. La inversión inicial de la empacadora KHS es de Q 7,150,689.30 con costos de mantenimiento de Q 5,259,299.62, mientras que la de Krones es de Q 6,927,317.38 y Q 7,033,788.07 respectivamente.
- La empacadora seleccionada para el reemplazo es la KHS por tener un menor costo total a valor presente de: Q12,409,988.92 comparado con: Q 13,961,105.45 de Krones.
- El análisis de reemplazo de la empacadora se basa en la diferencia o ahorro entre los costos de la máquina actual y la nueva.
- La eficiencia de la máquina nueva es del 95% con una disminución del 1% anual, mientras que la actual es del 53.3% (diferencia de 41.7%) con una disminución del 1% anual, por lo que la producción de la empacadora nueva será el doble que la actual. El costo de mantenimiento de la máquina nueva es 20% del costo actual de la máquina para los primeros 5 años y del 50% para los siguientes 5 años, demostrando un ahorro anual aproximado de Q 262,940.04. La potencia de la

máquina actual es de 86 kw/h mientras que para la máquina nueva es de 68 kw/h. La diferencia en potencia es de 18 kw/h que trae consigo un ahorro en consumo de electricidad promedio de Q 153,991.23 anuales.

- Se utiliza el flujo incremental o diferencial para evaluar el ahorro que existe entre la empacadora nueva y la actual. Los flujos incrementales se utilizan para reforzar la decisión de cambio de la máquina.
- Las herramientas financieras juegan un papel importante para la determinación de la aceptación de la alternativa de reemplazo. La Tasa Interna de Retorno (TIR) para la empacadora nueva es de 285% que, comparada con la tasa de préstamo (tasa mínima de retorno) del 9%, indica que se acepta el proyecto de reemplazo. El Valor Actual Neto (VAN) es positivo, Q 199,961,188.60, lo que indica que la alternativa es rentable ya que al proyectar los flujos al valor presente se obtienen ganancias. El período de recuperación de la empacadora nueva es de 4 meses y 20 días, el cual es aceptable para la recuperación de inversión.
- Para el período en que se analiza la empacadora nueva, su vida útil económica no se puede determinar, ya que para el año 10 (2018) no se ha obtenido el valor anual total más bajo.
- Un análisis de sensibilidad permitió comprobar la rentabilidad del proyecto desde la perspectiva de las variaciones en parámetros del flujo de caja. La Tasa Interna de Retorno es bastante sensible a las variaciones de los ingresos, ya que la curva es inclinada y las variaciones son grandes. La Tasa Interna de Retorno es poco sensible a los cambios en los costos de operación y mantenimiento, ya que la curva es plana u horizontal y las variaciones son muy pequeñas. Este análisis permitió corroborar los resultados del análisis financiero: un riesgo bajo, una rentabilidad alta y un período de recuperación de la inversión corto.
- La empacadora actual que cuenta la Cervecería Centroamericana, S.A. debe ser reemplazada por una nueva, ya que ésta trae consigo ahorros, eficiencia alta y mayor rentabilidad. Esto significa un aumento en la productividad de la línea, ya que ahora la capacidad instalada de 2,000 cajas/hora que tiene la línea se podrá cumplir.

