



Universidad Austral de Chile
Escuela de Ingeniería Mecánica

DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA RED DE VAPOR DE LA PLANTA
ALITEC CASTRO

Trabajo para optar al Título de:
Ingeniero Mecánico

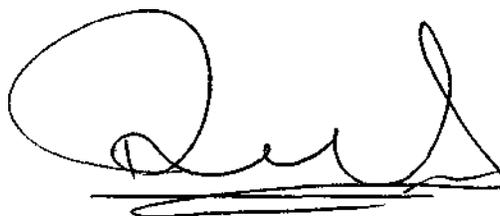
Profesor Patrocinante:
Sr. Rogelio Moreno
Ingeniero Civil Mecánico

ALEX MAURICIO REBOLLEDO VEJAR

Valdivia-Chile
2006

PROFESOR PATROCINANTE

Sr. Rogelio Moreno M.
Ingeniero Civil Mecánico.
M. Sc. Ingeniería Mecánica.
Instituto de Materiales y Procesos Termomecánicos
Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

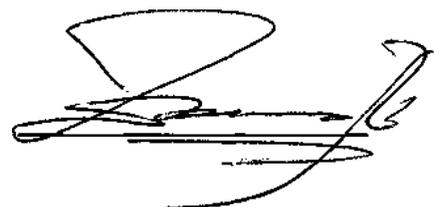


PROFESORES INFORMANTES

Sr. Guillermo Cárdenas G.
Ingeniero Mecánico.
Instituto de Materiales y Procesos Termomecánicos.
Facultad de Ciencias de la Ingeniería.

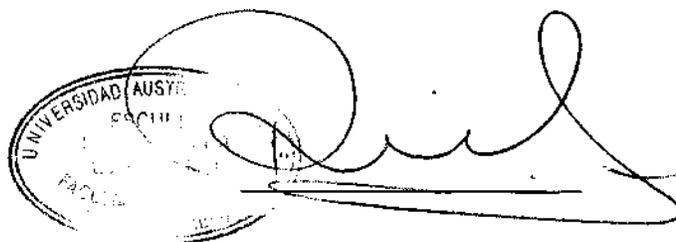


Sr. Marcelo Paredes C.
Ingeniero Civil Mecánico.
Instituto de Materiales y Procesos Termomecánicos.
Facultad de Ciencias de la Ingeniería.



DIRECTOR DE ESCUELA

Sr. Rogelio Moreno M.



AGRADECIMIENTO:

Doy infinitas gracias...

A Dios, por el camino recorrido....

A mis padres José y Sara, por su amor y apoyo...

A mi hermana Karin por su paciencia...

A Susana, mi pareja... Compañera fiel y sincera...

A la vida.... Por lo aprendido.

INDICE

RESUMEN	1
SUMMARY	2
INTRODUCCION	3
CAPITULO I	5
“ANTECEDENTES GENERALES”	
1.1 IDENTIFICACIÓN DE LA SOCIEDAD	5
1.2 RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA	6
1.3 LOCALIZACION DE LAS UNIDADES DE PRODUCCION	7
1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PRODUCTO	8
1.5 ESQUEMAS DE LA RED DE LOS CONSUMIDORES DE VAPOR EN LA PLANTA	11
1.6 DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE VAPOR	11
1.6.1 ACONDICIONADORES DE LAS EXTRUSORAS.	11
1.6.2 EXTRUSORA 920 SPROUT (B-06.02)	12
1.6.3 INTERCAMBIADORES 1 Y 2 DE LOS SECADORES SPROUT	13
1.6.4 INTERCAMBIADORES DEL SECADOR BÜHLER (A-SEC-01-02)	14
1.6.5 ESTANQUES DE ACEITE DE PESCADO	16
1.6.6 SILOS DE ACEITE DE PESCADO EXTERIOR	17
1.6.7 ESTANQUE DE PETRÓLEO (EST-PETR)	17
CAPITULO II	19
“DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR DE LOS DIVERSOS EQUIPOS”	
2.1 GENERALIDADES	19
2.2 DETERMINACIONES DEL CONSUMO DE VAPOR DE LOS EQUIPOS QUE UTILIZAN SERPENTIN.	19
2.2.1 <i>METODO DE TRABAJO Y ANTECEDENTE PARA EL CALCULO</i>	20
2.2.2 <i>ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LOS EQUIPOS</i>	20
2.2.3 <i>CALCULO DEL CONSUMO DE VAPOR</i>	22
2.2.4 <i>MEDICIONES Y TABLAS DE RESULTADOS.</i>	23
2.3 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR DE LOS ACONDICIONADORES DE LAS EXTRUSORAS Y PELETIZADORA.	24
2.3.1 <i>METODO DE TRABAJO Y ANTECEDENTES PARA EL CALCULO</i>	25
2.3.2 <i>ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LOS ACONDICIONADORES</i>	25
2.3.3 <i>CALCULO DEL CONSUMO DE VAPOR</i>	26
2.3.4 <i>MEDICIONES Y TABLAS DE RESULTADOS.</i>	28

2.4	DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR DE LA EXTRUSORA 920 SPORUT.	29
2.4.1	<i>METODO DE TRABAJO Y ANTECEDENTES PARA EL CALCULO</i>	29
2.4.2	<i>ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA EXTRUSORA SPROUT 920</i>	31
2.4.3	<i>CALCULO DE CONSUMO DE VAPOR</i>	31
2.4.4	<i>MEDICIONES Y TABLAS DE RESULTADOS.</i>	34
2.5	CONSUMO MAXIMO DE VAPOR DE LA PLANTA POR SIMULTANEIDAD DE CONSUMO DE VAPOR DE LOS EQUIPOS	36
	CAPITULO III	39
	“RECOMENDACIÓN Y MEJORAS PARA CONTROLAR EL USO VAPOR”	
	CONCLUSIONES	43
	BIBLIOGRAFIA	44
	ANEXOS	

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en realizar un estudio técnico de la red de vapor de la empresa de alimento para peces Alitec S.A., Planta Castro, con el propósito de determinar los consumos actuales de los equipos que componen el ciclo de vapor, para posteriormente diagnosticar y recomendar mejoras dentro de la red de vapor. Para esto fue necesario analizar e interiorizarse objetivamente de cada uno de los procesos que utilizan vapor.

