

**BALANCE DE ENERGIA Y MASA
CONSUMO DE VAPOR Y PETROLEO RESIDUAL (R-500)
BASE: 60 TONELADAS ANCHOVETA/HORA
PRODUCCIÓN DE HARINA: 13.360**

Ing. Victor Lujan Ibarra
Ing. Jose Davila Anchante



ÍNDICE

I Introducción.

II Cálculos de Ingeniería.

- (1) Calculo de Vapor en Calderas (Capacidad de Calderas)
- (2) Consumo de Vapor y Combustible en el Cocinador
- (3) Consumo de Combustible de los Secadores
- (4) Gasto de vapor y Combustible para calentar el licor de Prensa
- (5) Consumo de vapor y Petróleo para calentar el Licor de Separadora
- (6) Consumo de Petróleo para calentar la espuma en las celdas
- (7) Gasto de Petróleo en la Caldera Térmica
- (8) Gasto de vapor y Petróleo para calentar combustible en los Calderos
- (9) Gasto de vapor y Petróleo por Perdida en Tuberías
- (10) Resumen

III. Análisis de la Producción y Gasto de Vapor y Petróleo en Planta.

IV. Conclusiones.

V. Recomendaciones.

VI Diagrama de Distribución de Vapor y Petróleo.

VII Balance de Masa.

VIII Anexos.

1 Introducción

La constante evolución de la tecnología, nos permite una renovación de los procedimientos, maquinarias y equipos. Esta constante renovación exige estar preparado para afrontar dichos cambios.

En consecuencia la industria pesquera se desarrolla dentro de un marco competitivo lo cual nos exige mantener una producción de alta calidad, económica y uniforme.

Bajo estas premisas se realiza este trabajo titulado; "Gasto De Vapor y Petróleo De Calderas En Pesquera Exalmar S.A - Planta Tambo De Mora."

Este trabajo nos permite visualizar la distribución del consumo de vapor en los diferentes equipos de la planta y así conseguir un mejor aprovechamiento técnico y económico. El presente trabajo se efectuó con la colaboración y asesoramiento de : Ing. Carlos Vargas Miranda - Superintendente, Ing. Water Muñoz Lurita - Jefe de Control de Calidad Pesquera Exalmar Tambo de Mora; Ing. Waterio Landeo Olivares - Docente Facultad de Ingeniería Pesquera de la U.N.ICA..

II Cálculos De Ingeniería



(1) Cálculo de Vapor en Calderas (Capacidad de Calderas)

La planta cuenta con 3 calderos piro tubulares de 800 BHP (Marca Kewanee) > 900 BHP (Marca Distral) 1000 BHP (Marca Kewanee), cuyas características detallamos a continuación:

- Temperatura de alimentación = 190 °F
- Presión de trabajo = 115 Lb/pulg²
- Eficiencia de Caldera (Ec) = 80%

Con estos datos en tablas de Calderas Piro tubulares nos indica:

- 32.3 Lb.hr/BHP.

Producción de Vapor de Calderas

Caldero N°1 :

$$\text{Vapor} = 800 \text{ BHP} \times \frac{(32.3 \text{ Lb/hr})/\text{BHP}}{2.204 \text{ Lb/Kg}} \times 0.8 \text{ (Eficiencia de Caldera)}$$

$$\text{Vapor} = \boxed{9,379 \text{ Kg / hr}}$$

Caldero N°2 :

$$\text{Vapor} = 900 \text{ BHP} \times \frac{(32.3 \text{ Lb/hr})/\text{BHP}}{2.204 \text{ Lb/Kg}} \times 0.8 \text{ (Eficiencia de Caldera)}$$

$$\text{Vapor} = \boxed{10,552 \text{ Kg. / hr.}}$$

Caldero N°3 :

$$\text{Vapor} = 1000 \text{ BHP} \times \frac{(32.3 \text{ Lb/hr})/\text{BHP}}{2.204 \text{ Lb/Kg}} \times 0.8 \text{ (Eficiencia de Caldera)}$$

$$\text{Vapor} = \boxed{11,724 \text{ Kg. / hr.}}$$

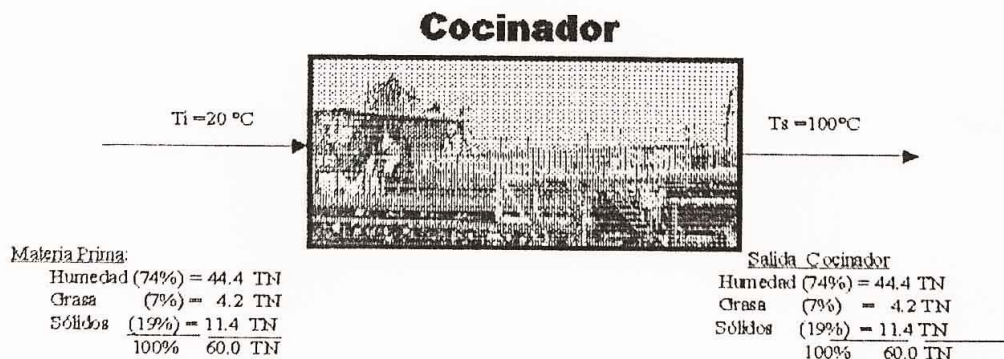
Capacidad Total de Calderas Planta = 31,655 Kg. vapor / hr.

(2) Consumo de Vapor y Combustible en el Cocinador

La Planta cuenta con un Cocinador de Capacidad de 60 TN/Hr que Consume Vapor para :

- (A) Calentar el Cocinador
- (B) Perdidas de Calor
- (C) Cocinar el Pescado

Balance de Masa



(A) Calor Para Calentar El Cocinador (Q_A)

$$Q_A = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Datos :

$$m_{(cocina)} = 32,500 \text{ Kg.}$$

$$C_{p(70)} = 0.115 \text{ kcal/kg. } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 80^\circ\text{C}$$

Remplazando :

$$Q_A = 32,500\text{kg} \times 0.115 \text{ kcal/kg. } ^\circ\text{C} \times 80^\circ\text{C}$$

$$Q_A = 299,000 \text{ Kcal.}$$

Consumo de Petróleo para calentar el Cocinador

$$P_{R-500} = ((Q_A / Ec) \times 3.97) / P_c \dots\dots\dots \text{Ecuación}$$

Datos:

$$Q_A \text{ (Calentar cocina)} = 299,000 \text{ Kcal}$$

$$\text{Eficiencia Calderos (Ec)} = 80\%$$

$$\text{Poder Calorífico Petróleo R-500 (Pc)} = 145,000 \text{ BTU/Gal.}$$

$$1 \text{ Kcal.} = 3.97 \text{ BTU.}$$

Remplazando:

$$\text{Petról R-500} = ((299,000 \text{ Kcal.} / 0.8) \times 3.97 \text{ BTU/kcal}) / 145,000 \text{ BTU/gal})$$

$$\text{Petróleo R - 500} = 10.23 \text{ galones}$$

Consumo de Vapor para calentar el Cocinador

$$\text{Vapor} = Q_T / \lambda$$

Datos:

$$\text{Vapor} = ?$$

$$Q(\text{Calor para calentar cocinador}) = 299,000 \text{ Kcal.}$$

$$\begin{aligned} \lambda (\text{a presión manométrica 2 bar}) &= (h_g - h_f) = (\text{Entalpía del Vapor} - \text{Entalpía de Agua}) \\ &= (651 - 134.3) = 516.7 \text{ Kcal/Kg} \end{aligned}$$

Remplazando:

$$\text{Vapor} = \frac{299,000 \text{ Kcal.}}{516.7 \text{ Kcal/Kg}}$$

$$\text{Vapor} = 579 \text{ Kg.}$$

(B) Pérdidas de Calor en el Cocinador (Q_B)

$$Q = U.A. \Delta T$$

Datos:

Diámetro del Cocinador : 1.4 metros.