VII. RECOMENDACIONES

- Según el estudio y el análisis de reemplazo de la empacadora se recomienda a la Planta de Cervecería Centroamericana, S.A., que se utilicen los procedimientos de este trabajo y que se haga posible el reemplazo de la empacadora debido a que el momento óptimo de cambio ya pasó. Esto trae ventajas para la empresa como una mayor capacidad de producción, ahorros en costos y al mismo tiempo estar en constante competencia en el mercado de bebidas.
- Se recomienda que se haga un análisis de todas las máquinas en las diferentes líneas de la planta para encontrar aquellas que son determinantes en la velocidad de la línea. Además, estimar la vida útil económica de la máquina y saber cuál es el momento indicado para su cambio así de esta manera, tener un mejor control sobre las mismas.
- Un análisis de cuellos de botella en las líneas en términos de cajas producidas e ingreso marginal se recomienda ser implementado. Esto lleva consigo a que se tenga un mejor control sobre la verdadera capacidad de la línea y se evalúe la capacidad utilizada de las máquinas para determinar la utilización eficiente de las mismas. Además de determinar el costo de dejar de producir e ingresos no recibidos debido a la baja eficiencia de las máquinas.
- Se recomienda que se tenga un constante monitoreo del EGE de sus líneas al igual que un mejor control de los paros y tiempos perdidos que se tiene en las máquinas. Para esto la mejor solución sería evaluar la implementación de un software que registre los paros que tiene la máquina, al igual que la producción y la velocidad a la que se trabaja. De esta manera se tendrá todo documentado de manera ordenada y clara para una mejor evaluación de los paros más frecuentes y así tratar de encontrar soluciones factibles a los mismos.
- Realizar un análisis de inversión en la maquinaria de la Planta donde tomen en cuenta la generación de flujos futuros, incluyendo inflación, tipo de cambio y tasa de interés. Además, para tener una mejor estimación de los flujos, se debe realizar este análisis cada 6 meses debido a que los cambios en estos factores son muy volátiles.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson, David R.; D. Sweeney y T Williams. 2003. *Estadística para administración y economía*. Octava Edición. Traducido del libro *Statistics for Business and Economics*, 8th., publicado en inglés por South Western. México. Thompson. 884 págs.
2. Blank, Leland; T. Anthony. 2004. *Ingeniería Económica*. Quinta Edición. Traducido por María del Carmen Hano Roa. México. McGraw Hill. 796 págs.
3. Canarias. 2008. Instituto Canario de Estadística. *Tipo de cambio del Euro 2000 – 2008*. Canarias. Gobierno de Canarias.
4. Gitman, Lawrence J. 2003. *Principios de Administración Financiera*. Décima Edición. Traducido por Elisa Nuñez Ramos. México. Pearson Educación. 676 págs.
5. Guatemala. 2008. Banco de Guatemala. *Tipo de cambio del 2003 – 2008*. www.banguat.gob.gt
6. Guatemala. 2008. Agencia ACAN-EFE. *Tarifa eléctrica aumenta de 7-15 por ciento en Guatemala*. <http://www.radiolaprimerisima.com/noticias/resumen/28768>
7. Hartman, Edward H. 1993. *Como instalar con éxito el TPM en su empresa*. Estados Unidos. International TPM Institute, Inc. 161 págs. Seminario organizado por ADVANSTAR EXPOSITIONS.
8. KHS. *Descripción de las máquinas para líneas de producción de bebidas*. DVD interactivo.
9. *La historia completa del OEE*. Full Fact Productivity solution. The Netherlands. http://www.oetoolkit.com/es/es_oe_thefullstory_1.html
10. México. 2008. El diario: Edición Ciudad de Juárez. *México: consumo de refresco aumenta 60%*. http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=10947
11. Park, Chan S. 2000. *Ingeniería económica contemporánea*. Traducido por Ernesto Morales Peake. México. Pearson. 791 págs.
12. Valencia-Venezuela. 1992. *Seminario Mantenimiento Productivo Total: Hacia la calidad Plena*. 116 págs.

IX. ANEXOS

Anexo A. EGE de las máquinas de la línea 1B de la Cervecería Centroamericana, S. A.

Desempacadora de tarimas

		feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	ene-08	feb-08	mar-08		
A	Tiempo bruto disponible (programado)	horas	433	407.25	422.77	622.41	421.27	452.72	447.17	650.23	450.83	469.76	439.71	411.67	393.09	461.34	
B	Pérdida de tiempo estimado (mant. preventivo, comidas)	horas	77.66	40.69	56.42	43.43	64.18	69.54	71.06	93.24	68.43	71.3	74.18	60.5	103.9	40.19	
C	Tiempo en uso (tiempo disponible neto A-B)	horas	355.34	366.56	366.35	578.98	357.09	383.18	376.11	556.99	382.4	398.46	365.53	351.17	289.19	421.15	
D	Pérdidas de tiempo (desarreglos, set-ups, ajustes)	horas	18.61666667	46.19692284	40.98888889	93.4	54.7625	56.27777778	60.16666667	105.0555556	23.430556	41.005556	31.9	40.555556	23.45	25.783333	
E	Tiempo de Operación (C-D)	horas	336.7233333	320.3630772	325.3611111	485.58	302.3275	326.9022222	315.9433333	451.9344444	358.96944	357.45444	333.63	310.61444	265.74	395.36667	
F	Disponibilidad ((E/C)*100)	%	94.76%	87.40%	88.81%	83.87%	84.66%	85.31%	84.00%	81.14%	93.87%	89.71%	91.27%	88.45%	91.89%	93.88%	
G	Rendimiento durante tiempo de operación	cajas	635,614	702,246	609,325	896,852	597,970	579,738	641,684	921,895	590,258	668,460	585,333	603,459	509,910	662,054	
H	Tiempo operativo teórico	hrs/cajas	0.000480769	0.000480769	0.000480769	0.000480769	0.000480769	0.000480769	0.000480769	0.000480769	0.0004808	0.0004808	0.0004808	0.0004808	0.0004808	0.0004808	
I	Eficiencia en ejecución ((HxG)/E)*100	%	90.75%	105.39%	90.04%	88.80%	95.09%	85.26%	97.64%	98.07%	79.05%	89.91%	84.35%	93.40%	92.25%	80.51%	
J	Rechazos durante el tiempo operativo	cajas	640	670	1,010	1015	890	975	765	980	810	1193	761	742	580	909	
K	Porcentaje de calidad del producto	%	99.90%	99.90%	99.83%	99.89%	99.85%	99.83%	99.88%	99.89%	99.86%	99.82%	99.87%	99.88%	99.89%	99.86%	
EGE	(F*I*K)*100	%	85.91%	92.02%	79.83%	74.39%	80.39%	72.62%	81.93%	79.49%	74.11%	80.51%	76.89%	82.51%	84.67%	75.47%	
	Producción mensual/ producción total	%	6.91%	7.63%	6.62%	9.74%	6.50%	6.30%	6.97%	10.02%	6.41%	7.26%	6.36%	6.56%	5.54%	7.19%	
	Promedio Ponderado Disponibilidad	%	6.54%	6.67%	5.88%	8.17%	5.50%	5.37%	5.86%	8.13%	6.02%	6.51%	5.80%	5.80%	5.09%	6.75%	88.10%
	Promedio Ponderado Eficiencia	%	6.27%	8.04%	5.96%	8.65%	6.18%	5.37%	6.81%	9.82%	5.07%	6.53%	5.36%	6.12%	5.11%	5.79%	91.08%
	Promedio Ponderado Calidad	%	6.90%	7.62%	6.61%	9.73%	6.49%	6.29%	6.96%	10.00%	6.40%	7.25%	6.35%	6.55%	5.53%	7.18%	99.87%
	Promedio Ponderado EGE	%															80.14%

