

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería Electromecánica**



**Kimberly-Clark Costa Rica  
KCC**

**“Cálculo del retorno de condensado, estudio de ahorro energético  
y realización del manual de entrenamiento de máquina servilletera  
OMET”**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el grado de  
Bachiller en Ingeniería en Mantenimiento Industrial**

**Jonnathan Vega Ramírez**

**Belén, junio, 2004**

## **DEDICATORIA**

A mis padres y abuelos que siempre me han dado todo el apoyo necesario para llegar hasta lo que hoy día soy.

## ÍNDICE GENERAL

Índice de figuras	
Índice de tablas	6
<b>CAPÍTULO 1. HISTORIA</b>	<b>7</b>
1.1 Reseña histórica de Kimberly Clark	7
<b>PROYECTO N°1. PROPUESTAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN CALDERAS</b>	<b>12</b>
Resumen	12
Abstract	13
Introducción	14
<b>CAPÍTULO 2. ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS EN LO QUE SE REFIERE AL AHORRO ENERGÉTICO</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivos generales	15
2.2 Objetivos específicos	15
<b>CAPÍTULO 3. CÁLCULO DEL RETORNO DE CONDENSADO</b>	<b>16</b>
3.1 Marco Conceptual	16
3.2 Datos suministrados por la compañía fabricante	19
3.3 Datos de operación	19
3.4 Cálculo del retorno de condensado	20
3.4.1 Por medio del consumo	20
3.4.2 Por medio de conductividad	21
3.4.3 Por medio de sílice	22
3.4.4 Promedio de los datos	22
3.4.5 En forma teórica	23

CAPÍTULO 4. EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN	27
4.1 Marco conceptual	27
4.2 Reporte de eficiencia de combustión de las calderas	31
4.3 Ahorro por eficiencia de combustión	32
CAPÍTULO 5. CÁLCULO DE LA PURGA	34
5.1 Marco Conceptual	34
5.2 Cálculo de purga actual	36
CAPÍTULO 6. BAJAR LA PRESIÓN DE OPERACIÓN DE LA CALDERA COMO MÉTODO DE AHORRO DE DINERO	37
6.1 Cálculo si la caldera trabaja a una presión de operación de 200 psig	37
CAPÍTULO 7. COSTO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS DEVRONIZER	41
7.1 Cálculo del costo de funcionamiento	42
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
8.1 Conclusiones	42
8.2 Recomendaciones	43
PROYECTO N°2. MANUAL DE CAPACITACIÓN O ENTRENAMIENTO DE LA MÁQUINA SERVILLETERA OMET	44
Resumen	44
Abstract	45
Introducción	46

CAPÍTULO 9.ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS EN LO QUE SE REFIERE AL MANUAL DE ENTRENAMIENTO DE LA MÁQUINA SERVILLETERA OMET	<b>47</b>
9.1 Objetivos generales	<b>47</b>
9.2 Objetivos específicos	<b>47</b>
CAPITULO 10. CONSTITUCIÓN DEL MANUAL	<b>48</b>
CAPÍTULO 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	<b>53</b>
11.1 Conclusiones	<b>53</b>
11.2 Recomendaciones	<b>54</b>

<b>Índice de tablas</b>	
Tabla 3.1 Muestra de datos consumo	<b>20</b>
Tabla 3.2 Muestra de datos conductividad	<b>21</b>
Tabla 3.3 Muestra de datos sílice	<b>22</b>
Tabla 3.4 Datos de consumo del mes de febrero	<b>23</b>
Tabla 3.5 Datos de conductividad del mes de febrero	<b>25</b>
Tabla 3.6 Datos de sílice del mes de febrero	<b>26</b>
Tabla 4.1 Datos de la caldera # 1381	<b>31</b>
Tabla 4.2 Datos de la caldera # 1434	<b>31</b>
Tabla 6.1 Comparación si la caldera trabaja a una presión 200 psig o a 150 psig	<b>39</b>

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>55</b>
<b>APÉNDICES</b>	<b>56</b>
APÉNDICE 1. Condensate Recovery.	<b>57</b>
APÉNDICE 2. Entalpía y densidad del agua	<b>58</b>
APÉNDICE 3. Máquina Omet	<b>59</b>
APÉNDICE 4. Unidad de Transferencia Automática	<b>60</b>

## **CAPITULO 1.**

### **HISTORIA**

#### **1.1 Reseña Histórica de Kimberly Clark**

Habiéndose establecido en 1872 sobre principios que aún hoy tienen repercusión en la compañía, Kimberly Clark, creció rápidamente en sus primeros años.

Entre los fundadores que construyeron los cimientos sólidos de la compañía, se encuentran Charles B. Clark, cuya energía y confianza en sí mismo lo impulsaron más allá de una juventud adversa, John Alfred Kimberly, próspero comerciante de artículos de confección y dueño de un Molino harinero, Havilah Babcock, socio de Kimberly en la tienda, y Frank C. Shattuck, un comerciante minorista exitoso.

Clark fue quien inició el plan de construir una fábrica de papel en Neenah, Winconsin. Inspirado por el éxito de una fábrica de prensa en la zona, propuso la construcción de una fábrica que produjera papel de calidad superior a cualquier otro en la región, un papel de prensa confeccionado enteramente con hebras de lino y algodón. Clark propuso esta inversión a Kimberly, Babcock y Shattuck, y el 26 de marzo de 1872 los cuatro firmaron el acuerdo por el cual se organizó Kimberly Clark & Company. Los socios se pusieron de acuerdo en cuatro principios básicos de operación, dejando sentados los siguientes valores fundamentales:

- Fabricar el mejor producto posible.
- Atender bien a los clientes y comerciar en forma justa para ganarse su confianza y buena voluntad.
- Tratar con justicia a los empleados.
- Ampliar la capacidad de producción a medida que la demanda de los productos lo justificara, financiar las ampliaciones con dinero proveniente de las ganancias.

La primera instalación de la compañía, el Globe Mill, abrió el 22 de octubre de 1872 y tuvo un éxito inmediato. No solamente se trataba de la única fábrica en la región que fabricaba papel

de prensa hecho de hebras de lino y algodón, sino que la abundante provisión de hebras disponible mantuvo el precio de su producto altamente competitivo. Los socios manejaron bien su negocio y aprovecharon las oportunidades de ampliación que se presentaron. En 1874 adquirieron Red Mill, en 1876 agrandaron Globe Mill y ampliaron la capacidad de la papelera al comprar una nueva máquina para fabricar papel; y en 1878 se asociaron a tres empresarios de Minnesota para crear Atlas Paper Co. en Appleton, Wisconsin. En 1880, constituyeron la sociedad bajo el nombre de Kimberly & Clark Co. contando con Kimberly como presidente, Babcock como vicepresidente, Clark como secretario y Shattuck como tesorero. El capital de la compañía ascendía a un total de \$400000, sus haberes abarcaban tres molinos de papel y un molino de harina y la compañía empleaba a 140 personas.

A medida que se iban construyendo y adquiriendo fábricas adicionales, Kimberly & Clark Co. confrontaba con éxito los problemas asociados con el crecimiento. Cuando se enfrentaron al dilema de cómo recompensar a altos directivos sin tener que renunciar a sus propias acciones, los socios crearon una compañía subsidiaria, Telulah Paper Co., para poder ofrecer a los jóvenes ejecutivos un interés minoritario considerable. Para asegurarse un aprovisionamiento suficiente de pulpa de madera, que hacia 1897 se había convertido en la materia prima principal en la fabricación de papel, en 1889 la compañía se trasladó a una localidad detrás de Fox River Valley, al mismo tiempo que compró y administró terrenos maderables en otras áreas de Wisconsin, Michigan y Minnesota.

En 1906, ya con 750 empleados, la compañía se constituyó como Kimberly Clark Co. con un capital de \$2 millones. Kimberly Clark tenía entonces 750 empleados, era dueña de nueve molinos, 15 máquinas y bastas tierras maderables en Minnesota.