Se realiza una descripción general de cada uno de los procesos y equipos involucrados dentro de las líneas de producción de la planta y las mediciones necesarias para determinar los consumos de vapor de los equipos involucrados.

Finalmente se dan algunas recomendaciones y conclusiones respecto al consumo de vapor y mejoras de la red.

SUMMARY

This titulation's work it's a technical study about to the steam – pipes to company fish food **Alitec S.A.** Located in Castro City, Chiloé.

The main objective is to get the steam's consumption in the production line and finally to suggest some improve that will be aplicated in the steam – pipes.

For this was necessary to know and to analyze each process where It's steam's consumption, the same way, I do a general description of the equipment and process in the production lines, and the same time, I did measurement to count steam's consumption with the equipment involved.

INTRODUCCION

En los tiempos actuales, a medida que el costo de los combustibles aumenta progresivamente debido a los problemas mundiales y sumado el explosivo aumento de nuevas competencias en la fabricación de alimentos para acuicultura, es la conservación de la energía una necesidad indispensable para una mejor competencia. Para que las empresas ahorren energía sin disminuir la producción de ellas, se debe encontrar la forma de utilizar la energía con mayor eficiencia. Se estima que aumentando la eficiencia en los sistemas de transformación de energía y a la vez los elementos que utilizan dicha energía, como es el caso de los equipos consumidores de vapor y redes de tuberías, se tendrá un efecto significativo en la ahorro de ésta.

En este marco económico, la empresa de alimento para la acuicultura, Alitec S.A. (Planta Castro) ubicada en la Isla de Chiloé, específicamente a 15 kilómetros de la ciudad de Castro, en la localidad de Putemun, se encuentra en la necesidad de determinar el consumo de vapor dentro de su proceso productivo y ver como mejorarlo.

El objetivo general del presente trabajo de titulación es determinar el consumo de vapor de acuerdo a las condiciones actuales de operación de cada uno de los equipos consumidores de la empresa y así diagnosticar y recomendar mejoras en la red de vapor que vaya en su beneficio económico. Cumpliendo los siguientes objetivos específicos:

- Efectuar un cálculo termodinámico de la red de vapor para poder determinar el consumo de la Planta.
- Realizar una evaluación económica del consumo de vapor en las condiciones actuales que se encuentra la Empresa.

- Dar recomendaciones en el mejoramiento y control del consumo de vapor, con comparaciones cuantitativas en el aspecto económico para la Planta de Alitec Castro.

Para cumplir con los objetivos, se utilizarán distintos métodos de trabajo dependiendo del área en cada etapa del estudio, estos métodos son: método investigativo, método analítico y método práctico, herramientas que servirán para terminar con éxito el desafío aceptado con el máximo profesionalismo.

CAPITULO I

“ANTECEDENTES GENERALES”

1.1 IDENTIFICACIÓN DE LA SOCIEDAD

La empresa alitec S.A. esta constituida de la siguiente forma:

Nombre de la Empresa	:	Alitec S.A.
Rut	:	79.568.910-9
Fecha de constitución	:	Mayo de 1989
Centros de Producción	:	- Castro - Pargua
Domicilio	:	- <i>Planta Castro</i> Putemun s/n, Camino Dalcahue. Castro, Isla de Chiloé. - <i>Planta Pargua</i> Pargua s/n Puerto Montt.
Representante Legal	:	Gonzalo Arellano Parker Gerente General
Giro Comercial	:	Alimentos Técnicos
Unidades de Negocios	:	Producción de Alimento para la Acuicultura

La información fue recopilada de los archivos históricos de la planta.

1.2 RESEÑA HISTORICA DE LA EMPRESA

La empresa Alitec S.A. forma parte del grupo de empresas Provimi e incorpora al mercado alimentos balanceados con los últimos avances en formulación, nutrición y tecnología para cada etapa, condiciones fisiológicas y de los peces de cultivos con el fin de optimizar y maximizar la rentabilidad de sus clientes. La empresa Provimi en Chile cuenta con dos unidades de producción, ambas destinadas a la fabricación de alimento para acuicultura:

- Planta Castro (FIGURA N° 1)
- Planta Pargua (FIGURA N° 2)

Ambas unidades Productivas cuentan con laboratorios totalmente equipados de control de calidad que lleva a cabo rigurosos controles, desde los insumos al producto terminado, utilizando para ello técnicas analíticas y aprobadas en base a especificaciones documentadas que obedecen a estándares internacionales.



FIGURA N°1. Planta Castro

La empresa con más de 15 años de funcionamiento, es una de las empresas líderes en el comercio de alimento para la acuicultura en Chile, dominando el 75% del comercio de alimento en Chile para peces de agua

dulce y el 12,7% del comercio de alimento para peces salares. Siendo su demanda más alta entre los meses de Septiembre a Abril de cada año.



FIGURA N°2. Planta Parga

1.3 LOCALIZACION DE LAS UNIDADES DE PRODUCCION

Sus centros de producción se encuentran ubicados en el sur de Chile específicamente en la Décima Región. Está constituida por dos centros de producción. Planta Parga, que se encuentra a 5 Km. de la ciudad de Parga, cercano a la ciudad de Puerto Montt, siendo este centro el más moderno en su área a nivel mundial. Planta Castro, que se encuentra ubicada en la Isla de Chiloé, a 15 Km. de la ciudad de Castro. (FIGURA N° 3)



FIGURA N° 3. Parte del Mapa de la Décima Región

1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PRODUCTO

El proceso productivo de Alitec, está dado por la FIGURA N°4 donde se inicia el almacenamiento de las materias primas, que son un 60 % de Harina de pescado y el restante son insumos menores tales como harina de soya, harina de trigo, aceite, vitaminas, etc.