Pasteurizadora

		feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	ene-08	feb-08	mar-08		
A	Tiempo bruto disponible (orogramado)	horas	433	407.25	422.77	622.41	421.27	452.72	447.17	650.23	450.83	469.76	439.71	411.67	393.09	461.34	
B	Pérdida de tiempo estimado (mant. preventivo, comidas)	horas	77.66	40.69	56.42	43.43	64.18	69.54	71.06	93.24	68.43	71.3	74.18	60.5	103.9	40.19	
C	Tiempo en uso (tiempo disponible neto A-B)	horas	355.34	366.56	366.35	578.98	357.09	383.18	376.11	556.99	382.4	398.46	365.53	351.17	289.19	421.15	
D	Pérdidas de tiempo (desarreglos, set-ups, ajustes)	horas	16.73333333	42.67803395	40.70555556	79.62222222	52.73472222	55.76111111	59.5	66.07222222	21.925	41.972222	28.194444	38.072222	21.183333	22.183333	
E	Tiempo de Operación (C-D)	horas	338.6066667	323.881966	325.6444444	499.3577778	304.3552778	327.4188889	316.61	490.9177778	360.475	356.48778	337.33556	313.09778	268.00667	398.96667	
F	Disponibilidad ((E/C)*100)	%	95.29%	88.36%	88.89%	86.25%	85.23%	85.45%	84.18%	88.14%	94.27%	89.47%	92.29%	89.16%	92.67%	94.73%	
G	Rendimiento durante tiempo de operación	cajas	635,614	702,246	609,325	896,852	597,970	579,738	641,684	921,895	590,258	668,460	585,333	603,459	509,910	662,054	
H	Tiempo operativo teórico	hrs/cajas	0.000526316	0.000526316	0.000526316	0.000526316	0.000526316	0.000526316	0.000526316	0.000526316	0.0005263	0.0005263	0.0005263	0.0005263	0.0005263	0.0005263	
I	Eficiencia en ejecución $(F/(HxG))/E)*100$	%	98.80%	114.12%	98.48%	94.53%	103.41%	93.19%	106.67%	98.84%	86.18%	98.69%	91.32%	101.44%	100.14%	87.34%	
J	Rechazos durante el tiempo operativo	cajas	640	670	1,010	1015	890	975	765	980	810	1193	761	742	580	909	
K	Porcentaje de calidad del producto	%	99.90%	99.90%	99.83%	99.89%	99.85%	99.83%	99.88%	99.89%	99.86%	99.82%	99.87%	99.88%	99.89%	99.86%	
EGE	$(F*I*K)*100$	%	94.05%	100.73%	87.39%	81.44%	88.00%	79.50%	89.69%	87.02%	81.13%	88.14%	84.17%	90.33%	92.70%	82.62%	
	Producción mensual/ producción total	%	6.40%	6.61%	6.60%	10.43%	6.44%	6.91%	6.78%	10.04%	6.89%	7.18%	6.59%	6.33%	5.21%	7.59%	
	Promedio Ponderado Disponibilidad	%	6.10%	5.84%	5.87%	9.00%	5.49%	5.90%	5.71%	8.85%	6.50%	6.42%	6.08%	5.64%	4.83%	7.19%	89.41%
	Promedio Ponderado Eficiencia	%	6.33%	7.54%	6.50%	9.86%	6.65%	6.44%	7.23%	9.92%	5.94%	7.09%	6.02%	6.42%	5.22%	6.63%	97.79%
	Promedio Ponderado Calidad	%	6.40%	6.60%	6.59%	10.42%	6.43%	6.89%	6.77%	10.03%	6.88%	7.17%	6.58%	6.32%	5.21%	7.58%	99.87%
	Promedio Ponderado EGE	%															87.32%