## **La fusión decisiva entre Kimberly y Scott**

El 17 de julio de 1995, Kimberly-Clark anunció su decisión de unirse a Scott Paper Company en una operación tasada con el tiempo en \$9.4 mil millones. La nueva empresa creada a partir de la fusión, llegaría a ser la fábrica de papel de seda más grande del mundo y la segunda compañía más importante en los Estados Unidos de productos para el consumo doméstico y el cuidado personal.

En los años previos a la fusión, a pesar de que la compañía se desempeñaba casi a la cabeza de la industria, se encontraba luchando contra la deflación y una intensa competencia. Hacia los finales de los 80 y principios de los 90 la compañía había invertido \$600 millones en nuevas instalaciones de papel higiénico, pero justo comenzó la producción cuando la competencia se estaba intensificando y los precios declinaban. Los líderes de la compañía se dieron cuenta que en ese momento K-C necesitaba, o bien ampliar sus operaciones relativas a la producción de papel higiénico para poder aprovechar oportunidades a mayor escala o bien buscar otras avenidas para el crecimiento.

La idea de una posible fusión se materializó cuando una empresa bancaria de inversiones propuso a K-C comprar todo o parte de Scott Paper. Era una posibilidad atractiva; a pesar de los problemas financieros recientes. Scott estaba a la cabeza de la fabricación de los productos de papel de seda en el mundo y ocupaba un lugar importante dentro del mercado europeo. Sin embargo, Scott estaba involucrado en algunos mercados en los que Kimberly Clark no tenía mucho interés. El análisis que K-C hizo sobre Scott condujo a la decisión de no comprar la compañía tal como se encontraba constituida, sino de explorar la posibilidad de un trato que incluyera la inmensa área que abarcaba todos aquellos productos domésticos de consumo fuera del hogar. Scott rechazó esta tentativa.

En abril de 1994, Albert J. Dunlap ingresó en Scott como presidente y primer responsable ejecutivo. Obró rápidamente para darle un giro a la compañía, vendiendo más de \$2 mil millones en activos no estratégicos, reemplazando a la mayoría de los principales directivos y

eliminando más de 11000 puestos de trabajo. En menos de un año, Dunlap había logrado reducir la deuda de Scott y convertir los \$275 millones de pérdidas arrojadas por la compañía en 1993 en más de \$200 millones de ganancias en 1994. En este momento K-C y Scott regresaron a las discusiones sobre una posible fusión de las compañías. Altos directivos de los departamentos financieros y legales de las dos compañías comenzaron las negociaciones el 7 de junio de 1995, y para el 14 de julio, los consejos de administración de ambas compañías habían aprobado en forma unánime el acuerdo de fusión. La nueva compañía, liderada por Wayne Sanders como presidente y jefe ejecutivo, iniciaría operaciones como Kimberly Clark Corporation, conservando sin embargo, la marca Scott en sus productos.

Kimberly Clark supo escapar a muchas de las dificultades resultantes al combinar dos culturas empresariales muy distintas. Por otro lado, la fusión se maneja con mucho cuidado. Kimberly Clark creó un equipo de integración formado por más de 100 empresarios y personal que trabajaron codo a codo con los empleados claves de Scott para desarrollar un plan a fin de unir las operaciones de fabricación, las líneas de producción y las fuerzas laborales de las compañías. Se definieron cuatro objetivos:

- Estar preparados para operar como una compañía desde el día uno.
- Establecer una organización con el tamaño apropiado para el futuro.
- Obrar rápidamente para beneficiarse de las dimensiones globales de tres negocios centrales: productos para el cuidado personal, productos de papel de seda y de consume fuera del hogar.
- Concentrarse intensamente en la innovación de productos.

Como Kimberly Clark y Scott eran rivales en algunos mercados de producción, la aprobación para llevar a cabo la fusión tuvo que esperar a que agencias gubernamentales de varios países evaluaran ciertos temas relacionados con competencia y regulaciones bursátiles. Kimberly Clark aceleró el proceso para anunciar su intención de cerrar el trato para el 12 de diciembre de 1995, de manera que los empleados de K-C trabajaron a una velocidad vertiginosa para solucionar los detalles necesarios a fin de obtener la autorización reglamentaria.

La fusión aportó elementos de solidez complementaria a la nueva Kimberly Clark y creó una compañía con renovadas energías lista para competir como un solo equipo.

## **PROYECTO N°1**

### **PROPUESTAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN CALDERAS**

#### **Resumen**

El estudio realizado en lo que se refiere al ahorro energético, se lleva a cabo con el fin de corregir y establecer posibles mejoras las cuales buscan como objetivo principal el ahorro de dinero para el bienestar de la empresa. Además, se busca que las calderas funcionen en óptimas condiciones y así tener una mayor seguridad o respaldo de su funcionamiento.

La metodología que se aplica para realizar el estudio, es la de investigar cuales son las partes o sectores más débiles o que muestren presuntas fallas, para así realizar un estudio por separado de cada una de ellas. El estudio se basa en la recopilación de información de varios libros relacionados con el tema, además de manuales y informes de control que los llevan el encargado y los operadores de las calderas.

Una vez encontradas las partes o sectores débiles se procede a realizar los respectivos cálculos para así después ser evaluados y comparados con las referencias mencionadas anteriormente, proceder a dar conclusiones y recomendaciones.

**Abstract.**

Propositions about to save energy.

The study has been made with the object to correct and to establish any improve searching to save power and money at the company. Besides it is really important that the boilers have optimal conditions to increase the security level.

First, we are looking for the weaker areas or with any failure and then test them separately. This is study is based in related books, information control reports by the personal at that boilers.

Once we could find the weaker areas, we are going to do the calculation and evaluations to make conclusions and suggestions.

## **Introducción**

El estudio de ahorro energético se concentra en la sección de calderas, las cuales tienen la función de abastecer de vapor a ambos molinos para la producción de papel; además de eso abastecen de vapor a los devronizer y a la planta de tratamiento de aguas.

El proyecto consiste en una revisión de las posibles partes o sectores que presenten debilidades o que generen pérdidas de vapor. Se busca dar a conocer esas presuntas debilidades, para así poder determinar si estas se pueden corregir o mejorar.

Como parte del trabajo es necesario recopilar datos o controles de consumos de agua de reposición, de sílice, de conductividad, para así poder hacer el cálculo del retorno de condensado que se da en las calderas.

También se busca, como parte del proyecto, realizar un cálculo de las posibles ganancias de dinero que puedan generar si se corrigen o mejoran las posibles o presuntas fallas o debilidades del sistema (calderas).

## **CAPÍTULO 2.**

### **OBJETIVOS**

#### **2.1 Objetivos Generales:**

1. Calcular el retorno condensado de la caldera.
2. Mejorar la eficiencia de combustión.
3. Calcular la purga.
4. Hacer un estudio con el fin de investigar si es factible la reducción de presión de las calderas.
5. Calcular el costo de funcionamiento de los devronizer.

#### **2.2 Objetivos Específicos:**

Realizar el cálculo del retorno de condensado a las calderas, con la intención de saber si el retorno es el adecuado o está en el rango para una planta que produce papel Tisú.

Evaluar la cantidad de retorno de condensado que se dan en las calderas, para luego ser comparado con el rango recomendado para una industria que produce papel Tisú.

Realizar revisiones de la eficiencia de combustión, cálculo de la purga, posible reducción de la presión de operación de las calderas para generar ganancias y por último se va a realizar un cálculo del costo de funcionamiento de los devronizer.

## **CAPÍTULO 3.**

### **CÁLCULO DEL RETORNO DE CONDENSADO**

#### **3.1 Marco Conceptual**

El vapor se utiliza como medio flexible y poco costoso de transmisión de calor. Es muy utilizado en numerosos sectores de la actividad industrial, ya sea para cocción de alimentos, recalentamiento de combustibles o también, en la industria del papel.

El vapor es utilizado en estos casos, simplemente porque existe una necesidad de calor y energía al mismo tiempo y el vapor es la manera más adecuada y económica de transportar grandes cantidades de calor y energía.

El vapor es fácil de producir ya que se obtiene del agua y generalmente se requiere de un recipiente adecuado para producirlo industrialmente. Este recipiente es una caldera o un generador de vapor.