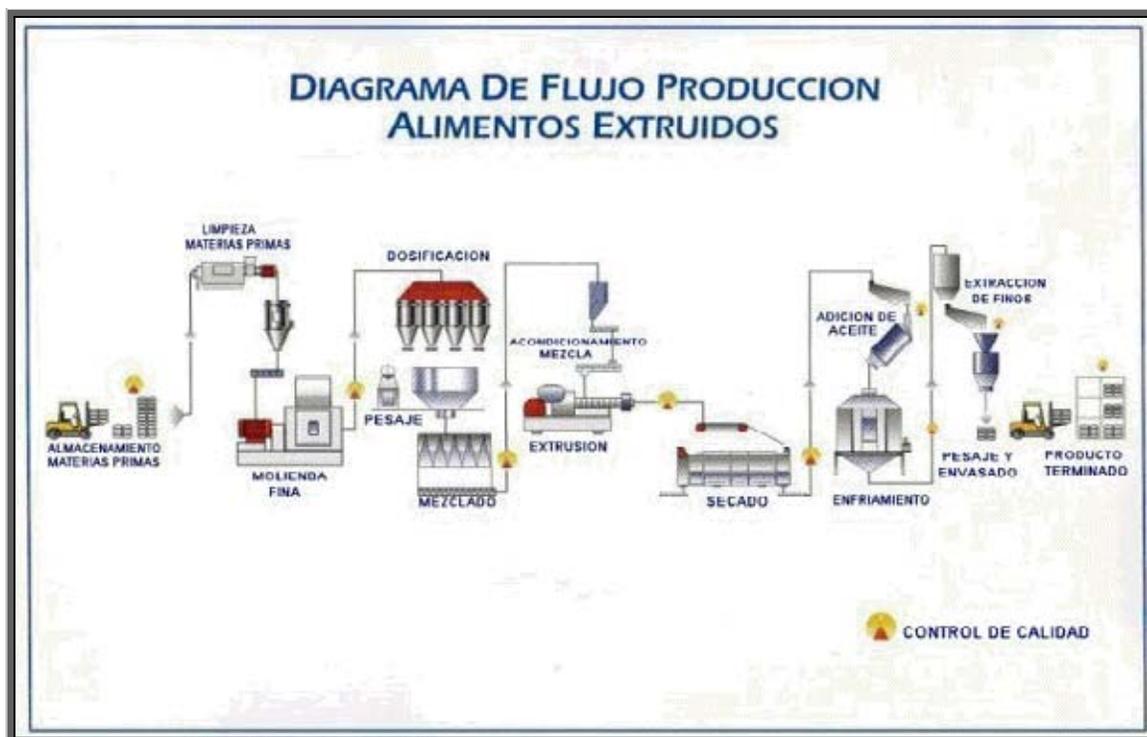


FIGURA N° 4. Diagrama de Flujo Producción Alimentos Extruidos

Una vez determinada las cantidades necesarias para crear el producto, se limpian las materias primas a través de un limpiador rotativo y todo posteriormente se lleva hacia el molino de martillos, donde se les realiza una molienda fina.

Las materias primas ya molidos se llevan hacia una mezcladora donde se homogeniza la mezcla de harina de pescado, harina de trigo, harina de soya y vitaminas, consecutivamente se traslada hacia el acondicionador donde por medio de vapor se aumenta la humedad de la mezcla para comenzar con el proceso de activación del almidonado del insumo de tal forma de poder generar el producto.

Después de salir del acondicionador entra en la extrusora que es la máquina que genera el producto. En este punto a la mezcla se le incorpora agua, aceite y vapor de tal forma de poder generar una masa, la cual, se hace pasar a través de una matriz perforada y se consigue la forma del extruido (FIGURA N° 5). De

la salida de la extrusora el producto se lleva a un proceso de secado, donde se le hace pasar un flujo de aire caliente para lograr lo antes dicho. Una vez seco el producto es trasladado hasta el aceitador al vacío, donde se ingresa el producto a una tolva hermética y se extrae el aire llegando a valores de vacío entre los 70 a 110 Mbar y después de lograr el valor deseado se le inyecta aceite de pescado al alimento extruido, posteriormente se traslada a un enfriador para terminar de disminuirle la temperatura al alimento extruido, a una temperatura ambiente entre los 15 a 18 C°. Por último, el alimento extruido es pesado y embolsado, en bolsas de 25 kilogramos con las cuales se arman palet, para luego ser trasladados a los centro de cultivos de peces.



FIGURA N° 5. Alimento Extruido

1.5 ESQUEMAS DE LA RED DE LOS CONSUMIDORES DE VAPOR EN LA PLANTA

Primero se procede a mostrar un esquema de la red de vapor de la planta en el cual se representan solamente los equipos que consumen vapor (Ver anexo 1) con su respectivo código para su posterior identificación.

Los equipos consumidores de vapor son los siguientes:

- B-06.01 Acondicionador de la Extrusora 920 Sprout
- B-06.02 Extrusora 920 Sprout
- B-SEC-01 Intercambiador 1 Secador 2x12 Sprout
- B-SEC-02 Intercambiador 2 Secador 2x12 Sprout
- A-07.07 Acondicionador de la extrusora Bi-Ex Bühler
- A-SEC-01 Intercambiador 1 secador Bühler
- A-SEC-02 Intercambiador 2 secador Bühler
- C-.07.02 Acondicionador de la Peletera
- EAP-BÜH Estanque de aceite de pescado Bühler
- EAP-SPRO Estanque de aceite de pescado Sprout
- EAP-PEL Estanque de aceite de pescado Pellet
- EAP-CRU Estanque de aceite de pescado Omega 3 Crumble
- SAP-1;2;5;6 4 Silos de aceite de pescado Exterior
- EST-PETR Estanque de petróleo

1.6 DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS CONSUMIDORES DE VAPOR

1.6.1 Acondicionadores de las Extrusoras.

Las materias primas que llegan al acondicionador de cada extrusora (B-06.01, A-07.07 y C-07.02), las cuales son una mezcla homogeneizada de harina

de pescado, harina de trigo, soya, vitaminas y otros, deben ser precalentados para comenzar con el proceso de activación del almidonado del insumo de tal forma de poder posteriormente generar el alimento extruido.

La temperatura de los acondicionadores varía entre los 95 a 105° C. Para lograr esta temperatura se ingresa vapor a través de inyectores de vapor los cuales son controlados de forma manual. Cabe señalar que los inyectores se encuentran instalados en un manifold al cual se le controla la presión y se regula el flujo de vapor a través de unas válvulas automatizadas y una trampa de vapor a la salida del manifold.

Toda la instalación está construida en tubería acero inoxidable de 2 ½” de diámetro y la presión de trabajo está regulada por la válvula antes nombrada, para que trabaje entre 20 a 25 PSI de presión constante.