Videojet

			feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	ene-08	feb-08	mar-08	
A	Tiempo bruto disponible (programado)	horas	433	407.25	422.77	622.41	421.27	452.72	447.17	650.23	450.83	469.76	439.71	411.67	393.09	461.34	
B	Pérdida de tiempo estimado (mant. preventivo, comidas)	horas	77.66	40.69	56.42	43.43	64.18	69.54	71.06	93.24	68.43	71.3	74.18	60.5	103.9	40.19	
C	Tiempo en uso (tiempo disponible neto A-B)	horas	355.34	366.56	366.35	578.98	357.09	383.18	376.11	556.99	382.4	398.46	365.53	351.17	289.19	421.15	
D	Pérdidas de tiempo (desarreglos, setups, ajustes)	horas	17.48333333	43.02803395	34.53888889	80.22222222	52.3125	53.74444444	58.56666667	67.00555556	21.436111	42.122222	26.1	36.822222	20.366667	22.283333	
E	Tiempo de Operación (C-D)	horas	337.85666667	323.531966	331.81111111	498.7577778	304.7775	329.4355556	317.5433333	489.9844444	360.96389	356.33778	339.43	314.34778	268.82333	398.86667	
F	Disponibilidad ((E/C)*100)	%	95.08%	88.26%	90.57%	86.14%	85.35%	85.97%	84.43%	87.97%	94.39%	89.43%	92.86%	89.51%	92.96%	94.71%	
G	Rendimiento durante tiempo de operación	cajas	635,614	702,246	609,325	896,852	597,970	579,738	641,684	921,895	590,258	668,460	585,333	603,459	509,910	662,054	
H	Tiempo operativo teórico	hrs/cajas	0.000487805	0.000487805	0.000487805	0.000487805	0.000487805	0.000487805	0.000487805	0.000487805	0.0004878	0.0004878	0.0004878	0.0004878	0.0004878	0.0004878	
I	Eficiencia en ejecución ((HxG)/E)*100	%	91.77%	105.88%	89.58%	87.72%	95.71%	85.84%	98.57%	91.78%	79.77%	91.51%	84.12%	93.64%	92.53%	80.97%	
J	Rechazos durante el tiempo operativo	cajas	640	670	1,010	1015	890	975	765	980	810	1193	761	742	580	909	
K	Porcentaje de calidad del producto	%	99.90%	99.90%	99.83%	99.89%	99.85%	99.83%	99.88%	99.89%	99.86%	99.82%	99.87%	99.88%	99.89%	99.86%	
EGE	(F*I*K)*100	%	87.17%	93.36%	81.00%	75.48%	81.56%	73.68%	83.13%	80.65%	75.19%	81.69%	78.01%	83.72%	85.91%	76.58%	
	Produccion mensual/ produccion total	%	6.91%	7.63%	6.62%	9.74%	6.50%	6.30%	6.97%	10.02%	6.41%	7.26%	6.36%	6.56%	5.54%	7.19%	
	Promedio Ponderado Disponibilidad	%	6.57%	6.73%	6.00%	8.39%	5.54%	5.41%	5.89%	8.81%	6.05%	6.49%	5.90%	5.87%	5.15%	6.81%	89.63%
	Promedio Ponderado Eficiencia	%	6.34%	8.08%	5.93%	8.55%	6.22%	5.41%	6.87%	9.19%	5.12%	6.65%	5.35%	6.14%	5.13%	5.82%	90.78%
	Promedio Ponderado Calidad	%	6.90%	7.62%	6.61%	9.73%	6.49%	6.29%	6.96%	10.00%	6.40%	7.25%	6.35%	6.55%	5.53%	7.18%	99.87%
	Promedio Ponderado EGE	%															81.25%