Largo del Cocinador : 16.17 metros.

$$\begin{aligned} U &= \text{Coeficiente Global de Transmisión de Calor} \\ &= (8.4 + 0.06 (T_{\text{ext}} - T_{\text{amb}})) \\ &= 8.4 + 0.06(40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 9.6 \text{ kcal/m}^2.\text{hr.}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 2\pi.r.L + (2 \times \pi.\phi^2) / 4 \\ &= (2 \pi. \times 0.7\text{m} \times 16.17\text{m}) + (2 \times \pi (1.4\text{m})^2) / 4 = 74.2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta T = (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 80^\circ\text{C}$$

Remplazando :

$$Q_B = 9.6 \text{ kcal / m}^2.\text{hr.}^\circ\text{C} \times 74.2 \text{ m}^2 \times 80^\circ\text{C}$$

$$Q_B = 56,985.6 \text{ kcal/hr}$$

(C) Calor Para Cocinar El Pescado (Q)

$$Q = m.Cp. \Delta T$$

Datos:

$$m_{\text{(pescado)}} = 60,000 \text{ Kg/hr.}$$

$$Cp_{\text{(pescado)}} = (0.34 \times 0.19) + (0.5 \times 0.07) + (1 \times 0.74)$$

$$Cp_{\text{(pescado)}} = 0.8396 \text{ kcal/kg.}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = (100^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 80^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando :

$$Q = 60,000 \text{ kg/hr} \times 0.8396 \text{ kcal/kg.}^{\circ}\text{C} \times 80^{\circ}\text{C} = 4'030,080 \text{ kcal}$$

$$Q = 4'030,080 \text{ Kcal/hr. (Consumo Total)}$$

Calor cedido por el Condensado (Q_{Chaqueta})

$$Q_{\text{Chaqueta}} = m.Cp. \Delta T$$

Datos:

$$m_{\text{(Condensado que viene de los secadores ADD)}} = 14511 \text{ Kg/hr.}$$

$$Cp_{\text{(Agua)}} = 1 \text{ Kcal/Kg.}^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = (135^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}) = 25^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando :

$$Q_{\text{Chaqueta}} = 14511 \text{ Kg/hr.} \times 1 \text{ kcal/kg.}^{\circ}\text{C} \times 25^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{\text{Chaqueta}} = 362,775 \text{ Kcal/hr}$$

Calor consumido en el eje (Q_{Eje}) = Consumo de Calor del Vapor

$$Q_{\text{(calor para cocinar el pescado)}} = Q_{\text{Eje}} + Q_{\text{Chaqueta}}$$

$$Q_{\text{Eje}} = Q_{\text{(CALORTOTAL)}} - Q_{\text{Chaqueta}} = 4'030,080 \text{ Kcal/hr.} - 362,775 \text{ Kcal/hr.}$$

$$Q_{\text{Eje}} = 3'667,305 \text{ Kcal/hr}$$

Consumo de Petróleo de los Calderos para cocinar la Materia Prima

$$P_{R-500} = (Q/E_c) \times 3.97 / P_c \dots\dots\dots \text{Ecuación}$$

Datos:

$$\text{Calor de Cocina (Q}_{\text{TOTAL}}) = Q_{\text{Eje}} + Q_{\text{(perdidas de calor)}} = 3'724,290.6 \text{ Kcal/hr.}$$

$$\text{Eficiencia de los calderos (E}_c) = 80\%$$

$$\text{Poder Calorífico Petróleo R-500} = 145,000 \text{ BTU/gal}$$

$$1 \text{ kcal} = 3.97 \text{ BTU}$$

Reemplazando:

$$\text{Petróleo R} - 500 = \frac{(Q_{\text{TOTAL}} \times 3.97 \text{ BTU / Kcal}) / E_c}{\text{Poder Calorífico del Petróleo}}$$

$$\text{Petróleo R} - 500 = \frac{(3'724,290.6 \text{ Kcal/hr.} \times 3.97 \text{ BTU / Kcal}) / 0.8}{145,000 \text{ BTU / Gal.}}$$

Petróleo R - 500 = 127.5 Gal/hr
--

Gasto de Vapor de los Calderos para la Cocina

$$\text{Vapor} = Q_T / \lambda$$

Datos:

$$\text{Vapor} = ?$$

$$Q_{\text{(Calor para cocinar)}} = 3'724,290.6 \text{ Kcal/hr.}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{(a presión manométrica 2 bar)}} &= (h_g - h_f) = (\text{Entalpía del Vapor} - \text{Entalpía de Agua}) \\ &= (651 - 134.3) = 516.7 \text{ Kcal/Kg} \end{aligned}$$

Reemplazando:

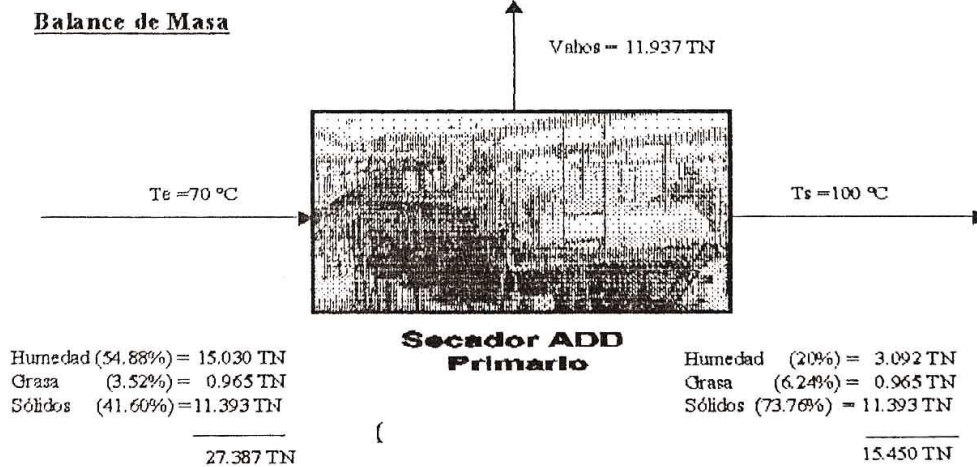
$$\text{Vapor} = \frac{3'724,290.6 \text{ Kcal/hr}}{516.7 \text{ Kcal/Kg}}$$