Las características de los acondicionadores son las siguientes (CUADRO N°1)

CUADRO N°1. Características de los Acondicionadores

Código	Diámetro (m)	Largo (m)	Volumen (m³)	Caudal Volumétrico de Producto (m³/hr)
B-06.01	0,75	3	1.32	15,6-17
A-07.07	0,45	2	0,32	3-4,6
C-07.07	0,45	2	0,14	1,2-1,8

1.6.2 Extrusora 920 Sprout (B-06.02)

La extrusora Sprout 920 (FIGURA N° 6) es la generadora del producto extruido de la figura N° 5, este proceso requiere una temperatura que deben mantenerse entre los 80 y 95 ° C, lo que se consigue con una inyección de vapor controlado con una válvula electro válvula On/OFF.

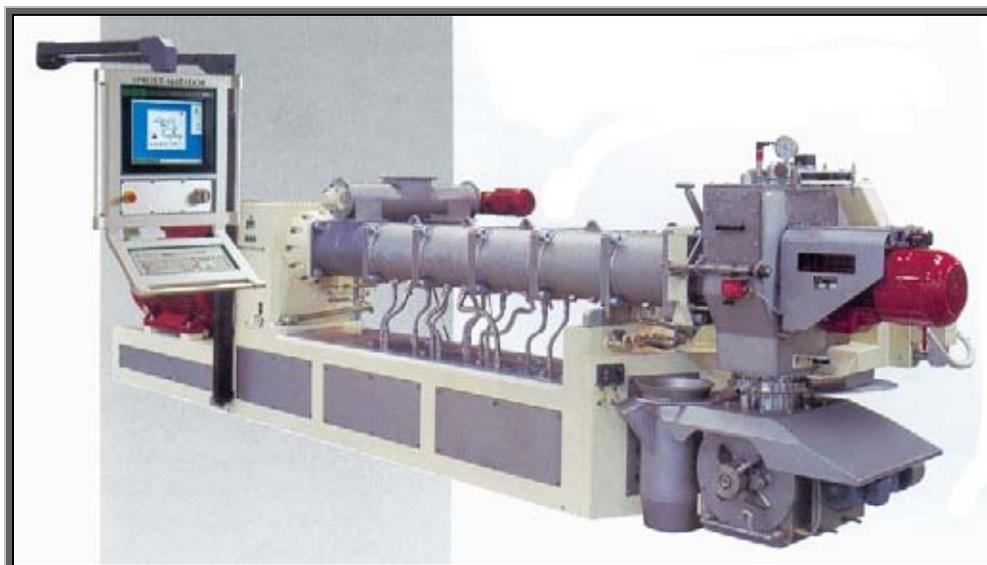


FIGURA N° 6. Extrusora 920 Sprout-Matador

Cabe señalar que está construida en tubería de acero inoxidable en diámetro de 1" y que como se muestra en el esquema de red de vapor, la presión de trabajo varía entre los 3,5 a 5 Bar. La característica de la extrusora es de 18 m³/h de capacidad volumétrica de producto.

1.6.3 Intercambiadores 1 y 2 de los Secadores Sprout

La función de los intercambiadores de calor 1 y 2 (B-SEC-01 y B-SEC-02) es calentar el aire que se utiliza para secar el producto después de que éste sale de la extrusora. La temperatura del aire varía entre 100° C a 135° C.

Estos intercambiadores están compuestos por dos calentadores que se alimentan de vapor y un precalentador de aire que es alimentado por el retorno de condensado que se obtiene de los calentadores. (FIGURA N° 7)

Los intercambiadores se encuentran instalados en forma vertical y el flujo de aire que se hace pasar a través de los intercambiadores es de forma horizontal como se muestra en la FIGURA N° 7

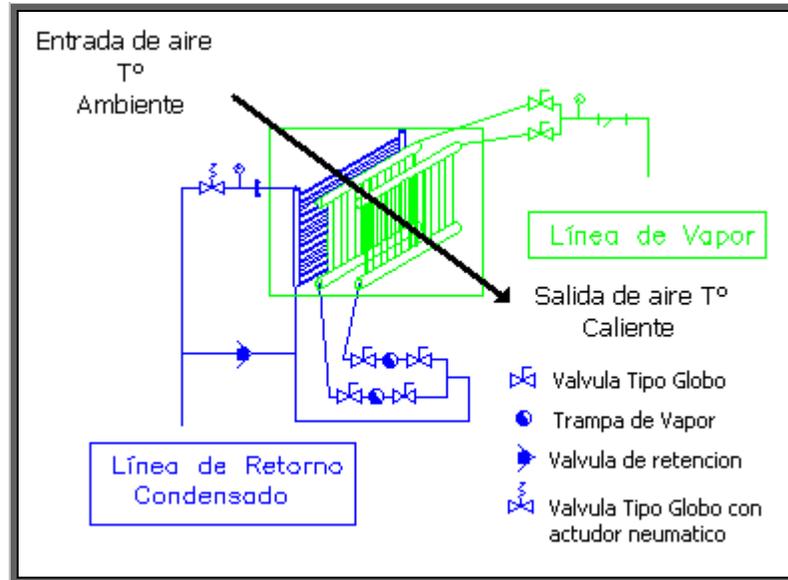


FIGURA N° 7. Esquema de los intercambiadores Sprout

Cabe señalar que esta red está construida en tuberías de 3 ½" de acero inoxidable y que como se muestra en la (FIGURA N° 7), la presión de trabajo es 8 Bar.

Las características de los intercambiadores de calor son las siguientes (CUADRO N°2):

CUADRO N°2. Características de los Intercambiadores Sprout

Código	Largo (m)	Alto (m)	T° (°C)	Potencia (Kw)
B-SEC-01	2,5	2	180	1450
B-SEC-02				

1.6.4 Intercambiadores del Secador Bühler (A-SEC-01-02)

La función de los intercambiadores de calor 1 y 2 (A-SEC-01 y A-SEC-02) es calentar el aire que se utiliza para secar el producto después de que éste sale de la extrusora. La temperatura del aire varía entre 110°C a 135°C. La posición de estos intercambiadores es horizontal y el flujo de aire que hace pasar a través de estos intercambiadores es ascendente.