INSCAN

		feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	ene-08	feb-08	mar-08		
A	Tiempo bruto disponible (programado)	horas	433	407.25	422.77	622.41	421.27	452.72	447.17	650.23	450.83	469.76	439.71	411.67	393.09	461.34	
B	Pérdida de tiempo estimado (mant. preventivo, comidas)	horas	77.66	40.69	56.42	43.43	64.18	69.54	71.06	93.24	68.43	71.3	74.18	60.5	103.9	40.19	
C	Tiempo en uso (tiempo disponible neto A-B)	horas	355.34	366.56	366.35	578.98	357.09	383.18	376.11	556.99	382.4	398.46	365.53	351.17	289.19	421.15	
D	Pérdidas de tiempo (desarreglos, setups, ajustes)	horas	17.06666667	41.81136728	33.87222222	80.92222222	51.8125	54.36666667	57.4	65.23888889	20.125	40.355556	25.916667	36.572222	21.05	21.866667	
E	Tiempo de Operación (C-D)	horas	338.2733333	324.7486327	332.4777778	498.0577778	305.2775	328.8133333	318.71	491.7511111	362.275	358.10444	339.61333	314.59778	268.14	399.28333	
F	Disponibilidad ((E/C)*100)	%	95.20%	88.59%	90.75%	86.02%	85.49%	85.81%	84.74%	88.29%	94.74%	89.87%	92.91%	89.59%	92.72%	94.81%	
G	Rendimiento durante tiempo de operación	cajas	635,614	702,246	609,325	896,852	597,970	579,738	641,684	921,895	590,258	668,460	585,333	603,459	509,910	662,054	
H	Tiempo operativo teórico	hrs/cajas	0.000490196	0.000490196	0.000490196	0.000490196	0.000490196	0.000490196	0.000490196	0.000490196	0.0004902	0.0004902	0.0004902	0.0004902	0.0004902	0.0004902	
I	Eficiencia en ejecución ((HxG)/E)*100	%	92.11%	106.00%	89.84%	88.27%	96.02%	86.43%	98.70%	91.90%	79.87%	91.50%	84.49%	94.03%	93.22%	81.28%	
J	Rechazos durante el tiempo operativo	cajas	640	670	1,010	1015	890	975	765	980	810	1193	761	742	580	909	
K	Porcentaje de calidad del producto	%	99.90%	99.90%	99.83%	99.89%	99.85%	99.83%	99.88%	99.89%	99.86%	99.82%	99.87%	99.88%	99.89%	99.86%	
EGE	(F*I*K)*100	%	87.60%	93.82%	81.40%	75.85%	81.96%	74.04%	83.53%	81.05%	75.56%	82.09%	78.39%	84.13%	86.33%	76.95%	
	Produccion mensual/ produccion total	%	6.91%	7.63%	6.62%	9.74%	6.50%	6.30%	6.97%	10.02%	6.41%	7.26%	6.36%	6.56%	5.54%	7.19%	
	Promedio Ponderado Disponibilidad	%	6.57%	6.76%	6.01%	8.38%	5.55%	5.40%	5.91%	8.84%	6.08%	6.53%	5.91%	5.87%	5.14%	6.82%	89.77%
	Promedio Ponderado Eficiencia	%	6.36%	8.09%	5.95%	8.60%	6.24%	5.44%	6.88%	9.20%	5.12%	6.65%	5.37%	6.16%	5.16%	5.85%	91.07%
	Promedio Ponderado Calidad	%	6.90%	7.62%	6.61%	9.73%	6.49%	6.29%	6.96%	10.00%	6.40%	7.25%	6.35%	6.55%	5.53%	7.18%	99.87%
	Promedio Ponderado EGE	%															81.65%