Vapor = 7,208 Kg.Vapor/hr

(3) Consumo de Combustible de los Secadores

La Planta cuenta con 4 Secadores Rotadisc de Marca Atlas Fima , Modelo ADD 1988 que Consumen Vapor para :

- (A) Calentar los Secadores ADD
- (B) Perdidas de Calor
- (C) Llegar a la Temp. Antes De la evaporación
- (D) Evaporar el agua



(A) Calor para calentara el equipo (QA)

$$Q_A = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Datos:

$$Q_A = ?$$

$$m = 220,000 \text{ Kg/hr (masa de los 4 secadores)}$$

$$C_p (Fe) = 0.115 \text{ kcal/Kg.}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = (T_{\text{final}} - T_{\text{ambiente}}) = ((100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 80^\circ\text{C}$$

Reemplazando:

$$Q_A = 220,000 \text{ Kg/hr.} \times 0.115 \text{ kcal/Kg.}^\circ\text{C} \times 80^\circ\text{C}$$

$$Q_A = 2'024,000 \text{ Kcal/hr.}$$

Consumo de Petróleo para calentar los 4 Secadores ADD

$$P_{R-500} = (Q/Ec) \times 3.97 / Pc$$

Datos:

$$\text{Petróleo R-500} = ?$$

$$Q(\text{Calentar cocina}) = 2'024,000 \text{ Kcal/hr.}$$

$$\text{Eficiencia Calderos}(Ec) = 80\%$$

$$\text{Poder Calorífico Petróleo R-500}(Pc) = 145,000 \text{ BTU/Gal}$$

Reemplazando:

$$\text{Petróleo R} - 500 = \frac{(2'024,000 \text{ (kcal /hr)/0.8}) \times 3.97 \text{ BTU/kcal}}{145,000 \text{ BTU/gal}}$$

$$\text{Petróleo R} - 500 = 69.27 \text{ galones/hr}$$

Consumo de Vapor para calentar secadores ADD

$$\text{Vapor} = Q_T / \lambda$$

Datos:

$$\text{Vapor} = ?$$

$$Q(\text{Calor para calentar secadores ADD}) = 2'024,000 \text{ Kcal.}$$

$$\begin{aligned} \lambda \text{ (a presión manométrica 5 bar)} &= (h_g - h_f) = (\text{Entalpía del Vapor} - \text{Entalpía de Agua}) \\ &= (658.5 - 160.24) = 498 \text{ Kcal/Kg} \end{aligned}$$

Reemplazando:

$$\text{Vapor} = \frac{2'024,000 \text{ Kcal.}}{498 \text{ Kcal/Kg}}$$

$$\text{Vapor} = 4,064 \text{ Kg.Vapor}$$

(B) Pérdidas de Calor en el Secador (Q_B)

$$Q_B = U.A. \Delta T$$

Datos:

$$\text{Dimensiones Sec ADD} \quad \varnothing = 2.6 \text{ m} \quad ; \quad \text{Largo} = 9.5 \text{ m} \quad ; \quad \# \text{ Secadores} = 4$$

$$\begin{aligned} U &= \text{Coeficiente Global de Transmisión de Calor} \\ &= 8.4 + 0.06 (T_{\text{ext. aislamiento}} - T_{\text{amb}}) \\ &= 8.4 + 0.06(40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 9.6 \text{ kcal/m}^2.\text{hr.}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \# \text{ Sec.} 2\pi.r.L + (2 \times \pi.\varnothing^2)/4 \\ &= 4 (2 \pi \times 1.3 \times 9.5) + (2 \times (\pi (2.6)^2/4)) = 352.9 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta T = (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = 100^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$$

Reemplazando:

$$Q_B = 9.6 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C} \times 353 \text{ m}^2 \times 30^\circ\text{C}$$

$$Q_B = 101,664 \text{ kcal/hr}$$

(C) Calor para llegar a la temperatura antes de la evaporación (Q_C)

$$Q_C = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Datos:

$$Q_C = ?$$

$$m = 27,387 \text{ Kg. (masa a la entrada del secador)}$$

$$C_p = (0.5488 \times 1) + (0.0352 \times 0.5) + (0.34 \times 0.4160) = 0.71 \text{ kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = (100^\circ\text{C} - 70^\circ\text{C}) = 30^\circ\text{C}$$

Reemplazando:

$$Q_C = 27,387 \text{ Kg.} \times 0.71 \text{ kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \times 30^\circ\text{C}$$

$$Q_C = 583,343.1 \text{ Kcal/hr.}$$

(D) Calor requerido para evaporar el agua (Q_D)

$$Q_D = m \cdot (595 - 0.47 T^\circ)$$

Datos:

$$m = 11,937 \text{ Kg/hr (agua evaporada)}$$

$$T = 100^\circ\text{C (Temp. evaporación del agua)}$$

Reemplazando:

$$Q_D = 11,937 \text{ kg/hr} \times (595 - 0.47 \times 100)$$

$$Q_D = 6,541,476 \text{ Kcal/hr}$$

Consumo de Petróleo de los Calderos para los Secadores

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_B + Q_C + Q_D$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 583,343.1 \text{ kcal/hr} + 6,541,476 \text{ kcal/hr} + 101,664 \text{ kcal/hr}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 7,226,483.1 \text{ kcal/hr}$$

$$P_{R-500} = (Q/E_c) \times 3.97 / P_c \dots\dots\dots \text{Ecuación.}$$

Datos:

$$\text{Petróleo R-500} = ?$$

$$Q(\text{Secadores}) = 7,226,483.1 \text{ Kcal/hr.}$$

$$\text{Eficiencia Calderos}(E_c) = 80\%$$

$$\text{Poder Calorífico Petróleo R-500}(P_c) = 145,000 \text{ BTU/Gal}$$

Reemplazando:

$$\text{Petróleo R - 500} = \frac{(7'226,483.1 \text{ kcal/hr} / 0.8) \times 3.97 \text{ BTU/kcal}}{145,000 \text{ BTU/gal}}$$

$$\text{Petróleo R - 500} = 247.32 \text{ galones/hr}$$

Gasto de Vapor de los Calderos para los Secadores ADD

$$\text{Vapor} = Q_T / \lambda$$

Datos:

$$\text{Vapor} = ?$$

$$Q(\text{Calor secador}) = 7'226,483.1 \text{ Kcal/hr.}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{(\text{a presión manométrica 5 bar})} &= (h_g - h_f) = (\text{Entalpía del Vapor} - \text{Entalpía de Agua}) \\ &= (658.5 - 160.24) = 498 \text{ Kcal/Kg} \end{aligned}$$

Reemplazando:

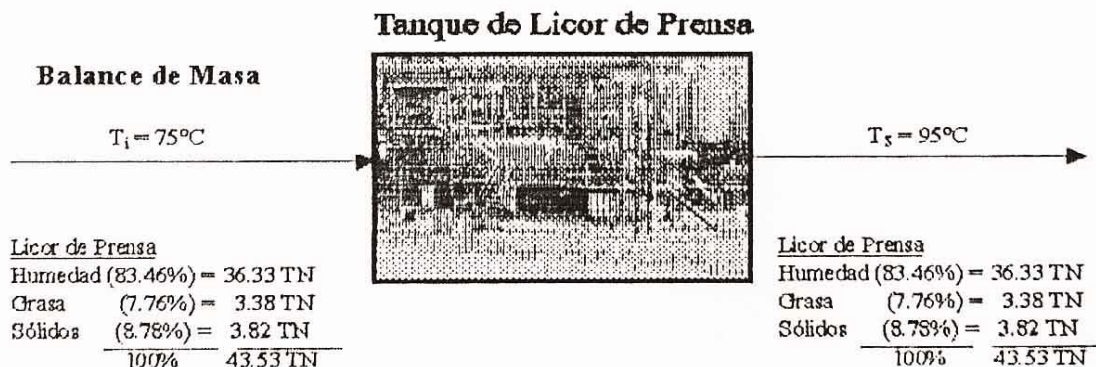
$$\text{Vapor} = \frac{7'226,483.1 \text{ Kcal/hr.}}{498 \text{ Kcal/Kg}}$$

$$\text{Vapor} = 14,511 \text{ Kg.Vapor/hr}$$

(4) Gasto de vapor y Combustible para calentar el Licor de Prensa

La Planta cuenta con 2 Prensas y cada Prensa con su respectivo tanque de Licor que Consume Vapor para :

- (A) Calentar el Licor de Prensa
- (B) Perdidas de Calor



Cantidad de Calor Para Calentar El Licor de Prensa

(A) Calor para calentar el licor de prensa

$$Q_A = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Datos:

$$Q = ?$$

$$m = 43,530 \text{ kg/hr. (masa del licor de prensa)}$$

$$C_p = (0.34 \times 0.0878) + (0.5 \times 0.0776) + (1 \times 0.8346) = 0.9 \text{ kcal / Kg. } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = (95^\circ\text{C} - 75^\circ\text{C}) = 20^\circ\text{C} \quad (T_{\text{salida del licor}} - T_{\text{entrada del licor}})$$

Reemplazando:

$$Q_A = 43,530 \text{ Kg/hr.} \times 0.9 \text{ kcal / kg. } ^\circ\text{C} \times 20^\circ\text{C}$$

$$Q_A = 783,640 \text{ Kcal/hr.}$$

(B) Perdidas de calor

(b1) Calor que se pierde por Conducción

$$Q_1 = ((A \times K) / L)(T_{\text{caliente}} - T_{\text{fría}}) \dots\dots\dots \text{Ecuación de Fourier.}$$

Datos:

$$Q_1 = ?$$

$$A = \text{Área exterior de Tanques de Licor de Prensa (2 tanques)} \\ = 27.6 \text{ m}^2 = 297.084 \text{ pies}^2$$

$$K = \text{Conductividad Térmica del Fe Negro} = 31.8 \text{ BTU / hr. pie. } ^\circ\text{F}$$

$$L = \text{Espesor de la plancha del Tanque} = 3/16'' = 0.015625 \text{ pies}$$

$$T_{\text{caliente}} = \text{Temperatura al interior del Tanque} = 95^\circ\text{C} = 203^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{fría}} = \text{Temperatura al exterior del Tanque} = 94^\circ\text{C} = 201.2^\circ\text{F} \\ (\text{Tanques sin insular})$$

Reemplazando:

$$Q_1 = (297.084 \text{ pies}^2 \times 31.8 \text{ BTU/hr.pie. } ^\circ\text{F}) / 0.015625 \text{ pies} (203 - 201.2)^\circ\text{F}$$

$$Q_1 = 1'088,325.64 \text{ BTU/hr}$$

$$Q_1 = 274,137.44 \text{ kcal/hr}$$

(b2) Calor que se pierde al medio ambiente por Convección

$$Q_2 = \alpha \cdot F_a \cdot \Delta T$$

Datos:

$$\alpha = \text{Coeficiente de pérdida de calor o película de aire} = 13.09 \text{ Kcal / hr. } ^\circ\text{C.m}^2$$

$$F_a = \text{Área total de los Tanques de Licor de Prensa} = 27.6 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = \text{Dif. Temp.} = T_{\text{externa de la pared}} - T_{\text{ambiente}} = 94^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 74^\circ\text{C}$$

Reemplazando:

$$Q_2 = 13.09 \text{ Kcal./hr. } ^\circ\text{C. m}^2 \times 27.6 \text{ m}^2 \times 74^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = 26,735 \text{ kcal/hr}$$

Calor Total que se requiere en el calentamiento del Licor de Prensa

$$Q_{\text{Total}} = Q_A + Q_1 + Q_2$$

$$Q_{\text{Total}} = 783,640 \text{ kcal} + 274,137 \text{ kcal} + 26,735 \text{ kcal}$$

$$Q_{\text{Total}} = 1'084,512 \text{ kcal/hr}$$

Gasto de Petróleo R-500

$$P_{\text{R-500}} = (Q/Ec) \times 3.97 / Pc \dots\dots\dots \text{Ecuación}$$

Datos:

$$\text{Petróleo R-500} = ?$$

$$Q(\text{Licor de Prensa}) = 1'084,512 \text{ Kcal.}$$

$$\text{Eficiencia Calderos}(Ec) = 80\%$$

$$\text{Poder Calorífico Petróleo R-500}(Pc) = 145,000 \text{ BTU/Gal.}$$

Reemplazando:

$$\text{Petróleo R - 500} = \frac{(1'084,512 \text{ kcal/hr} / 0.8) \times 3.97 \text{ BTU/ Kcal})}{145,000 \text{ BTU / Gal.}}$$

Petróleo R-500 = 37.12 galones/hr

Consumo de Vapor en el Calentamiento de Licor de Prensa

$$\text{Vapor} = Q_T / \lambda$$

Datos:

$$\text{Vapor} = ?$$

$$Q(\text{Calor total del licor de prensa}) = 1'084,512 \text{ Kcal/hr.}$$

$$\begin{aligned} \lambda \text{ (a presión manométrica 2 bar)} &= (h_g - h_f) = (\text{Entalpía del Vapor-Entalpía de Agua}) \\ &= (651-134.3) = 516.7 \text{ Kcal/Kg} \end{aligned}$$

Reemplazando:

$$\text{Vapor} = \frac{1'084,512 \text{ Kcal/hr}}{516.7 \text{ Kcal/Kg}}$$

Vapor = 2099 Kg.Vapor/hr

(5) Consumo de vapor y Petróleo para calentar el Licor de Separadora

La Planta cuenta con 2 Separadoras de Marca Alfa Laval(30,000 Lt/hr de Capacidad) contando con un respectivo tanque de Licor que Consume Vapor para:

(A) Calentar el Licor de Separadora

(B) Perdidas de Calor



(A) Calor requerido para calentar el Licor de Separadora

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Datos:

$$Q_A = ?$$

$$m = 41,260 \text{ Kg/hr. (masa del licor de separadora)}$$

$$C_p = (0.34 \times 0.0756) + (0.5 \times 0.0802) + (1 \times 0.8442) = 0.91 \text{ kcal/Kg.}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = (95^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}) = 10^\circ\text{C} \quad (T_{\text{salida del licor}} - T_{\text{entrada del licor}})$$

Reemplazando:

$$Q_A = 41,260 \text{ kg/hr} \times 0.91 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C} \times 10^\circ\text{C}$$

$$Q_A = 375,466 \text{ Kcal/hr.}$$

(B) Calor Perdido por convección y radiación del tanque

$$Q_B = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Datos:

$$\text{Dimensiones TK} \quad \varnothing = 0.8 \text{ m} ; \text{ Largo} = 2.8 \text{ m}$$

$$U = \text{Coeficiente Global de Transmisión de Calor}$$

$$= 8.4 + 0.06 (T_{\text{ext aislamiento}} - T_{\text{amb}})$$

$$= 8.4 + 0.06(40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 9.6 \text{ kcal/m}^2\text{.hr.}^\circ\text{C}$$

$$A = 2\pi \cdot r \cdot L + (2 \pi \cdot \varnothing^2) / 4$$

$$= 2\pi \cdot 0.4 \text{ m} \times 2.8 \text{ m} + (2 \times \pi (0.8)^2) / 4 = 8.042 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 95^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 75^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando:

$$Q_B = 9.6 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^{\circ}\text{C} \times 8.042 \text{ m}^2 \times 75^{\circ}\text{C}$$

$$Q_B = 5,790.24 \text{ Kcal/hr.}$$

Gasto de Petróleo para calentar el Licor de Separadora

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_A + Q_B = 381,256.24 \text{ Kcal/hr.}$$

$$P_{R-500} = (Q/E_c) \times 3.97 / P_c$$

Datos:

$$\text{Petróleo R-500} = ?$$

$$Q(\text{Licor de Separadora}) = 381,256.24 \text{ Kcal/hr}$$

$$\text{Eficiencia Calderos} = 80\%$$

$$\text{Poder Calorífico Petróleo R-500} = 145,000 \text{ BTU/Gal.}$$

Reemplazando:

$$\text{Petróleo R-500} = \frac{(381,256.24 \text{ kcal/hr}) / 0.8 \times 3.97 \text{ BTU/kcal}}{145,000 \text{ BTU/gal}}$$

$$\text{Petróleo R-500} = 13.05 \text{ galones/hr}$$

Consumo de Vapor en el Calentamiento de Licor de Separadora

$$\text{Vapor} = Q_T / \lambda$$

Datos:

$$\text{Vapor} = ?$$

$$Q(\text{Calor total licor de separadora}) = 381,256.24 \text{ Kcal/hr.}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{(\text{a presión manométrica } 2 \text{ bar})} &= (h_g - h_f) = (\text{Entalpía del Vapor} - \text{Entalpía de Agua}) \\ &= (651 - 134.3) = 516.7 \text{ Kcal/Kg} \end{aligned}$$

Reemplazando:

$$\text{Vapor} = \frac{381,256.24 \text{ Kcal/hr.}}{516.7 \text{ Kcal/Kg}}$$

$$738 \text{ Kg.Vapor/hr}$$

(6) Consumo de Petróleo para calentar la espuma en las celdas

En 60 Tn se recupera el 0.35% de Aceite (**0.35% Aceite = 0.21 TN Aceite**)

Espuma	Humedad	(76.56%) = 1.141 TN
	Grasa	(14.07%) = 0.210 TN
	Sólidos	(09.37%) = 0.139 TN
	TOTAL	100.00% = 1.490 TN

(A) Calor requerido para calentar la espuma

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Datos:

$$Q_A = ?$$

$$m = 1,490 \text{ kg/hr}$$

$$C_p = (0.1407 \times 0.5) + (0.0937 \times 0.34) + (0.7656 \times 1) = 0.858 \text{ kcal/Kg.}^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 80^\circ\text{C} \quad (T_{\text{salida del espuma}} - T_{\text{entrada del espuma}})$$

Reemplazando

$$Q_A = 1,490 \text{ Kg.} \times 0.858 \text{ kcal/Kg.}^\circ\text{C} \times 80^\circ\text{C}$$

$$Q_A = 102,273.6 \text{ Kcal.}$$

(B) Perdidas de Calor por conducción, radiación y convección

$$Q_B = U \cdot A \cdot \Delta T$$

Datos:

U = Coeficiente Global de Transmisión de Calor

$$= 8.4 + 0.06 (T_{\text{ext aislamiento}} - T_{\text{amb}}) = 8.4 + 0.06 (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$= 9.6 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr.}^\circ\text{C}$$

$$A = 2 \times (0.92 \text{ m} \times 0.92 \text{ m}) + 2 \times (9.7 \text{ m} \times 0.92 \text{ m}) + 2 \times (9.7 \text{ m} \times 0.92 \text{ m})$$

$$= 37.39 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = (100^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 80^\circ\text{C}$$

Reemplazando:

$$Q_B = 9.6 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr.}^\circ\text{C} \times 37.39 \text{ m}^2 \times 80^\circ\text{C}$$

$$Q_B = 28,714.6 \text{ kcal/hr}$$

Consumo de Petróleo para calentar la espuma en las celdas

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_A + Q_B = 130,988.2 \text{ Kcal.}$$

$$P_{R-500} = (Q/E_c) \times 3.97 / P_c \dots\dots\dots \text{Ecuación}$$

Datos:

Petróleo R-500 = ?

Q(Espuma de Celdas) = 130,988.2 Kcal.

Eficiencia Calderos = 80%

Poder Calórico Petróleo R-500 = 145,000 BTU/Gal

Reemplazando:

$$\text{Petróleo R - 500} = \frac{(130,988.2 \text{ kcal} / 0.8) \times 3.97 \text{ BTU/kcal}}{145,000 \text{ BTU/gal}}$$

Petróleo R - 500 = 4.5 galones

Consumo de Vapor en el Calentamiento de Espuma (PAMA)

$$\text{Vapor} = Q_T / \lambda$$

Datos:

Vapor = ?

Q(Calor Total(Espuma de Celdas)) = 130,988.2 Kcal/hr.

λ (a presión manométrica 2 bar) = $(h_g - h_f) = (\text{Entalpía del Vapor} - \text{Entalpía de Agua})$
= $(651 - 134.3) = 516.7 \text{ Kcal/Kg}$

Reemplazando:

$$\text{Vapor} = \frac{130,988.2 \text{ Kcal/hr.}}{516.7 \text{ Kcal/Kg}}$$

253.5 Kg.Vapor/hr

(7) Gasto de Petróleo en la Caldera Térmica

El gasto de petróleo es de 5.25 galones x TN de Harina de pescado , por lo tanto:

Si en una hora se procesa 60 TN M.P se produce 13.360 TN de Harina.