En la mayoría parte de los casos, el vapor sigue siendo el fluido, portador de calor más cómodo y económico.

El intercambio calorífico entre las tuberías de vapor y los alrededores, provoca la formación de condensado dentro de la tubería que transporta vapor. La presencia de agua en las tuberías acarrea diversos problemas: golpes de ariete, descenso del rendimiento energético y riesgo de corrosión.

El aislamiento de las tuberías proporciona una reducción de las pérdidas de calor, debido a esto su gran utilización en sistemas de vapor.

Las trampas para vapor son válvulas automáticamente regulables cuyo objetivo es proporcionar un control para evacuar condensado sin pérdidas de vapor vivo.

## **Importancia de remover el condensado**

En general, una insuficiente remoción del condensado de un sistema de vapor incrementa los costos por conceptos de energía, por las siguientes razones:

- La presencia del condensado enfría el vapor disminuyendo el calor sensible de este lo que se traduce en una reducción en el aprovechamiento del calor.
- La presencia de condensado en una tubería reduce el área de transmisión del calor, lo que se traduce en una baja en el calor aprovechado. La no remoción del condensado en una línea de vapor puede dañar accesorios tales como: válvulas, codos, bridas, equipos, etc; debido al golpe de ariete que es causado cuando una porción del condensado queda atrapado entre una corriente de vapor que viaja a una gran velocidad; ya que dicha porción, golpea cualquier accesorio o equipo que se encuentre en la línea. Por lo tanto, las trampas se emplean en todos los sistemas de vapor para remover el condensado que se forma y eliminar el aire indeseable y los gases no condensables.

## **El condensado**

El condensado es el subproducto del sistema de vapor que se forma cuando la presión y temperatura del vapor disminuyen, debido a la radiación inevitable en las tuberías, equipos calefactores y equipos de proceso por la transferencia calórica desde el vapor a la sustancia que se está calentando.

Una vez que el vapor se ha condensado entregando su calor latente, debe removerse inmediatamente, ya que el contenido de calor disponible en 1 Kg de condensado es insignificante al compararlo con 1 Kg de vapor.

El calor condensado contenido en el condensado en sistemas de baja presión, representa un 10% del calor total usado para generar el vapor. El sistema de alta presión puede ser mayor de

15 %. El manejo adecuado del condensado lleva al aprovechamiento de este calor y al aumento de la eficiencia total del sistema de vapor.

1. Necesidad de drenar el sistema de distribución.

El vapor se mueve rápidamente en ramales principales o líneas de suministro a menudo de 150 Km/hora o más. Una acumulación de condensado en estas líneas puede ser arrastrada por el vapor que se está desplazando con rapidez proporcionándose un golpe de ariete. Esto puede traer como resultado daños en los accesorios de las cañerías y válvulas reguladoras de presión. Es esencial que este condensado se remueva antes que se transforme en una carga peligrosa.

2. La importancia de retornar el condensado.

El vapor que se condensa tiene dos cualidades importantes y de interés desde el punto de vista de eficiencia. Primero, contiene calor en una cantidad que puede ser importante comparada con el calor total del vapor. Segundo, el condensado es agua limpia y ya tratada, sin sólidos disueltos, con excepción de los que arrastra el flujo a través de la tubería. El retorno del condensado entonces, implica tres ahorros:

- b. Ahorro en combustible debido a su calor sensible.
- c. Ahorro en productos químicos de tratamiento del agua que entra en la caldera.
- d. Ahorro en combustible debido a la reducción de la purga necesaria para mantener un nivel adecuado de sólidos disueltos en la caldera.

### **3.2 Datos suministrados por la compañía fabricante:**

#### *Suministrados por la compañía fabricante:*

Marca de la caldera: Cleaver Brooks

Modelo: CB-600-600

Capacidad: 400 a 800 BHP.

Presión de operación: Vapor 15-250 psig o más alta si se especifica.

Combustible: Aceite o gas de combustión.

Ignición: Automática.

Encendido: Modulación completa en límites de operación.

Quemador (Aceite): Aire atomizado (Baja presión)

Quemador (Gas): Tipo orificio sin premezcla.

Compuerta de aire: Tipo rotatoria (Modulada Eléctricamente)

Acabado interno/vapor: Código ASME.

Acabado interno/agua: Código ASME.

### **3.3 Datos de operación:**

Temperatura de alimentación (° C) = 99 ° C

Temperatura de la chimenea (° C) = 240 ° C

Presión de trabajo (psig) = 200 psig

### 3.4 Cálculo del retorno condensado

Se calculó el retorno de condensado por medio de métodos distintos, todos los datos pertenecen al mes de febrero del 2004:

3.4.1 Por medio del consumo.

3.4.2 Por medio de conductividad.

3.4.3 Por medio de sílice.

3.4.4 Promedio de los datos.

3.4.5 En forma teórica.

#### 3.4.1 Por medio del consumo

$$Eficiencia = 1 - \frac{a}{b + c}$$

Donde:

$a =$  consumo de agua por la caldera (L/día)

$b =$  consumo de vapor por toda la planta (L/día)

$c =$  consumo de vapor por purga (es el 8.33 % de  $b$ ) en (L/día)

#### Muestra de cálculos:

Tabla 3.1 Muestra de datos consumo

Día	Consumo de agua (L/día)	Consumo de vapor (L/día)	Consumo de vapor por purga (L/día)	Consumo de vapor total (L/día)	Eficiencia
22 de febrero	32720	130909.1	10904.73	141813.8	0.77

Consumo de vapor diario = 12000 lb/hora = 130909.1 L/día

Consumo de vapor por purga

(es el 8.33% del consumo de vapor diario) = 999.6 lb/hora = 10904.7 L/día

Consumo de vapor total = Consumo de vapor diario + Consumo de vapor por purga

*Consumo de vapor total = 130909.1 L/día + 10904.7 L/día = 141813.8 L/día*

*Eficiencia = 1 - (consumo de agua/consumo de vapor total)*

*Eficiencia = 1 - (32720/141813.8) = 0.77*

### **3.4.2 Por medio de conductividad**

$$Eficiencia = 1 - \frac{a}{b + c + d}$$

Donde:

*a = conductividad del agua*

*b = conductividad del suavizador*

*c = conductividad del condensado 1*

*d = conductividad del condensado 2*

### **Muestra de cálculos:**

**Tabla 3.2 Muestra de datos conductividad**

<b>Día</b>	<b>Conductividad específica del agua de alimentacion</b>	<b>Conductividad específica del suavizador</b>	<b>Conductividad específica de condensado (1)</b>	<b>Conductividad específica de condensado (2)</b>	<b>Eficiencia</b>
22 de febrero	78	191	32	40	0.70

*Eficiencia = 1 - (conductividad del agua / (conductividad suavizador + conductividad condensado 1 + conductividad condensado 2))*

*Eficiencia = 1 - (78/(191+32+40)) = 0.70*

### 3.4.3 Por medio de sílice

$$Eficiencia = 1 - \frac{a}{b}$$

Donde:

*a* = sílice del agua de alimentación

*b* = sílice del suavizador #1

**Muestra de cálculos:**

**Tabla 3.3 Muestra de datos sílice**

<b>Día</b>	<b>Sílice de agua de alimentación</b>	<b>Sílice de suavizador #1</b>	<b>Eficiencia</b>
17 de febrero	13	68	0.81

*Eficiencia = 1 - (Sílice de agua de alimentación/ Sílice de suavizador #1)*

*Eficiencia = 1 - 13/68 = 0.81*

### 3.4.4 Promedio de los datos del mes de febrero

*Promedio = Por medio del consumo + Por medio de conductividad + Por medio de sílice / 3*

**Muestra de cálculos:**

*Promedio = 0.77 + 0.70 + 0.81 / 3 = 2.28 / 3 = 0.76 = 76 %*

### 3.4.5 En forma teórica

$$\text{Eficiencia} = a - b - c - d$$

Donde:

*a = producción de vapor de la caldera (%)*

*b = consumo de vapor por purga (%)*

*c = consumo de vapor por el devronizer (%)*

*d = consumo de vapor por la planta de tratamientos de aguas (%)*

#### **Muestra de cálculos:**

*Producción de vapor de la caldera representa el 100 %.*

*Pérdida de vapor por purga representa un 8.33 % de la producción de vapor.*

*Pérdida de vapor por consumo del devronizer representa un 10 % de la producción de vapor.*

*Pérdida de vapor por consumo de la planta de tratamiento de aguas representa un 5 % de la producción de vapor.*

*Pérdida de vapor por equipos = Producción de vapor - consumo del devronizer - consumo de la planta de tratamiento*

*Retorno de condensado teórico = 100 - 8.33 - 10 - 5 = 76.66 %*

Según los resultados anteriormente mostrados, el retorno condensado práctico dio un 76 % y el retorno condensado teórico dio 76.66 %. Por lo tanto, se está perdiendo un 0.66 % de la producción de vapor.