Empacadora de tarimas

		feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	ene-08	feb-08	mar-08		
A	Tiempo bruto disponible (programado)	horas	433	407.25	422.77	622.41	421.27	452.72	447.17	650.23	450.83	469.76	439.71	411.67	393.09	461.34	
B	Pérdida de tiempo estimado (mant. preventivo, comidas)	horas	77.66	40.69	56.42	43.43	64.18	69.54	71.06	93.24	68.43	71.3	74.18	60.5	103.9	40.19	
C	Tiempo en uso (tiempo disponible neto A-B)	horas	355.34	366.56	366.35	578.98	357.09	383.18	376.11	556.99	382.4	398.46	365.53	351.17	289.19	421.15	
D	Pérdidas de tiempo (desarreglos, set-ups, ajustes)	horas	24	51.55581173	41.82222222	91.51111111	55.09583333	65.06111111	67.08333333	117.07222222	23.625	43.688889	29.783333	45.238889	32.25	26.966667	
E	Tiempo de Operación (C-D)	horas	331.34	315.0041883	324.5277778	487.4688889	301.9941667	318.1188889	309.0266667	439.9177778	358.775	354.77111	335.74667	305.93111	256.94	394.18333	
F	Disponibilidad ((E/C)*100)	%	93.25%	85.94%	88.58%	84.19%	84.57%	83.02%	82.16%	78.98%	93.82%	89.04%	91.85%	87.12%	88.85%	93.60%	
G	Rendimiento durante tiempo de operación	cajas	635,614	702,246	609,325	896,852	597,970	579,738	641,684	921,895	590,258	668,460	585,333	603,459	509,910	662,054	
H	Tiempo operativo teórico	hrs/cajas	0.000485437	0.000485437	0.000485437	0.000485437	0.000485437	0.000485437	0.000485437	0.000485437	0.0004854	0.0004854	0.0004854	0.0004854	0.0004854	0.0004854	
I	Eficiencia en ejecución $(F/(HxG))/E*100$	%	93.12%	108.22%	91.14%	89.31%	96.12%	88.47%	100.80%	101.73%	79.86%	91.47%	84.63%	95.75%	96.34%	81.53%	
J	Rechazos durante el tiempo operativo	cajas	640	670	1,010	1015	890	975	765	980	810	1193	761	742	580	909	
K	Porcentaje de calidad del producto	%	99.90%	99.90%	99.83%	99.89%	99.85%	99.83%	99.88%	99.89%	99.86%	99.82%	99.87%	99.88%	99.89%	99.86%	
EGE	$(F*1*K)*100$	%	86.75%	92.91%	80.61%	75.11%	81.17%	73.32%	82.72%	80.26%	74.83%	81.29%	77.63%	83.32%	85.50%	76.21%	
	Producción mensual/ producción total	%	6.91%	7.63%	6.62%	9.74%	6.50%	6.30%	6.97%	10.02%	6.41%	7.26%	6.36%	6.56%	5.54%	7.19%	
	Promedio Ponderado Disponibilidad	%	6.44%	6.56%	5.86%	8.20%	5.49%	5.23%	5.73%	7.91%	6.02%	6.47%	5.84%	5.71%	4.92%	6.73%	87.11%
	Promedio Ponderado Eficiencia	%	6.43%	8.26%	6.03%	8.70%	6.24%	5.57%	7.03%	10.19%	5.12%	6.64%	5.38%	6.28%	5.34%	5.86%	93.08%
	Promedio Ponderado Calidad	%	6.90%	7.62%	6.61%	9.73%	6.49%	6.29%	6.96%	10.00%	6.40%	7.25%	6.35%	6.55%	5.53%	7.18%	99.87%
	Promedio Ponderado EGE	%															80.98%