13.360 TN de Harina/hr. x 5.25 galones/TN de Harina = 70.14 galones/hr
(8) Gasto de vapor y Petróleo para calentar el combustible en los Calderos

(A) Calor requerido para calentar el petróleo de los calderos

$$Q = m.C_p. \Delta T$$

Datos:

Densidad del Petróleo R-500 = 0.9 Kg/Lt

Harina producida en una hora = 13.36 TN

Petróleo gastado por calderas en equipos en una hora = 37.32 Gl

$m = 37.32 \text{ Gal/TN Hna.} \times 3.785 \text{ Lt/Gal} \times 0.9 \text{ kg/Lt} \times 13.36 \text{ TN Hna}$

$m = 1,698.5 \text{ kg/hr}$

$C_p = 0.5 \text{ kcal/Kg.}^\circ\text{C}$

$\Delta T = (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) = (80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 60^\circ\text{C}$

Reemplazando:

$$Q = 1698.5 \text{ kg/hr} \times 0.5 \text{ kcal/kg.}^\circ\text{C} \times 60^\circ\text{C}$$

$Q_A = 50,955 \text{ kcal/hr}$

(B) Perdidas de Calor por conducción, radiación y convección en TKs de petróleo

TK de Petróleo Zona Calderas a Vapor

$$Q_{b1} = U.A. \Delta T$$

Datos:

$\varnothing = 3.1 \text{ m}$, altura o largo = 3.1 m

U = Coeficiente Global de Transmisión de Calor

$$= 8.4 + 0.06 (T_{\text{ext}} - T_{\text{amb}}) = 8.4 + 0.06(40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$= 9.6 \text{ kcal/m}^2.\text{hr.}^\circ\text{C}$$

$$A = 2\pi.r.L + (2 \pi. \varnothing^2)/4$$

$$= 2\pi \times 1.55 \text{ m} \times 3.1 \text{ m} + (2 \times \pi (3.1)^2) / 4 = 45.3 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 75^\circ\text{C}$$

Reemplazando:

$$Q_{b1} = 9.6 \text{ kcal/m}^2.\text{hr.}^\circ\text{C} \times 45.3 \text{ m}^2 \times 60^\circ\text{C}$$

$Q_{b1} = 26,092.8 \text{ Kcal/hr.}$

TK de Petróleo Zona Caldera Térmica

$$Q_{b2} = U.A. \Delta T$$

Datos:

$$\varnothing = 1.8 \text{ m} , \text{ altura o largo} = 3.0 \text{ m}$$

$$U = \text{Coeficiente Global de Transmisión de Calor} \\ = 8.4 + 0.06 (T_{\text{ad}} - T_{\text{amb}}) = 8.4 + 0.06(40^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 9.6 \text{ kcal/m}^2.\text{hr.}^{\circ}\text{C}$$

$$A = 2\pi.r.L + (2 \pi. \varnothing^2)/4 \\ = 2\pi \times 0.9\text{m} \times 3.0 \text{ m} + (2 \times \pi (3.0)^2) / 4 = 31.10 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 80^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} = 75^{\circ}\text{C}$$

Reemplazando:

$$Q_{b2} = 9.6 \text{ kcal/m}^2.\text{hr.}^{\circ}\text{C} \times 31.10 \text{ m}^2 \times 75^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{b2} = 17,914.66 \text{ Kcal/hr.}$$

Consumo de Petróleo para calentar el petróleo de los calderos

$$P_{R-500} = (Q/Ec) \times 3.97 / Pc$$

Datos:

$$\text{Petróleo R-500} = ?$$

$$Q(\text{Total}) = Q_A + Q_{b1} + Q_{b2} = 94,962.46 \text{ Kcal/hr}$$

$$\text{Eficiencia Calderos} = 80\%$$

$$\text{Poder Calorífico Petróleo R-500} = 145,000 \text{ BTU/Gal}$$

Reemplazando:

$$\text{Petróleo R - 500} = \frac{(94,962.46 \text{ Kcal/hr} / 0.8) \times 3.97 \text{ BTU/kcal}}{145,000 \text{ BTU/galón}}$$

$$\text{Petróleo R - 500} = 3.25 \text{ galones/hr}$$

Consumo de Vapor en el Calentamiento del Petróleo de Calderos

$$\text{Vapor} = Q_T / \lambda$$

Datos:

$$\text{Vapor} = ?$$

$$Q(\text{Calor Total}) = 94,962.46 \text{ Kcal/hr.}$$

$$\lambda_{\text{(a presión manométrica 2 bar)}} = (h_g - h_f) = (\text{Entalpía del Vapor} - \text{Entalpía de Agua}) \\ = (651 - 134.3) = 516.7 \text{ Kcal/Kg}$$

Reemplazando:

$$\text{Vapor} = \frac{94,962.46 \text{ Kcal/hr.}}{516.7 \text{ Kcal/Kg}}$$

184 Kg.Vapor/hr

(9) Gasto de vapor y Petróleo por Perdida en Tuberías

Se asume como perdida en tuberías el 1% del total de la planta

ITEM	P. R-300= Gal/hr	Kg. Vapor/hr
1.- Cocinador	127.5	7,208
2.- Secadores ADD	247.32	14,511
3.- Licor de Prensa	37.12	2,099
4.- Licor de Separadora	13.05	738
5.- Espuma del PAMA	4.5	253.5
6.- Calentamiento Petróleo	3.25	184
TOTAL PLANTA	431.74	24,993.5

Entonces el 1 % del total planta = 4.32 Gal / Hora (250 Kg. Vapor / Hora)

(10) Resumen :

Equipos Consumo de Vapor Consumo de petróleo	Consumo por calentamiento de equipo	Consumo en producción en 60 toneladas / hora
Cocinador		
Kg vapor	579	7,208
Galones	10.23	127.5
Secadores ADD		
Kg vapor	4064	14,511
Galones	69.27	247.32
Tanques Licor de Prensa		
Kg vapor	--	2,099
Galones	--	37.12
Tanque Licor de Sepandora		
Kg vapor	--	738
Galones	--	13.05
Celdas Espuma (PAMA)		
Kg vapor	--	253.5
Galones	--	4.5
Calentamiento Petróleo		
Kg vapor	--	184
Galones	--	3.25
Caldera Termica (Konus)		
Kg vapor	--	--
Galones	--	70.14
Tuberías Planta		
Kg vapor	--	250
Galones	--	4.32
Total		
Kg vapor	4643	25,243.5
Galones	79.5	507.2

III. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y GASTO DE VAPOR Y PETROLEO EN PLANTA

- 1.- La producción de vapor es de 31655 Kg. de vapor / Hora.
- 2.- El consumo total de vapor para 60 toneladas de pescado hora es de 25,243.5 Kg de vapor.