Estos intercambiadores están compuestos por dos calentadores que se alimentan de vapor. El flujo de vapor está controlado por válvulas automáticas, las cuales se abren o se cierran a medida que se necesite mayor temperatura en el secador, esto se logra a través de sensores de temperatura ubicados en el interior del secador (FIGURA N° 8).

Los intercambiadores se encuentran instalados en forma horizontal y el flujo de aire que se hace pasar a través de los intercambiadores es de forma vertical como se muestra en la FIGURA N° 8

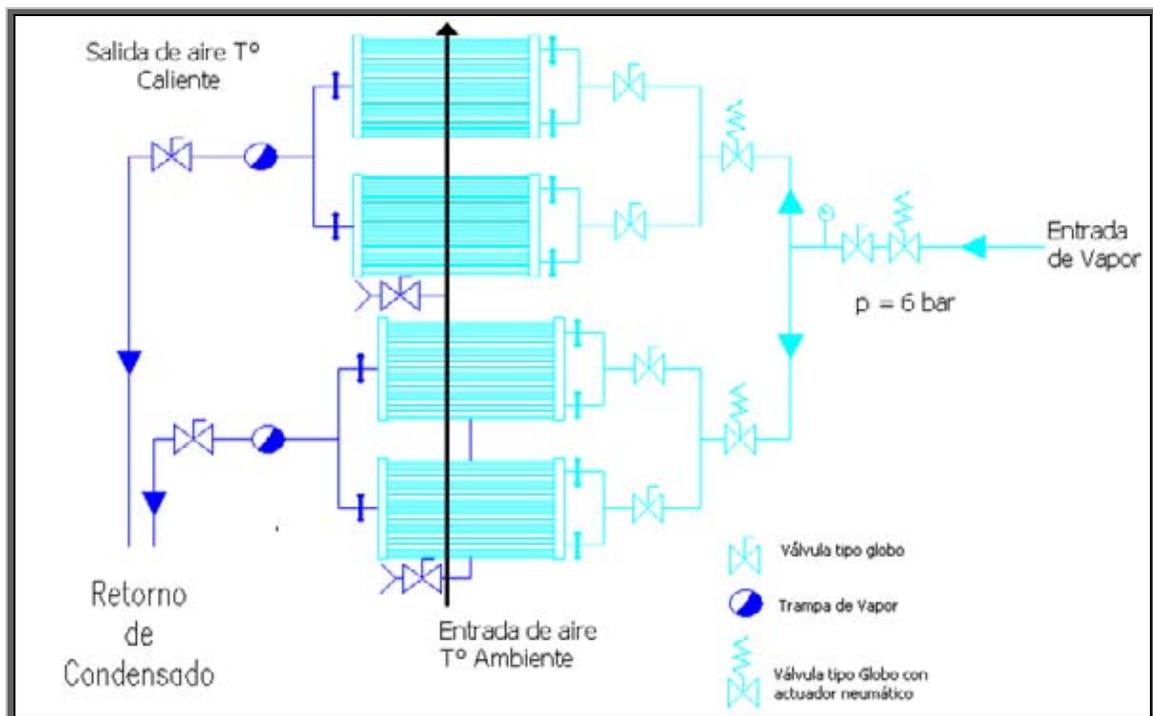


FIGURA N° 8. Esquema de los intercambiadores Bühler

Cabe señalar que esta red está construida en tubería de 3 ½" de acero inoxidable y que como se muestra en la figura de los intercambiadores Bühler, la presión de trabajo es 6 Bar.

Las características de los intercambiadores de calor son las siguientes (CUADRO N°3)

CUADRO N°3. Características de los intercambiadores Bühler.

Código	Largo (m)	Alto (m)	T° (°C)	Potencia (Kw)
A-SEC-01 A-SEC-02	1,8	1	110	630

1.6.5 Estanques de aceite de Pescado

La función de los estanques de aceite de pescado (EAP-BÜH; EAP-SPRO; EAP-PEL; EAP-CRU) es mantener un stock suficiente para poder suplir la necesidades de consumo de aceite dentro del proceso productivo ya antes nombrado.

Los estanques de aceite de pescado tienen incorporado en su interior serpentines, los cuales cumplen la función de mantener el aceite a una temperatura entre 35°C a 55°C bajando así su viscosidad y haciendo más fácil el traslado y su inyección dentro de los equipos que lo utilizan

Cabe señalar que la red está construida en tubería de 1" de acero inoxidable. La presión de trabajo es 8 Bar.

La característica de los estanques de aceite de pescado son las siguientes (CUADRO N°4).

CUADRO N°4. Características físicas de los estanques de acumulación de aceite de pescado.

Código	Capacidad de Almacenamiento (Ltrs)	Diámetro (m)	Alto (m)	Espesor Aislamiento (mm)	Espesor Plancha (mm)
EAP-BÜH EAP-SPRO EAP-PEL EAP-CRU	13.750	2,5	3,5	10	10

1.6.6 Silos de Aceite de Pescado Exterior (SAP)

La función de estos estanques de aceite de pescado es almacenar y reservar aceite para 15 días de trabajo. Este aceite debe conservarse a una temperatura entre los 35°C a 55°C para bajar así la viscosidad y facilitar el traslado de éste hacia los estanques de aceite diario dentro de la Planta.

El vapor es utilizado para realizar las tareas antes mencionadas a través de serpentines que se encuentran en el interior de los estanques. El flujo de vapor es controlado por trampas de vapor ubicadas a la salida de estos estanques.

Además se señala que la red está construida en tubería de 2" de acero inoxidable, la presión de trabajo es 8 Bar.

Las características de los silos de aceite de pescado son las siguientes (CUADRO N°5):

CUADRO N°5. Características físicas de los silos de aceite de pescado.

Código	Capacidad de Almacenamiento (Ltrs)	Diámetro (m)	Alto (m)	Espesor Aislamiento (mm)	Espesor Plancha (mm)
SAP-01	43.420	3,65	5,79	10	8
SAP-02	43.420	3,65	5,79	10	8
SAP-05	45.000	3,96	4,57	10	10
SAP-06	40.000	3,65	4,87	10	10

1.6.7 Estanque de Petróleo (EST-PETR)

La función del estanque de petróleo es almacenar combustible (ENAP-6) para el funcionamiento de la caldera. Se utiliza un serpentín para calentar el petróleo y bajarle la viscosidad facilitando así el traslado del combustible desde el estanque de acumulación hacia la caldera. La temperatura de combustible a la hora del traslado fluctúa entre 45°C y 55°C.