Selladora

		feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	ene-08	feb-08	mar-08		
A	Tiempo bruto disponible (programado)	horas	433	407.25	422.77	622.41	421.27	452.72	447.17	650.23	450.83	469.76	439.71	411.67	393.09	461.34	
B	Pérdida de tiempo estimado (mant. preventivo, comidas)	horas	77.66	40.69	56.42	43.43	64.18	69.54	71.06	93.24	68.43	71.3	74.18	60.5	103.9	40.19	
C	Tiempo en uso (tiempo disponible neto A-B)	horas	355.34	366.56	366.35	578.98	357.09	383.18	376.11	556.99	382.4	398.46	365.53	351.17	289.19	421.15	
D	Pérdidas de tiempo (desarreglos, setups, ajustes)	horas	18.86666667	46.72803395	37.62222222	88.00555556	57.34583333	60.09444444	75.25555556	78.23888889	29.563889	49.905556	50.816667	41.822222	20.55	32.533333	
E	Tiempo de Operación (C-D)	horas	336.4733333	319.831966	328.7277778	490.9744444	299.7441667	323.0855556	300.8544444	478.7511111	352.83611	348.55444	314.71333	309.34778	268.64	388.61667	
F	Disponibilidad ((E/C)*100)	%	94.69%	87.25%	89.73%	84.80%	83.94%	84.32%	79.99%	85.95%	92.27%	87.48%	86.10%	88.09%	92.89%	92.28%	
G	Rendimiento durante tiempo de operación	cajas	635,614	702,246	609,325	896,852	597,970	579,738	641,684	921,895	590,258	668,460	585,333	603,459	509,910	662,054	
H	Tiempo operativo teórico	hrs/cajas	0.000470588	0.000470588	0.000470588	0.000470588	0.000470588	0.000470588	0.000470588	0.000470588	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.0004706	0.0004706	
I	Eficiencia en ejecución ((HxG)/E)*100	%	88.90%	103.33%	87.23%	85.96%	93.88%	84.44%	100.37%	90.62%	78.72%	90.25%	87.52%	91.80%	89.32%	80.17%	
J	Rechazos durante el tiempo operativo	cajas	640	670	1,010	1015	890	975	765	980	810	1193	761	742	580	909	
K	Porcentaje de calidad del producto	%	99.90%	99.90%	99.83%	99.89%	99.85%	99.83%	99.88%	99.89%	99.86%	99.82%	99.87%	99.88%	99.89%	99.86%	
EGE	(F*I*K)*100	%	84.09%	90.07%	78.14%	72.81%	78.69%	71.08%	80.19%	77.81%	72.54%	78.81%	75.26%	80.77%	82.88%	73.88%	
	Produccion mensual/ produccion total	%	6.91%	7.63%	6.62%	9.74%	6.50%	6.30%	6.97%	10.02%	6.41%	7.26%	6.36%	6.56%	5.54%	7.19%	
	Promedio Ponderado Disponibilidad	%	6.54%	6.66%	5.94%	8.26%	5.45%	5.31%	5.58%	8.61%	5.92%	6.35%	5.47%	5.78%	5.15%	6.64%	87.65%
	Promedio Ponderado Eficiencia	%	6.14%	7.88%	5.77%	8.38%	6.10%	5.32%	7.00%	9.08%	5.05%	6.55%	5.57%	6.02%	4.95%	5.77%	89.56%
	Promedio Ponderado Calidad	%	6.90%	7.62%	6.61%	9.73%	6.49%	6.29%	6.96%	10.00%	6.40%	7.25%	6.35%	6.55%	5.53%	7.18%	99.87%
	Promedio Ponderado EGE	%															78.40%

Transporte

		feb-07	mar-07	abr-07	may-07	jun-07	jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	nov-07	dic-07	ene-08	feb-08	mar-08		
A	Tiempo bruto disponible (programado)	horas	433	407.25	422.77	622.41	421.27	452.72	447.17	650.23	450.83	469.76	439.71	411.67	393.09	461.34	
B	Pérdida de tiempo estimado (mant. preventivo, comidas)	horas	77.66	40.69	56.42	43.43	64.18	69.54	71.06	93.24	68.43	71.3	74.18	60.5	103.9	40.19	
C	Tiempo en uso (tiempo disponible neto A-B)	horas	355.34	366.56	366.35	578.98	357.09	383.18	376.11	556.99	382.4	398.46	365.53	351.17	289.19	421.15	
D	Pérdidas de tiempo (desarreglos, set-ups, ajustes)	horas	21.57222222	46.83303395	41.72222222	95.60805556	68.9125	78.47777778	81.27777778	91.95555556	32.158333	56.022222	33.916667	47.155556	26.7	37.983333	
E	Tiempo de Operación (C-D)	horas	333.7677778	319.726966	324.5777778	483.3719444	288.1775	304.7022222	294.8322222	465.0344444	350.24167	342.43778	331.61333	304.01444	262.49	383.16667	
F	Disponibilidad ((E/C)*100)	%	93.93%	87.22%	88.60%	83.49%	80.70%	79.52%	78.39%	83.49%	91.59%	85.94%	90.72%	86.57%	90.77%	90.98%	
G	Rendimiento durante tiempo de operación	cajas	635,614	702,246	609,325	896,852	597,970	579,738	641,684	921,895	590,258	668,460	585,333	603,459	509,910	662,054	
H	Tiempo operativo teórico	hrs/cajas	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	
I	Eficiencia en ejecución ((HxG)/E)*100	%	95.22%	109.82%	93.86%	92.77%	103.75%	95.13%	108.82%	99.12%	84.26%	97.60%	88.26%	99.25%	97.13%	86.39%	
J	Rechazos durante el tiempo operativo	cajas	640	670	1,010	1015	890	975	765	980	810	1193	761	742	580	909	
K	Porcentaje de calidad del producto	%	99.90%	99.90%	99.83%	99.89%	99.85%	99.83%	99.88%	99.89%	99.86%	99.82%	99.87%	99.88%	99.89%	99.86%	
EGE	((F*I*K)*100)	%	89.35%	95.70%	83.02%	77.36%	83.60%	75.52%	85.20%	82.67%	77.07%	83.73%	79.96%	85.82%	88.06%	78.49%	
	Producción mensual/ producción total	%	6.91%	7.63%	6.62%	9.74%	6.50%	6.30%	6.97%	10.02%	6.41%	7.26%	6.36%	6.56%	5.54%	7.19%	
	Promedio Ponderado Disponibilidad	%	6.49%	6.65%	5.86%	8.13%	5.24%	5.01%	5.46%	8.36%	5.87%	6.24%	5.77%	5.68%	5.03%	6.54%	86.35%
	Promedio Ponderado Eficiencia	%	6.58%	8.38%	6.21%	9.04%	6.74%	5.99%	7.59%	9.93%	5.40%	7.09%	5.61%	6.51%	5.38%	6.21%	96.66%
	Promedio Ponderado Calidad	%	6.90%	7.62%	6.61%	9.73%	6.49%	6.29%	6.96%	10.00%	6.40%	7.25%	6.35%	6.55%	5.53%	7.18%	99.87%
	Promedio Ponderado EGE	%															83.35%