- 3.- La recuperación del condensado es de :

Cocinator	=	7,208 Kg.
Secadores a Vapor	=	14,511 Kg.
TOTAL		21,719 Kg.

- 4.- No se recuperan los Condensados de :

Licor de Prensa	=	2,099 Kg.
Licor de Separadora	=	738 Kg.
Espuma (PAMA)	=	253.5 Kg.
Calentamiento de Petróleo	=	184 Kg.
TOTAL		3274.5 Kg.

- 5.- El % de Recuperación de Condensado es de :

$$\frac{21,719}{25,243.5} \times 100 = 86 \% \quad \checkmark$$

- 6.- El Agua de Reposición es de 14%
- 7.- El Gasto de Vapor por Tonelada de Pescado es de 420.725 Kg. de Vapor.
- 8.- El % de Vapor utilizado para 60 Toneladas de Pescado / hora es de :

$$\frac{25,243.5}{31,655} \times 100 = 80 \% \quad \checkmark$$

- 9.- La Capacidad de Vapor es para :

$$\frac{60 \text{ Tn. Pescado/hr}}{0.8} = 75 \text{ Tn. Pescado/hr} \quad \checkmark$$

IV. CONCLUSIONES.

- Las Calderas producen 31,655 Kg. de Vapor / hr.
- La Capacidad de Producción de Vapor alcanza para 75 Toneladas de Pescado (Anchoveta) / hr.
- El gasto de Vapor en Pesquera Exahmar S.A – Tambo de Mora es de 420.725 Kg. de Vapor por Toneladas de Pescado (Anchoveta).
- El Consumo de Vapor en la Planta es de 25,243.5 Kg. Vapor / hr.
- El Consumo de Petróleo R-500 en la Planta es de 507.20 Gal. / hr.
- El Consumo de Vapor por Tonelada de Harina es de 1885.5 Kg.
- El Consumo de Petróleo R-500 por Tonelada de Harina es de 37.96 Gal.

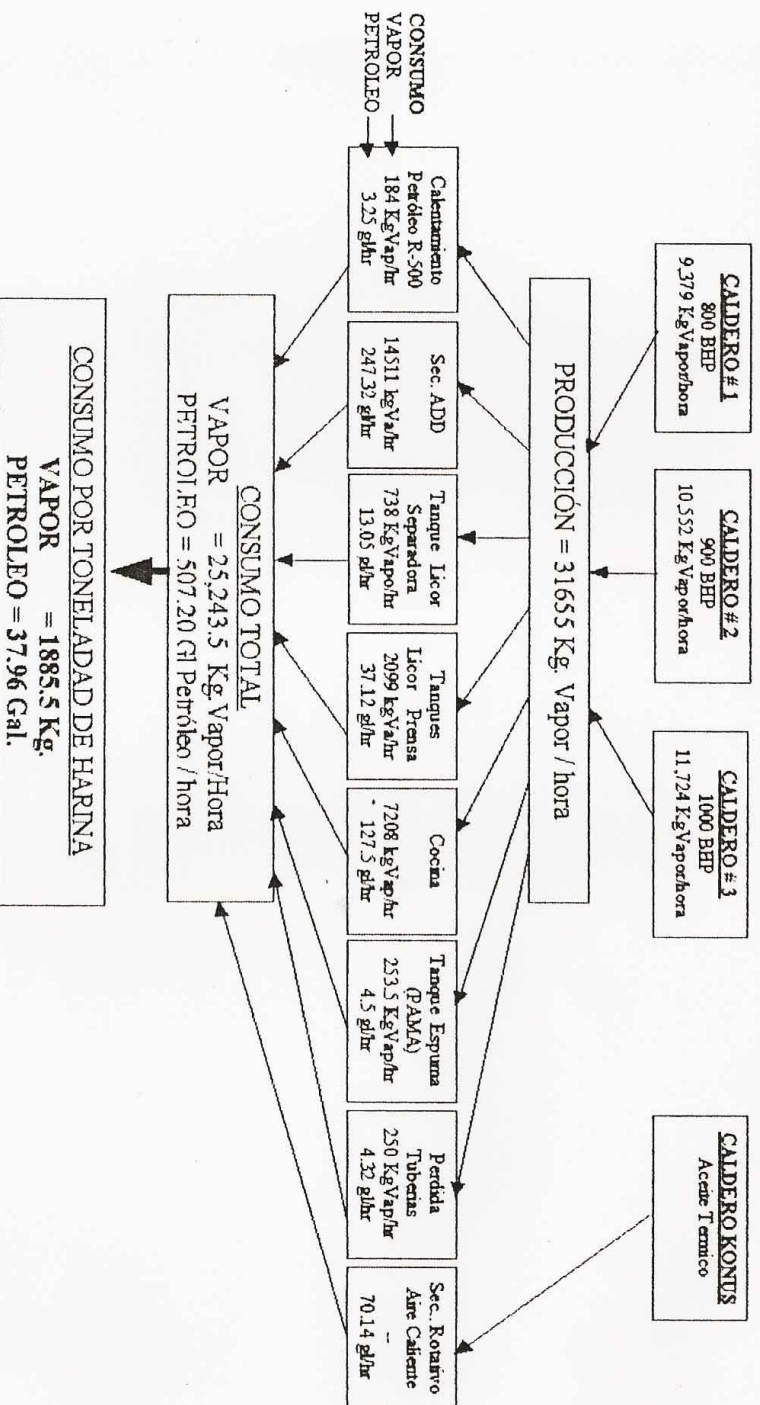
V. RECOMENDACIONES.