El serpentín se encuentra ubicado en la toma de la bomba de desplazamiento positivo, para así evitar que se generen gases en exceso, los cuales, son altamente volátiles y pueden generar un accidente.

El flujo de vapor es controlado por una trampa de vapor, la cual, está ubicada a la salida del estanque.

El estanque de acumulación del combustible no se encuentra aislado y está expuesto al ambiente.

Cabe señalar que la red esta construida en tubería de 1" de acero inoxidable. La presión de trabajo es 4 Bar.

Las características del estanque de petróleo son las siguientes (CUADRO N°6):

CUADRO N°6. Características físicas del estanque de Petróleo.

Código	Capacidad de Almacenamiento (Ltrs)	Diámetro (m)	Alto (m)	Espesor Plancha (mm)
EST-PETR	40.192	3,4	5	10

CAPITULO II

“DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR DE LOS DIVERSOS EQUIPOS”

2.1 GENERALIDADES

El método empleado para determinar el consumo de vapor, es el agrupar todos los equipos y elementos, que utilizan el mismo procedimiento de medición y cálculo de consumo de vapor, como también las mediciones que se efectuarán.

2.2 DETERMINACIONES DEL CONSUMO DE VAPOR DE LOS EQUIPOS QUE UTILIZAN SERPENTIN.

Los equipos que utilizan serpentín son los siguientes:

- B-SEC-01 Intercambiador de calor 1 del secador 2x12
- B-SEC-02 Intercambiador de calor 2 del secador 2x12
- A-SEC-01;02 Intercambiadores de calor del secador Bühler
- EAP-BÜH Estanque de aceite de pescado Bühler
- EAP-SPRO Estanque de aceite de pescado Sprout
- EAP-PEL Estanque de aceite de pescado Pellet
- EAP-CRU Estanque de aceite de pescado Omega 3
- SAP-1; 2; 5; 6 4 Silos de aceite de pescado Exterior
- EST-PETR Estanque de petróleo

2.2.1 METODO DE TRABAJO Y ANTECEDENTE PARA EL CALCULO.

Se realizarán los esquemas simplificados de los equipos mencionados, posteriormente se determinará el consumo de vapor, aplicando un balance de masa a un volumen de control. Luego, se obtendrá la cantidad de condensado que se produce por la transferencia de calor desde el vapor que fluye a través del serpentín hacia el fluido que se desea calentar. Este condensado se obtiene en la descarga de la trampa de vapor instalada a la salida de los serpentines.

El condensado se descargará a un recipiente graduado, en un determinado tiempo, por medio de una manguera conectada a la tubería de descarga de las trampas. Este recipiente plástico, es resistente a las altas temperaturas, en el cual primeramente se introduce una cierta cantidad de agua fría para no permitir el efecto de re vaporizador del condensado que se descarga en él. Finalmente por diferencias de volumen en el recipiente y tiempo de acumulación de condensado se obtendrá el caudal másico de éste.

2.2.2 ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LOS EQUIPOS

La FIGURA N°9 representa los siguientes equipos:

- EAP-BÜH Estanque de aceite de pescado Bühler
- EAP-SPRO Estanque de aceite de pescado Sprout
- EAP-PEL Estanque de aceite de pescado Pellet
- EAP-CRU Estanque de aceite de pescado Omega 3
- SAP-1; 2; 5;6 4 silos de aceite de pescado Exterior
- EST-PETR Estanque de petróleo

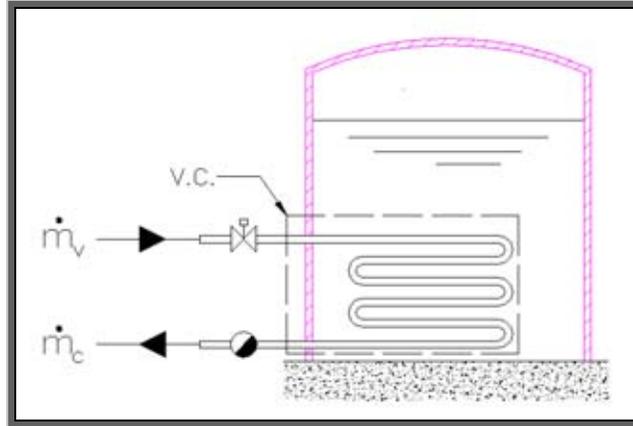


FIGURA N° 9. Esquema de los serpentines dentro de los estanques y silos de aceite de pescado y petróleo

La FIGURA N° 10, representa a los siguientes equipos:

- Intercambiador 1 Secador 2x12 B-SEC-01
- Intercambiador 2 Secador 2x12 B-SEC-02

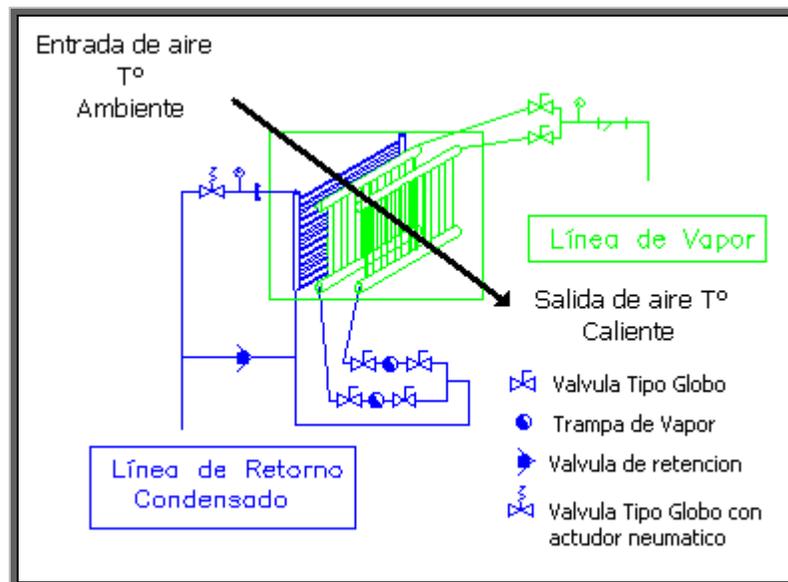


FIGURA N° 10. Esquema de los serpentines de los intercambiadores de la línea Sprout.