Anexo B. Tiempos perdidos mensuales y paros frecuentes en la llenadora

	Horas				Total
	Ajeno	Mecánico	Operativo	Eléctrico	
Feb-07	16.7333333	3.1	0.75	1.93888889	22.5222222
Mar-07	42.8947006	2	0.35	-	45.2447006
Abr-07	34.4055556	3	-	0.5	37.9055556
May-07	79.3722222	2.75	0.5	1.41666667	84.0388889
Jun-07	52.2291667	2.73333333	0	-	54.9625
Jul-07	54.9611111	7.05	0.25	-	62.2611111
Ago-07	59.7666667	4.5	0.25	0.3	64.8166667
Sep-07	102.205556	13.0333333	1.25	0.25	116.738889
Oct-07	22.0972222	2.225	1	1.5	26.8222222
Nov-07	41.7722222	2.43333333	-	0.5	44.7055556
Dic-07	26.5	0.35	-	-	26.85
Ene-08	36.7055556	0.25	-	-	36.9555556
Feb-08	20.8833333	6.85	-	0.25	27.9833333
Mar-08	23.1666667	6.01111111	-	-	29.1777778
Total	613.693312	56.2861111	4.35	6.65555556	680.984978

Paros ajenos

Descripción	Frecuencia	Horas
Cambiar tanque en SALSA	13	45.245
CO2 muy alto	14	38.2
CO2 muy bajo	14	84.572
Preparación en SALSA	12	170.226
Temperatura alta en SALSA	10	21.1
Vaciarse tubería	14	14

Paros mecánicos

Descripción	Frecuencia	Horas
Cambiar caballito	9	3.34166667
Cambiar tulipa de válvula	12	2.81666667
Engrase	9	5.66666667

Anexo C. Tiempos perdidos mensuales y paros frecuentes en la empacadora

	Horas				Total
	Ajeno	Mecánico	Operativo	Eléctrico	
Feb-07	19.0777778	6.89444444	5.35	10.4166667	41.7388889
Mar-07	46.2947006	18.1555556	4.05	2.53	71.0335895
Abr-07	37.2888889	4.33333333	5.3	5.4	52.3222222
May-07	84.3722222	28.2944444	5.45	18.0888889	136.205556
Jun-07	53.6291667	4.53333333	2.86666667	11.65	72.6791667
Jul-07	58.3777778	9.56666667	6.46111111	8.93	83.3388889
Ago-07	59.3166667	13.9666667	6.06666667	1.75	81.1
Sep-07	66.9222222	7.63888889	3.68333333	1.45	79.6944444
Oct-07	20.4833333	3.36666667	0.91666667	2.05555556	26.8222222
Nov-07	40.9055556	4.06666667	0.66666667	0.66666667	46.3055556
Dic-07	26.3	0.91666667	0.16666667	0.50	27.8833333
Ene-08	38.0388889	8.45	1.33333333	0.95	48.7722222
Feb-08	22.7666667	7.43333333	2.56666667	1.16666667	33.9333333
Mar-08	35.7	6.61111111	5.73333333	-	48.0444444
Total	609.473867	124.227778	50.6111111	65.5611111	849.873867

Paros ajenos

Descripción	Frecuencia	Horas
Cambiar tanque en SALSA	15	53.16
Cartón malo, ventosas no jalan	12	22.75
CO2 muy alto	14	38.20
CO2 muy bajo	14	84.57
Preparación en SALSA	12	163.63
Romperse nylon	11	7.47
Temperatura alta en SALSA	10	21.10
Vaciarse tubería	14	14

Paros mecánicos

Descripción	Frecuencia	Horas
Ajuste ventosas	8	10.4
Ajustes cuchillas corte nylon	8	23.5944