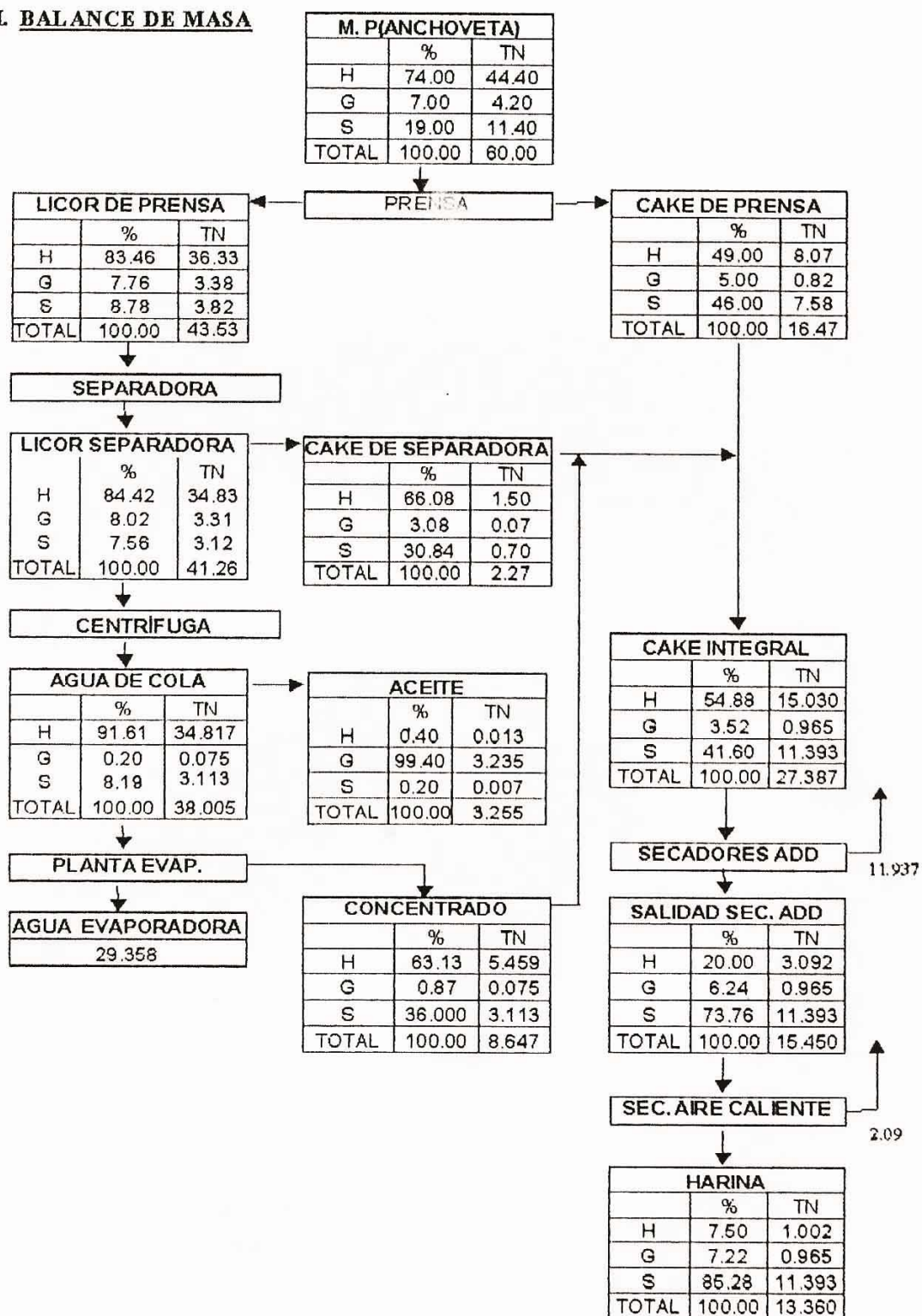
- Utilizar el vapor necesario que debe estar de acuerdo a la cantidad de materia prima procesada por hora (Capacidad de Planta).
- Minimizar el calentamiento de los calderos y equipos de planta, estos deben ser prendidos conforme avance en la línea la producción.
- Realizar evaluaciones diarias del consumo de petróleo por tonelada de acuerdo a la recepción de materia prima.
- Insulación de tanques de licor de prensa, para evitar pérdidas de calor por conducción, convección y radiación.
- Optimizar el consumo de vapor en el cocinador y secadores.
- Que los calderos tengan un mantenimiento permanente y una evaluación de los gases salientes de la chimenea (Nivel de CO₂.)

VI. DIAGRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR Y PETRÓLEO.

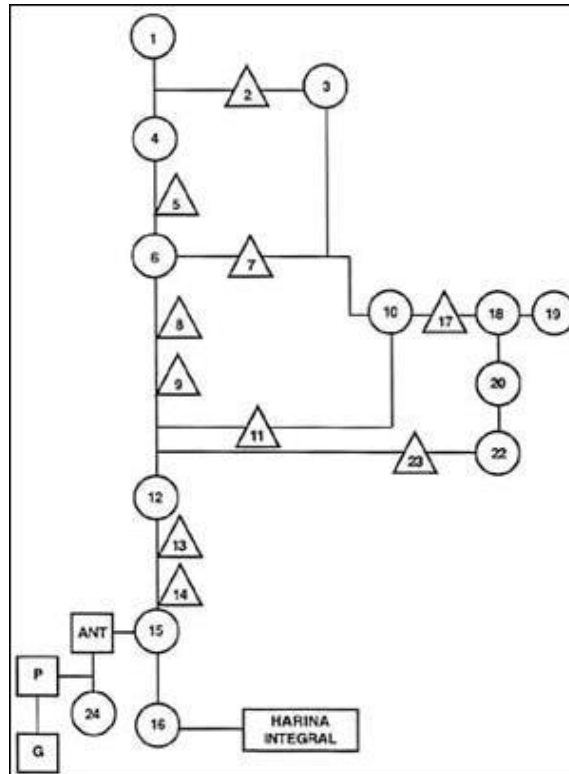
DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR Y PETRÓLEO R-500 EN CALDEROS EN BASE A:
60 TONELADAS MAT. PRIMA / HORA CON UNA PRODUCCIÓN DE HARINA DE 13.360 TN

EFICIENCIA DE LOS CALDEROS = 80%



VII. BALANCE DE MASA

ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO



Cuadro 1.- Breve descripción del Proceso de Industrialización de harina de pescado

1. Recepción y Almacenamiento de materia prima (pescado)
2. Sanguaza de las pozas
3. Tratamiento de la sanguaza con vapor
4. Cocción del pescado con vapor directo. Aquí se efectúa la desnaturalización de proteínas, la ruptura de células grasas y separación de agua y aceite
5. Pre Desaguador que se utiliza en el cocinador y la prensa, para mayor eficiencia en el prensado
6. Prensado. En esta operación se realiza la separación de los sólidos, agua y aceite
7. Caldo de prensa o licor, sustancia extraída de la materia prima por la prensa, cuya presión aproximadamente es de 1000 a 3000 lbs./pulg²
8. Queque o torta de prensa. Masa que sale de la prensa entre 40-60%
9. Rompe queque o lominos desintegrador, elemento que se encarga de desmenuzar el queque de prensa.
10. Separadora de sólidos, emplea el caldo de prensa que a través del principio de centrifugación (2000-3000 rpm) separa sólidos y líquidos
11. Sólidos de separadora
12. Secado de la harina. Esta operación que emplea vapor por un lado y aire caliente por otro, tiene por finalidad sacar harina con un 9% de humedad o menos si es posible
13. Recuperación de humos del ciclón
14. Harina seca y gruesa conocido como "Scraps" (harina recién salida del secador)
15. Operación de molienda (martillos locos)
16. Ensaque (Envasado de harina) en sacos de polietileno con o sin adición de antioxidante
17. Licor de separadora o caldo de separadora
18. Centrifugas, máquinas que trabajan a altas rpm para separar el agua del aceite
19. Tanque de aceite
20. Agua de cola
21. Planta evaporador de agua de cola
22. Depósito de concentrado de agua de cola, el cual se agrega al queque de prensa antes de ingresar al secador
23. Concentrado de agua de cola, el cual se agrega al queque de prensa antes de ingresar al secado
24. Harina con antioxidante

ANT: Antioxidante

P: Pellets

G: Granel