La FIGURA N° 11 representa a los siguientes equipos:

- Intercambiador del Secador Bühler A-SEC-01
- Intercambiador del Secador Bühler A-SEC-02

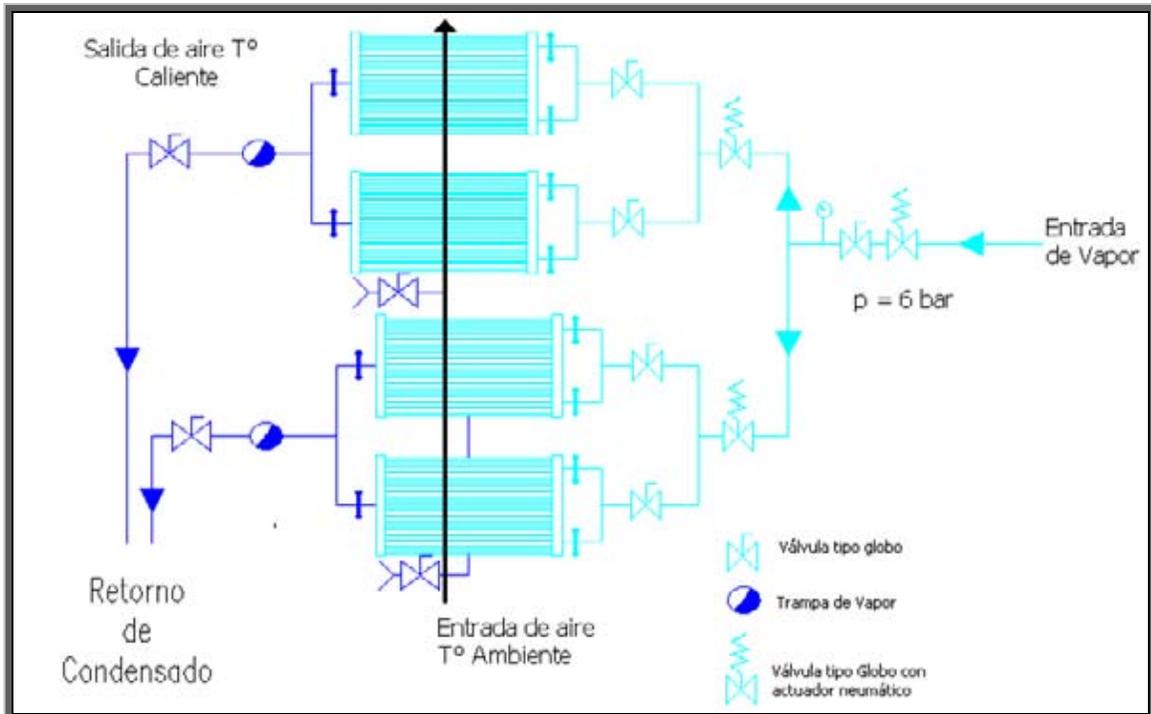


FIGURA N° 11. Esquema de los serpentines de los intercambiadores de la línea Bühler

2.2.3 CALCULO DEL CONSUMO DE VAPOR

Aplicando un balance de masa a los volúmenes de control (V.C.), se tiene:

$$\dot{m}_v = \dot{m}_c \quad [2.1]$$

Donde:

\dot{m}_v = Representa al flujo másico de vapor que ingresa a los estanques (Kg/h).

\dot{m}_c = Representa al flujo másico de condensado que sale de los serpentines (Kg/h).

Por otro lado se tiene que \dot{m}_c es:

$$\dot{m}_c = \dot{v}_c \times \rho_c \quad [2.2]$$

Donde:

$$\dot{v}_c = \frac{\Delta V}{\Delta t} \left(\frac{m^3}{h} \right) \quad [2.3]$$

En que:

ΔV : Volumen de condensado depositado en un recipiente (m^3).

Δt : Tiempo de medición de condensado (h).

ρ_c : Densidad del condensado (Kg/m^3).

2.2.4 MEDICIONES Y TABLAS DE RESULTADOS.

Las mediciones obtenidas se muestran en el CUADRO N° 7, con el respectivo consumo de vapor de los equipos mencionados anteriormente.

El tiempo seleccionado para realizar las mediciones es de 5 minutos, para poder dar un orden de mayor a menor en el consumo de vapor y así realizar una comparación cuantitativa entre los equipos.

CUADRO N°7. Resumen de valores de consumo de vapor, obtenidos experimentalmente de los equipos mencionados en el cuadro.

Código	Volumen de condensado (m³)	Tiempo de medición de condensado (min)	Caudal de Condensado (m³/h)	Consumo de Vapor (kg/h)
B-SEC-01	0,0732	0:05:00	0,8786	878,6
B-SEC-02	0,0728	0:05:00	0,8734	873,4
A-SEC-01	0,0584	0:05:00	0,7013	701,3
A-SEC-02	0,0589	0:05:00	0,7067	706,7
EAP-BÜH	0,00322	0:05:43	0,03554	35,54
EAP-SPRO	0,00168	0:04:30	0,02344	23,44
EAP-PEL	0,00263	0:05:00	0,03158	31,58
EAP-CRU	0,00263	0:05:00	0,03158	31,58
SAP-01	0,00188	0:04:45	0,02540	25,4
SAP-02	0,00301	0:05:28	0,03423	34,23
SAP-05	0,00168	0:04:30	0,02344	23,44
SAP-06	0,00195	0:04:50	0,02602	26,02
EST-PETR	0,00324	0:05:45	0,03571	35,71

(Densidad de condensado = 1000 kg/m³)

2.3 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR DE LOS ACONDICIONADORES DE LAS EXTRUSORAS Y PELETIZADORA.

Para determinar el consumo de vapor en los acondicionadores se deben tomar varias consideraciones debido a que intervienen otras variables, las cuales influyen en él cálculo. Tal es el caso de los insumos homogenizados a los cuales se les inyecta vapor y esto está regulado por una trampa de vapor a la salida del manifold que sostiene los inyectores de vapor.