En general el cálculo de retorno de condensado es de un 76% en promedio según los cálculos mostrados anteriormente, y nuestra referencia de comparación será de acuerdo al Anexo 1.

**Tabla 3.4 Datos de consumo del mes de febrero**

	Consumo de agua	Consumo de vapor	Consumo de vapor por purga	Consumo de vapor total	Eficiencia
día	(L/día)	(L/día)	(L/día)	(L/día)	(%)
1	34120	130909,09	10904,73	141813,8	0,76
2	29640	130909,09	10904,73	141813,8	0,79
3	32970	130909,09	10904,73	141813,8	0,77
4	39070	130909,09	10904,73	141813,8	0,72
5	42440	130909,09	10904,73	141813,8	0,70
6	40800	130909,09	10904,73	141813,8	0,71
7	32990	130909,09	10904,73	141813,8	0,77
8	33470	130909,09	10904,73	141813,8	0,76
9	34030	130909,09	10904,73	141813,8	0,76
10	32300	130909,09	10904,73	141813,8	0,77
11	36200	130909,09	10904,73	141813,8	0,74
12	21800	130909,09	10904,73	141813,8	0,85
13	21850	130909,09	10904,73	141813,8	0,85
14	20000	130909,09	10904,73	141813,8	0,86
15	31050	130909,09	10904,73	141813,8	0,78
16	31000	130909,09	10904,73	141813,8	0,78
17	31760	130909,09	10904,73	141813,8	0,78
18	34700	130909,09	10904,73	141813,8	0,76
19	30140	130909,09	10904,73	141813,8	0,79
20	31400	130909,09	10904,73	141813,8	0,78
21	33530	130909,09	10904,73	141813,8	0,76
22	32720	130909,09	10904,73	141813,8	0,77
23	35730	130909,09	10904,73	141813,8	0,75
24	30180	130909,09	10904,73	141813,8	0,79
25	31720	130909,09	10904,73	141813,8	0,78
26	42210	130909,09	10904,73	141813,8	0,70
27	28780	130909,09	10904,73	141813,8	0,80
28	27270	130909,09	10904,73	141813,8	0,81
29	35890	130909,09	10904,73	141813,8	0,75
30	X	X	X	X	X
31	X	X	X	X	X

**Tabla 3.5 Datos de conductividad del mes de febrero**

<b>Día</b>	<b>Conductividad específica del agua de alimentación</b>	<b>Conductividad específica del suavizador</b>	<b>Conductividad específica de condensado (1)</b>	<b>Conductividad específica de condensado (2)</b>	<b>Eficiencia</b>
1	69	192	41	44	0,75
2	67	192	40	29	0,74
3	100	194	36	37	0,63
4	85	195	75	40	0,73
5	130	200	48	53	0,57
6	120	200	25	36	0,54
7	67	203	20	24	0,73
8	79	194	40	43	0,71
9	97	195	24	29	0,61
10	63	190	18	27	0,73
11	71	191	35	45	0,74
12	58	191	24	29	0,76
13	67	201	34	29	0,75
14	67	194	32	30	0,74
15	113	190	52	51	0,61
16	53	193	21	22	0,78
17	78	185	28	17	0,66
18	72	192	27	29	0,71
19	77	192	47	36	0,72
20	65	192	22	35	0,74
21	75	200	41	40	0,73
22	78	191	32	40	0,70
23	84	190	52	53	0,72
24	61	194	33	32	0,76
25	89	190	25	28	0,63
26	91	196	31	27	0,64
27	67	190	31	18	0,72
28	92	197	22	25	0,62
29	76	193	71	60	0,77
30	X	X	X	X	X
31	X	X	X	X	X

**Tabla 3.6 Datos de sílice del mes de febrero**

<b>Día</b>	<b>Sílice de agua de alimentación</b>	<b>Sílice de suavizador #1</b>	<b>Eficiencia</b>
1	16	68	0,76
2	15	68	0,78
3	12	68	0,82
4	13	68	0,81
5	14	68	0,79
6	16	68	0,76
7	11	68	0,84
8	11	68	0,84
9	15	68	0,78
10	13	68	0,81
11	14	68	0,79
12	15	68	0,78
13	14	68	0,79
14	6	68	0,91
15	25	68	0,63
16	8	68	0,88
17	13	68	0,81
18	X	X	X
19	X	X	X
20	4	68	0,94
21	15	68	0,78
22	14	68	0,79
23	15	68	0,78
24	9	68	0,87
25	18	68	0,74
26	16	68	0,76
27	6,3	68	0,91
28	12	68	0,82
29	13	68	0,81
30	X	X	X
31	X	X	X

## **CAPÍTULO 4**

### **EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN**

#### **4.1 Marco conceptual**

##### **Mantenimiento relacionado con la eficiencia**

El mantenimiento relacionado con la eficiencia, está diseñado con el sentido de prevenir pérdidas de eficiencia operacional que podrían ocurrir antes de que lo advierta al personal o se manifieste un grave deterioro de la capacidad, la confiabilidad y la seguridad de la caldera.

Existen cinco síntomas generales en las calderas que un mantenimiento relacionado con la eficiencia ayuda a prevenir. Estos síntomas equivalen a aumentos en:

- La temperatura de los gases de la chimenea.
- El flujo de gases de la chimenea.
- Pérdidas por convección o radiación.
- Las cantidades de purga.
- El contenido de combustible en la ceniza o en los gases de combustión.

Si lo anterior ocurriera, la caldera estaría consumiendo una mayor cantidad de combustible para poder producir una misma cantidad de vapor.

##### **Una apreciación rápida de la eficiencia**

Una manera de apreciar las condiciones de la combustión puede ser una herramienta efectiva para el mantenimiento.

Una verificación rápida es la toma de muestras de los gases de la chimenea en donde la composición porcentual de todos los diferentes gases en la muestra, es un índice de la eficiencia de la combustión.

- En donde un elevado exceso de aire será indicado por lecturas altas de  $O_2$  y  $CO_2$ .
- Una alimentación insuficiente de aire se caracterizará esencialmente por un contenido nulo de  $O_2$  y lecturas altas de  $CO$ .
- Un alto contenido  $CO_2$  es un indicio de que la combustión completa ha sido lograda.

¿Cómo afinar la caldera para obtener una buena eficiencia de combustión?

El objetivo de buscar lograr una combustión eficiente es controlar el exceso de aire, y al mantener este nivel práctico más bajo se reduce al mínimo la cantidad de aire que tiene que calentarse a la temperatura de la chimenea, lo cual hace que se disminuya el consumo de combustible.

El mejoramiento de la eficiencia que se logra reduciendo el exceso de aire depende de la temperatura inicial de la chimenea, y mientras más alta sea la temperatura de la chimenea, mayor es la mejora de la eficiencia que puede obtenerse con una determinada reducción del exceso de aire.

Por ejemplo, una reducción al 100 % del exceso de aire producirá un 0.8 % de mejora de la eficiencia siempre y cuando la temperatura de la chimenea sea del orden de 600 °F y, en cambio, se dará una mejora de 0.25 % cuando esa temperatura sea de 200 °F (*la clase de combustible que se emplea no afecta apreciablemente estos valores*).

Además, el equipo de combustión debe ser ajustado y debe ser mantenido apropiadamente a fin de asegurar una combustión eficiente. Los requisitos de exceso de aire pueden ser afectados por numerosos factores relacionados con los quemadores, tales como la ubicación del dispersor, la posición de la rejilla del aire, la temperatura y las presiones de aspersion del aceite combustible, así como la temperatura del aire primario.

Una afinación menor debe incluir una revisión de la operación del control automático de aire y combustible dentro de sus límites completos de operación. Asimismo, considera las medidas de temperatura,  $O_2$ ,  $CO_2$  y  $CO$  en la chimenea, y una revisión ocular de las condiciones del hogar.

Una afinación más completa involucraría un paro de la caldera y una inspección completa de refractarios, tubos del horno, compuertas, partes del quemador, instrumentos de control y válvulas reguladoras de combustible.

## 4.2 Reporte de eficiencia de combustión de las calderas

**Tabla 4.1 Datos de la caldera # 1381**

<b>Parámetros</b>	<b>Resultados 07/11/02</b>	<b>Resultados 21/04/03</b>	<b>Resultados 12/11/03</b>	<b>Promedio</b>
Partículas	101	60	92	84,33
SO <sub>2</sub> (43 mg/Nm <sup>3</sup> )	4277	3896	3029	3734,00
Nox (±3mg/Nm <sup>3</sup> )	511	378	500	463,00
CO <sub>2</sub> (±0.1)	13	13,2	14,1	13,43
O <sub>2</sub> (±0.1%)	4,7	4,4	3,3	4,13
CO (±2)	0	153	0	51,00
Combustibles (±0.01%)	0,2	0,15	0,06	0,14
Aire exceso (±1%)	27	25	16	22,67
Eficiencia (±0.5%)	82,5	81,3	86,2	83,33
O <sub>2</sub> de referencia	5	5	5	5,00
Temperatura de los gases (±°C)	193	173	207	191,00

**Tabla 4.2 Datos de la caldera # 1434**

<b>Parámetros</b>	<b>Resultados 07/11/02</b>	<b>Resultados 21/04/03</b>	<b>Resultados 12/11/03</b>	<b>Promedio</b>
Partículas	128	87	86	100,33
SO <sub>2</sub> (43 mg/Nm <sup>3</sup> )	4405	3916	3343	3888,00
Nox (±3mg/Nm <sup>3</sup> )	507	463	500	490,00
CO <sub>2</sub> (±0.1)	13,2	12,8	13,3	13,10
O <sub>2</sub> (±0.1%)	4,3	4,9	4,3	4,50
CO (±2)	11	117	0	42,67
Combustibles (±0.01%)	0,2	0,1	0,12	0,14
Aire exceso (±1%)	25	28	22	25,00
Eficiencia (±0.5%)	83,1	80,5	85,7	83,10
O <sub>2</sub> de referencia	5	5	5	5,00
Temperatura de los gases (±°C)	189	161	194	181,33

### 4.3 Ahorro por eficiencia de combustión

Cálculo del ahorro por mejora de la eficiencia de combustión de un 83% a un 84%:

$$\text{Ahorro energético} = C * HHV * (1 - E_o / E_m)$$

$C$  = Combustible consumido por año (gal/año)

$HHV$  = Entalpía del combustible (Btu/gal)

$E_o$  = Eficiencia Original

$E_m$  = Eficiencia Mejorada

$$\begin{aligned}\text{Ahorro} &= C * HHV * (1 - E_o / E_m) = (789508 * 150670) * (1 - 83/84) \\ &= 1416,13 \text{ MBtu/año}\end{aligned}$$

$$\text{Ahorro total} = \text{Ahorro energético} * \text{Costo energía}$$

Si se estima que el costo de la energía es de 2660 colones/MBtu (según la Tabla 6.1 a 200 psig)

$$\begin{aligned}\text{Ahorro total} &= 1416.13 \text{ MBtu/año} * 2660 \text{ colones/MBtu} = 3766914,005 \text{ colones/año} \\ &= 313909,5004 \text{ colones/mes} \\ &= 730\$/mes\end{aligned}$$

Si se quiere mejorar la eficiencia de combustión se requiere de un equipo Bacharach el cual hace análisis de la eficiencia de combustión.

## **Cotización Incentro**

### *Opción 1.*

Marca: Bacharach

Base Model: ECA 450

Part Number: 24-7221

Este brinda medidas de O<sub>2</sub>, CO, calcula la eficiencia de combustión, el exceso de aire el CO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub>. La empresa lo cotiza en \$6189 y si nos adicionan el sensor de NO<sub>2</sub>, NO y SO<sub>2</sub> cuesta \$7772.

### *Opción 2.*

Marca: Bacharach

Base Model: 300 NSXB

Part Number: 24-8132

Este equipo ofrece todo lo anterior mencionado en la opción 1, y se cotiza en \$6369.

Dadas las anteriores cotizaciones y si se espera mejorar la eficiencia de combustión de un 83% a un 84%, lo cual da una ganancia de 730\$/mes y si se considera la opción 2 como la más accesible el costo del equipo se recuperaría en un plazo de 9 meses aproximadamente; pero en este caso sin tomar en cuenta la depreciación del equipo.

## **CAPÍTULO 5.**

### **CÁLCULO DE LA PURGA**

#### **5.1 Marco conceptual**

##### **Recuperación de calor de la purga y retorno condensado**

Para reemplazar el vapor perdido y el condensado no recuperado debe alimentarse agua fresca a la caldera. Esta agua contiene sólidos que deben ser eliminados, para prevenir que la caldera acumule incrustaciones. Para purgar una caldera se requiere únicamente descargar una pequeña cantidad de agua. La frecuencia de esta descarga o purga depende de la cantidad y concentración de sólidos en el agua fresca.

Los sistemas de recuperación de purga operan por transferencia de calor entre el líquido purgado y el agua de alimentación de entrada. Los ahorros dependen del régimen de purga y de las presiones de operación y son generalmente, del uno al tres por ciento. Estos sistemas resultan prácticos únicamente en operaciones de purga continua. Los sistemas de retorno condensado reducen la necesidad de calentar el agua en la caldera. Ahorros entre 12 y 15% justifican fácilmente estos sistemas.

##### **La purga**

La purga es el proceso por el cual se controla la concentración de sólidos suspendidos y disueltos en el agua de la caldera por remoción de parte del agua de la caldera con alto contenido de sólidos y su reemplazo con agua de alimentación con bajo contenido de sólidos.

La purga puede ser una purga intermitente del fondo, la cual remueve lodos acumuladas en las partes inferiores del sistema de la caldera, o bien una purga continua, la cual es realizada en el punto de mayor concentración de sólidos, usualmente desde la parte superior del cuerpo de la caldera.

Puede ser suficiente llevar a cabo solamente purgas intermitentes del fondo, si el agua de alimentación es excepcionalmente pura. Esto podría ocurrir en sistemas que retornan un alto porcentaje de condensado al tanque de agua de alimentación.

La purga intermitente se lleva a cabo manualmente, y por consiguiente da al operador la opción de realizar purgas frecuentes de corta duración o purgas menos frecuentes de mayor duración. El procedimiento de purgas breves se considera preferible, ya que se desperdicia menos agua que ya ha sido tratada y calentada.

### **El problema de la purga**

La purga de la caldera puede representar un desperdicio sustancial de energía en forma de agua caliente que se desecha. La purga es un procedimiento común para eliminar las impurezas del agua de la caldera las cuales afectan la calidad del vapor y producen incrustaciones. La cantidad de agua caliente que se desecha durante la purga depende de la calidad del agua requerida en la caldera y del agua fresca de alimentación; en algunos casos puede ser un 5 a 10% del flujo total del vapor de la caldera

## 5.2 Cálculo de purga actual:

El sistema de vapor (caldera) retorna el 75 % del condensado. La eficiencia de la caldera es del 83 % y está a una presión de operación de 200 psig. Se le suministra a la caldera agua fresca a 77 °F, los STD del agua de recuperación es de 145 ppm y el de purga es de 1820 ppm.

% Purga (P):

$$\% P = \frac{STD_{aa}}{STD_c} * 100$$

STD<sub>aa</sub> = sólidos totales disueltos en el agua de reposición

$$STD_{aa} = STD_{ar} * \%AR = 145 * 0.25 = 36,25$$

STD<sub>c</sub> = sólidos totales disueltos en el agua de la caldera

$$\% P = \frac{36,25}{1820} * 100 = 2\%$$

De acuerdo con este cálculo la purga es aproximadamente un 2 % del flujo de vapor producido por la caldera, por lo cual se llega a la conclusión que el régimen de purga es bastante bueno ya que está por debajo del promedio que ronda entre un 5 y 10 % como se mencionara anteriormente.

## CAPÍTULO 6.

### BAJAR LA PRESIÓN DE OPERACIÓN DE LA CALDERA COMO MÉTODO DE AHORRO DE DINERO

La caldera opera a 200 psig y se quiere que la caldera opere a una presión de 150 psig. El proceso requiere 8,81E10 Btu/año o 88100 MBtu/año y el sistema debe operar bajo las siguientes condiciones:

- Sistema de retorno condensado abierto a la atmósfera.
- La caldera quema bunker con un contenido calorífico de 150670 Btu/gal (HHV) y costo de 332,77 colones/gal.
- El condensado retorna a la caldera a 212 °F.
- El agua de reposición ingresa a 212 °F.
- La eficiencia de la caldera es de 83%.

Se va a determinar el ahorro de dinero por reducir la presión.

#### 6.1 Cálculo si la caldera trabaja a una presión de operación de 200psig.

1. Vapor necesario para el proceso ( $V_p$ )

$$V_p = \frac{Q}{Cl_p} (\text{lb} / \text{año}) = 8,81\text{E}+10 / 838 = 1,05\text{E}+08 \text{ lb/año}$$

Q = Calor necesario para el proceso (Btu/h)

Cl<sub>p</sub> = Calor latente a la presión de vapor en la caldera (Btu/lb)

2. Vapor instantáneo ( $V_i$ )

$$V_i = V_p * \frac{C_{sp} - C_{sa}}{C_{la}} (\text{lb} / \text{año}) = 1,05\text{E}+08 * (362-180) / 971 = 19703233,78 \text{ lb/año}$$

C<sub>sp</sub> = Calor sensible a la presión de vapor de la caldera (Btu/lb)

C<sub>sa</sub> = Calor sensible a la presión atmosférica (Btu/lb)

3. Vapor necesario para calentar el condensado a la presión de la caldera (Vc)

$$V_c = (V_p - V_i) * \frac{C_{sp} - C_{sc}}{C_{lp}} (\text{lb} / \text{año}) = (1,05\text{E}+08 - 19703233,78) * ((362 - 180) / (838)) = 1,86\text{E}+07 \text{ lb/año}$$

Csc = Calor sensible del condensado (Btu/lb)

4. Vapor necesario para calentar el agua de reposición a la presión de la caldera (Var)

$$V_{ar} = V_i * \frac{C_{sp} - C_{sar}}{C_{lp}} (\text{lb} / \text{año}) = (19703233,78) * ((362 - 180) / (838)) = 4279222,611 \text{ lb/año}$$

Csar = Calor sensible del agua de reposición (Btu/lb)

5. Vapor necesario para calentar el condensado y el agua de reposición a la presión de la caldera (Vr)

$$V_r = V_c + V_{ar} (\text{lb/año}) = 1,86\text{E}+07 + 4279222,611 = 2,28\text{E}+07 \text{ lb/año}$$

6. Vapor total necesario para el proceso, condensado y agua de reposición (Vt)

$$V_t = V_p + V_r (\text{lb/año}) = 1,05\text{E}+08 + 2,28\text{E}+07 = 1,28\text{E}+08 \text{ lb/año}$$

7. Retorno de condensado (RC) y agua de reposición (AR)

$$RC = \frac{V_p - V_i}{V_t} (\text{decimales}) = (1,05\text{E}+08 - 19703233,78) / 1,28\text{E}+08 = 0.666$$

$$AR = 1 - RC = 1 - 0.666 = 0.333$$

8. Calor necesario para producir vapor a la presión P (CNVP).

$$CNVP = (C_t - C_{sc}) * RC + (C_t - C_{ar}) * AR (\text{Btu/lb})$$

$$= (1198,4 - 180) * 0.666 + (1198,4 - 180) * 0.333 = 1018.4 \text{ Btu/lb}$$

Ct = Calor total a la presión de vapor de la caldera (Btu/lb)

9. Costo de la energía aprovechable (CEA).

$$CEA = \frac{K}{HHV} = 332,77 * 1000000 / 150000 * 0,83 = 2660,96 / \text{MBtu/lb}$$

K = Costo de combustible (colones/gal)

HHV = Valor calorífico del combustible (Btu/gal)

E = Eficiencia de la caldera

10. Costo del vapor a la presión P (CVP)

$$CVP = CNVP * CEA * 1000 \text{ (colones/1000 lb)} = 1,06E+03 * (2660,96 / 1E6) * 1000 =$$

2709,93 colones/1000 lb vap

**Tabla 6.1 Comparación si la caldera trabaja a una presión 200 psig o a 150 psig.**

Presión de operación	200 psig	150 psig
Vp (lb/año)	105120000	103000000
Q (Btu/año)	88100000000	88100000000
Vi (lb/año)	19703233,78	16800000
Vc (lb/año)	18600000	15900000
Var (lb/año)	4279222,611	3115514,766
Vr (lb/año)	22800000	19000000
Vt (lb/año)	128000000	122000000
RC (%)	66,75	70,55
CNVP (Btu/lb)	1018,4	1014,1
CEA (1/Mbtu)	2660,96	2660,96
CVP (1/1000 lb vap)	2709,93	2698,48

Si el flujo de vapor actual es de 12000 lb/hora en promedio, entonces el flujo de vapor mensual es de 8640000 lb/mes.

**Costo de la generación de vapor a 200 psig.**

$$\text{Costo 1} = 8640000 \text{ lb/mes} * 2709,93 \text{ colones/1000 lb} = 23\ 413\ 795,2 \text{ colones/mes}$$

**Costo de la generación de vapor a 150 psig.**

$$\text{Costo 2} = 8640000 \text{ lb/mes} * 2698,48 \text{ colones/1000 lb} = 23\ 314\ 867,2 \text{ colones/mes}$$

**Ahorro por la reducción de la presión de operación.**

$$\text{Costo 1} - \text{Costo 2} = 23\ 413\ 795,2 - 23\ 314\ 867,2 = 98928 \text{ colones/mes} = 230\$/\text{mes} \text{ (al tipo de cambio de 430 colones).}$$

## **CAPÍTULO 7.**

### **COSTO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS DEVRONIZER**

#### **7.1 Cálculo del costo de funcionamiento**

Actualmente los devronizer están consumiendo el 10% del flujo de vapor actual que se estima en 12000 lb/hora, por lo tanto los devronizer consumen 1200 lb/hora.

Datos:

$$\text{Flujo de vapor} = 1200 \text{ lb/hora} = 864000 \text{ lb/mes}$$

$$\text{Costo del vapor a 200 psig} = 2709,92 \text{ colones} / 1000 \text{ lb}$$

$$\text{Costo por ambos devronizer} = 864000 \text{ lb/mes} * 2709,92 / 1000 \text{ lb} = 2\,341\,370,88 \text{ colones} / \text{mes}$$

$$\text{Costo por devronizer} = 1\,170\,685,44 \text{ colones} / \text{mes}$$

Si actualmente se estima que la producción de ambos molinos es de 30 toneladas / día, y se calcula que 10% de la producción de ambos molinos es debido al uso de los devronizer. Por lo tanto se están produciendo 3 toneladas / día en cada molino debido al uso de los devronizer, lo que equivale también a 90 toneladas / mes en cada molino

El Departamento de Manufactura informa que el costo de la tonelada en promedio en el molino 1 y el molino 2 es de \$460 y \$620 respectivamente.

Entonces, la producción del molino 1 y 2 es de 17802000 colones/mes (\$41400/mes) y de 23994000 colones/mes (\$51800/mes) respectivamente, y ambos suman 41796000 colones/mes (\$97200/mes)

## **CAPÍTULO 8**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1 Conclusiones**

- Se puede concluir según los resultados anteriormente mostrados que el retorno condensado práctico es de un 76% y el retorno condensado teórico de 76.66 %. Por lo tanto se está perdiendo un 0.66% de la producción de vapor.
- De acuerdo con el anexo 1 el retorno de condensado está entre el rango permitido para una industria que produce papel Tisú; por lo tanto, la Empresa está bien (de acuerdo al apéndice 1).
- Si se mejora la eficiencia de combustión de 83% a un 84%, se va a tener una ganancia aproximada de 313 909,5004 colones/mes (730\$/mes) en bunker.
- La frecuencia de la descarga o purga depende de la cantidad y concentración de sólidos en el agua fresca.
- Los ahorros dependen del régimen de purga y de las presiones de operación y son generalmente, del uno al tres por ciento.
- El procedimiento de purgas breves se considera preferible, ya que se desperdicia menos agua que ya ha sido tratada y calentada.
- Puede ser suficiente llevar a cabo sólo purgas intermitentes del fondo, si el agua de alimentación es excepcionalmente pura.
- En algunos casos, la pérdida por purga representa entre un 5 al 10% del flujo de vapor.

- El rango de purga es aproximadamente de un 2%, y por lo tanto se encuentra en el rango indicado que es entre 5 y 10%.
- Si se reduce la presión de operación de 200 psig a 150 psig, se produce un ahorro de 230\$/mes en bunker.
- El uso de los devronizer hace que ambos molinos produzcan 3 toneladas más de papel por molino lo que equivale a 90 toneladas/mes por cada molino.
- El costo de funcionamiento de cada devronizer es de 1 170 685,44 colones/mes y ambos suman 2 341 370,88 colones / mes.
- El uso de ambos devronizer genera 180 toneladas más de papel por mes.

## **8.2 Recomendación**

- Para estar al tanto de la eficiencia de combustión es necesario adquirir el analizador de combustión Orsay y el indicador Fyrite, y realizar las verificaciones con una frecuencia diaria.

## **PROYECTO N°2**

# **MANUAL DE CAPACITACIÓN O ENTRENAMIENTO DE LA MÁQUINA SERVILLETERA OMET**

### **Resumen**

La realización del manual de capacitación o de entrenamiento de la máquina servilletera OMET, se hace con el propósito de mejorar el índice de fallas en las que tengan responsabilidad sus operadores, encargados de mantenimiento y encargados de seguridad.

Se busca que los usuarios tengan una mayor facilidad de información y accesibilidad del manual, se busca como objetivo mejorar el funcionamiento y la producción de la máquina servilletera.

La metodología del manual es la realización de un documento escrito y la elaboración de presentaciones ilustrativas en Power Point, cuyo fin es que el personal encargado de la máquina servilletera OMET se informe de todos los aspectos relacionados a seguridad, a mandos y regulaciones, a mantenimiento, sensores y algunos otros aspectos.

El documento se argumenta en temas como:

- El conocimiento profundo de la máquina y de sus alcances.
- El guiar a sus usuarios para que puedan realizar las operaciones de mantenimiento en forma correcta.
- Proveer e informar a sus usuarios de las normas de seguridad a seguir.
- Procurar la utilización de los mandos y regulaciones.

**Abstract.**

To make a capacitating or training manual for the napkin machine OMET.

This training manual for the OMET has the purpose to decrease the failure average by human factors.

The objective is to make easier and more accessible guide for the personal.

The method is to make a writes document, Power Point presentation to educate the personal about security, regulations, maintenance, sensors, etc.

The document is about:

- To know about the machine and in reaches.
- To guide the personal about maintenance.
- To infirm about security norms.
- The commands, regulations and their uses.

## **Introducción**

El manual de mantenimiento realizado contiene las indicaciones generales con relación a la seguridad, las precauciones útiles para los operadores y el personal de mantenimiento de la máquina. Las dichas indicaciones son parte integrante de la máquina y por tanto, siempre deberán estar al alcance de las personas que trabajan con las mismas.

El manual realizado pretende que los operadores, encargados de mantenimiento y de seguridad le den el uso adecuado y que las operaciones que realicen sean las correctas y no atenten en contra de la máquina y de quienes la utilizan.

Por tanto, se pide respetar escrupulosamente los procedimientos suministrados e indicados en este manual para poder efectuar un correcto funcionamiento de la máquina

El proyecto consiste en una revisión de las posibles partes o sectores que presenten mayores debilidades, para así reforzar e informar a sus usuarios y mantener la máquina en un funcionamiento óptimo y adecuado.

## **CAPÍTULO 9.**

### **OBJETIVOS**

#### **9.1 Objetivos Generales:**

1. Realizar el manual de entrenamiento de la máquina servilletera Omet.
2. Capacitar a operadores, encargados de mantenimiento y seguridad.
3. Familiarizar a los usuarios con la máquina.

#### **9.2 Objetivos Específicos:**

Realizar el manual de entrenamiento de la máquina servilletera Omet con la intención de dar una mayor capacitación a sus usuarios y mejorar la eficiencia y el funcionamiento de la misma.

Realizar el manual y la capacitación con el fin de disminuir la cantidad de fallas y aumentar su capacidad de producción de la máquina

Contar con un medio de capacitación para los usuarios de la máquina (operadores, técnicos de mantenimiento), y procurar el aprendizaje de ellos.

## **CAPÍTULO 9.**

### **CONSTITUCION DEL MANUAL**

El manual de capacitación consiste en dos secciones:

1. Manual de la OMET.
2. Manual de la Unidad de Transferencia Automática.

#### ***1. Manual de la OMET***

Manual de consulta dirigido a sus usuarios, la información disponible en el manual está dirigida al personal que se desempeña como operador, personal de mantenimiento, responsable de seguridad y personas responsables del uso de la máquina.

El manual contiene:

- Normas de seguridad.
- Mandos y Regulaciones.
- Mantenimiento.

#### **Normas de seguridad**

La parte de Normas de Seguridad se dirige a los responsables de seguridad y usuarios; se busca que estos sigan las indicaciones, las informaciones y las precauciones necesarias para evitar daños a las personas y también a la máquina.

Se procura que los operadores se informen antes de poner en funcionamiento la máquina. La idea es capacitar al personal, para evitar posibles infortunios en la línea de producción (se les informa de los dispositivos de seguridad); estos se deben seguir a cabalidad para evitar posibles accidentes.

## **Mandos y Regulaciones**

Esta parte se dirige a sus operadores y usuarios; se busca que estos sigan las indicaciones, las informaciones y las precauciones para el buen funcionamiento de la máquina.

Se indica en el manual el significado de cada uno de los mandos del desbobinador, de la botonera del desbobinador y de las distintas regulaciones que se le deben hacer a cada uno de los grupos que conciernen a la máquina.

## **Mantenimiento**

Aquí se definen las tareas de los operadores, se especifican las respectivas operaciones por seguir de parte de cada uno de ellos; se indican las operaciones de mantenimiento y limpieza se deben realizar con la máquina detenida.

Con ello se busca que se cumplan las tareas de mantenimiento; para ello el manual guía al usuario de una manera cronológica sobre los pasos por seguir para proceder a dar el mantenimiento indicado y apropiado a cada uno de las partes que constituyen a la máquina.

### ***2. Manual de la Unidad de Transferencia Automática***

Es un manual de consulta dirigido a los usuarios, la información disponible en el manual está dirigida al personal que se desempeña como operador, personal de mantenimiento, responsable de seguridad y personas responsables del uso de la máquina.

El manual contiene:

- Normas de seguridad.
- Mandos y Regulaciones.
- Mantenimiento.
- Cambio de tamaño.
- Anomalías.

### **Normas de seguridad**

Las normas de seguridad van dirigidas a los responsables de seguridad y usuarios, con el fin de que estos sigan las indicaciones, las informaciones y las precauciones necesarias para evitar daños a las personas y también a la máquina.

Se busca capacitar al personal para que estén bien informados antes de poner en funcionamiento la máquina, y así evitar posibles infortunios en la línea de producción (se les informa de los dispositivos de seguridad), estos se deben seguir a cabalidad para evitar posibles accidentes.

### **Mandos y Regulaciones**

Con esta parte del manual se busca que los operadores y usuarios sigan las indicaciones, las informaciones y las precauciones para el buen funcionamiento de la máquina.

Se indica en el manual el significado de cada uno de los tableros de mando (terminal operador, panel de mando de la plegadora y se indican los diferentes ajustes (ajuste velocidad correas dedos, ajuste velocidad paletillas baja-paquete, ajuste del grupo paletilla, ajuste separador y ajuste de la posición de la mesa de recepción).

## **Mantenimiento**

En la parte de Mantenimiento se definen las tareas de los operadores, se especifican las respectivas operaciones por seguir de cada uno de ellos; se indican las operaciones de mantenimiento y limpieza que se deben realizar con la máquina detenida.

Con ello se busca que se cumplan las tareas de mantenimiento, y para ello el manual guía al usuario de una manera cronológica y brinda los pasos por seguir para proceder a dar el mantenimiento indicado y apropiado a cada una de las partes que constituyen la máquina.

## **Cambio de tamaño**

La unidad de transferencia automática está prevista para manipular distintos tamaños de servilletas.

En función de las dimensiones de las servilletas es necesario efectuar algunos ajustes de la máquina.

Para efectuar el cambio de tamaño deben realizarse los ajustes siguientes:

- Altura de la mesa de recepción.
- Ancho de las correas de los dedos.
- Altura de las correas de los dedos.
- Ancho de los separadores.
- Altura de los separadores.
- Longitud de plataforma levanta-paquete.
- Montaje del kit para e dobléz a 1/8.

Los ajustes anteriores deben realizarse en forma ordenada y también deben seguirse a cabalidad, para así garantizar el buen funcionamiento de la unidad.

### **Anomalías**

Se indican las verificaciones iniciales por seguir, se indican las averías que impiden el arranque y por último, se muestra una tabla resumen de las posibles anomalías.

## **CAPÍTULO 11.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **11.1 Conclusiones**

- El manual se hizo con la intención de aprendizaje de sus usuarios.
- Las normas de seguridad van dirigidas a los responsables de seguridad y usuarios.
- Se busca que estos sigan las indicaciones, las informaciones y las precauciones necesarias para evitar daños a las personas y también a la máquina.
- Se procura que los operadores se informen antes de poner en funcionamiento la máquina.
- La idea es capacitar al personal, para evitar posibles infortunios en la línea de producción.
- Las operaciones de mantenimiento y limpieza se deben realizar con la máquina detenida.
- El manual guía al usuario de una manera cronológica sobre los pasos por seguir para proceder a dar el mantenimiento indicado y apropiado a cada uno de las partes que constituyen a la máquina.
- Los ajustes deben realizarse en forma ordenada y también deben seguirse a cabalidad, para así garantizar el buen funcionamiento de la unidad.

## **11.2 Recomendaciones**

- El uso del manual debe estar disponible para todos sus usuarios.
- Todas las operaciones que se indican en el manual deben llevarse a cabalidad.
- Es importante que se este capacitando al personal de una manera frecuente y ordenada.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Selmec. **Manual de Calderas Selmec**. Sociedad Electro Mecánica S.A. México, 1976.

Shield, Carl D. **Calderas, Tipos, características y sus funciones**. Compañía Editorial Continental S. A. México.

# APÉNDICES

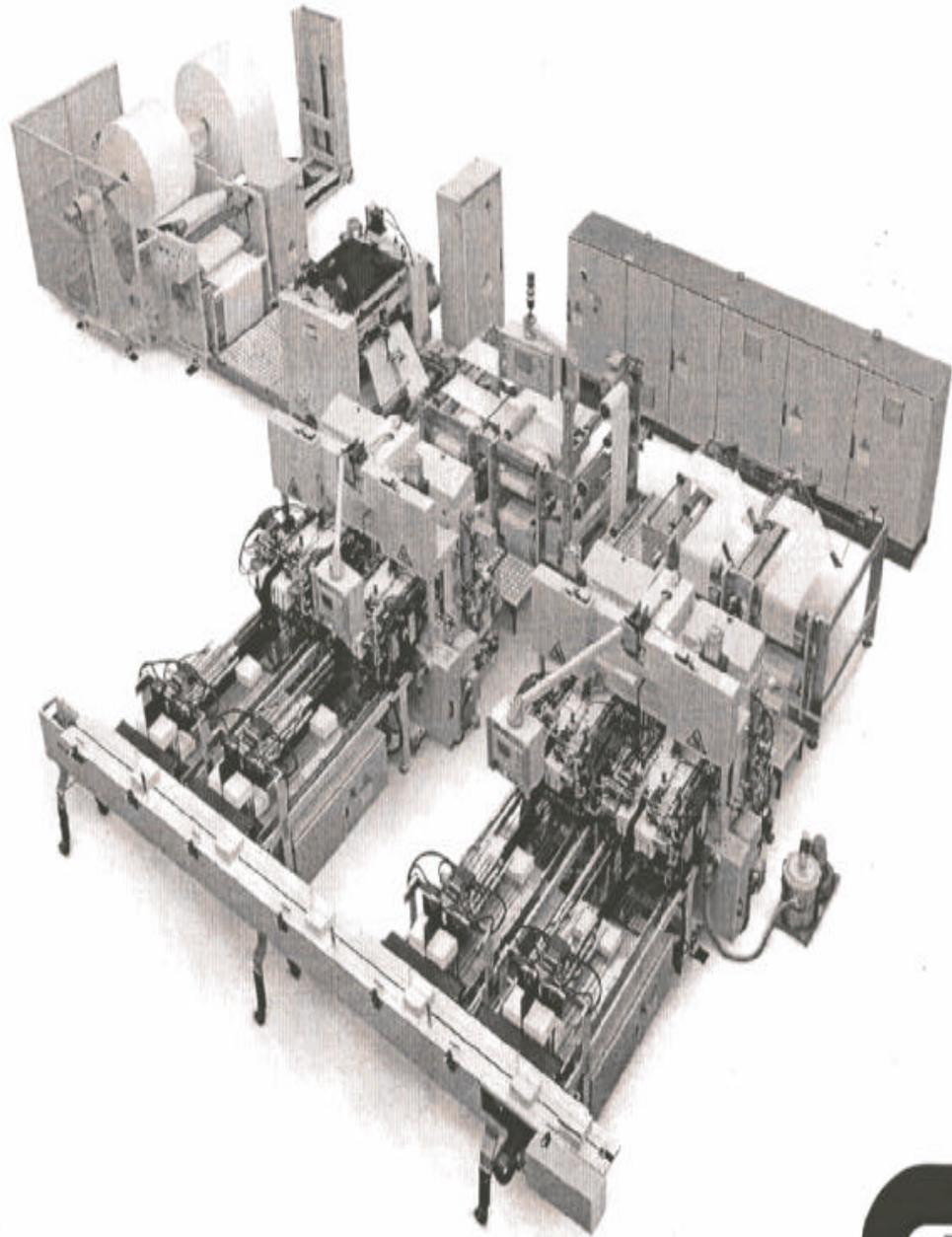
### APÉNDICE 1. Condensate Recovery.

Industry	Typical Range (%)
Chemical	50-80
Food	40-70
Manufacturing	20-80
<b>Paper</b>	40-75
Petrochemical	65-85
Power	95-99
Refining	10-60
<b>Steel</b>	5-50

**APÉNDICE 2. Entalpía y densidad del agua.**

<b>Temperatura (F)</b>	<b>Entalpía (Btu/lb)</b>	<b>Densidad (lb/pie)</b>
50	18	<b>62.41</b>
70	38	<b>62.30</b>
90	58	<b>62.12</b>
100	68	<b>62.00</b>
120	88	<b>61.71</b>
140	108	<b>61.38</b>
160	128	<b>61.00</b>
180	148	<b>60.58</b>
200	168	<b>60.13</b>
212	180	<b>59.83</b>

**APÉNDICE 3. Máquina Omet.**



**APÉNDICE 4. Unidad de Transferencia Automática.**