2.3.1 METODO DE TRABAJO Y ANTECEDENTES PARA EL CALCULO

Previo a todo cálculo y antecedente del problema, se realizará esquema simplificado de los acondicionadores.

Luego, aplicando un volumen de control (V.C.), que incluye al acondicionador, se determinará el consumo de vapor, en base a la tasa de incremento de peso que sufre el insumo al inyectarle vapor y el condensado que se obtiene en la descarga de la trampa de vapor instalada a la salida del manifold.

La forma de determinar la tasa de incremento de peso del insumo, es obtener una muestra a la salida del acondicionador cuando ya al insumo se le inyectó vapor y posteriormente pesarlo, y realizarle una comparación de peso entre el insumo húmedo y el seco, así determinando la cantidad de humedad que adquirió el insumo. Cabe señalar que todas las mediciones se harán en un recipiente graduado.

2.3.2 ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LOS ACONDICIONADORES

La FIGURA N° 12, representa los siguientes equipos:

- | | |
|---|---------|
| ➤ Acondicionador de la Extrusora 920 Sprout | B-06.01 |
| ➤ Acondicionador de la Extrusora Bi-Ex Bühler | A-07.07 |
| ➤ Acondicionador de la Peletera | C-07.02 |

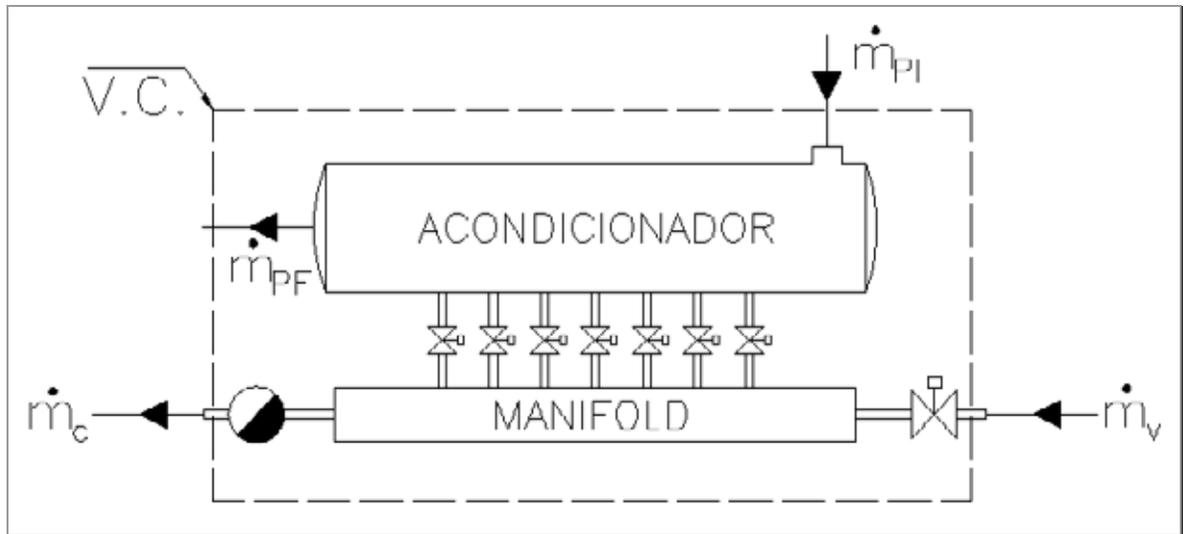


FIGURA N° 12. Esquema de los acondicionadores

2.3.3 CALCULO DEL CONSUMO DE VAPOR

Aplicando un balance de masa al volumen de control (V.C.), se tiene:

$$\dot{m}_v = \dot{m}_c + \Delta\dot{m}_p \quad [2.4.]$$

Donde:

\dot{m}_v = Flujo másico de vapor que ingresa al manifold (kg/h).

$\Delta\dot{m}_p$ = Incremento de flujo de masa que aporta el vapor al insumo (kg/h).

\dot{m}_c = Flujo másico del condensado que se obtiene de la trampa de vapor (kg/h).

Para calcular el flujo másico del condensado se debe utilizar las ecuaciones [2.1], [2.2] y [2.3].

Pero también se tiene:

$$\Delta \dot{m}_p = \dot{m}_{pf} - \dot{m}_{pi} \quad [2.5.]$$

Donde:

\dot{m}_{pi} = Flujo másico del insumo antes de entrar al acondicionador (kg/h).

\dot{m}_{pf} = Flujo másico del insumo a la salida del acondicionador (kg/h).

Para calcular \dot{m}_{pi} y \dot{m}_{pf} se tiene:

$$\dot{m}_{pi} = \dot{V}_{pi} \times \rho_{pi} \quad [2.6.]$$

$$\dot{V} = \frac{\Delta V_{pi}}{\Delta t} \quad [2.7.]$$

$$\dot{m}_{pf} = \dot{V}_{pf} \times \rho_{pf} \quad [2.8.]$$

$$\dot{V}_{pf} = \frac{\Delta V_{pf}}{\Delta t} \quad [2.9.]$$

Donde:

\dot{V}_{pi} = Caudal del insumo a la entrada del acondicionador (m³/h).

\dot{V}_{pf} = Caudal del insumo a la salida del acondicionador (m³/h).

$\Delta V_{pi} = \Delta V_{pf}$ = Volumen de entrada y salida del insumo (m³).

Δt = Tiempo de medición (h).

ρ_{pi} = Densidad del insumo antes de entrar al acondicionador (kg/m³).

ρ_{pf} = Densidad del insumo después de salir del acondicionador (kg/m^3).

2.3.4 MEDICIONES Y TABLAS DE RESULTADOS.

Las mediciones obtenidas se muestran en los CUADROS N° 8, 9, 10 con el respectivo consumo de vapor de los equipos mencionados anteriormente.

CUADRO N°8. Valores de consumo de vapor de los acondicionadores Sprout, Bühler y Pellet, determinado por el retorno de condensado de los equipos.

Código	Volumen de condensado (m^3)	Tiempo de medición de condensado (min)	Caudal de Condensado (m^3/h)	* Densidad de Condensado (kg/m^3)	Consumo de Vapor (kg/h)
B-06.01	0,00234	0:05:00	0,02806	1.000	28,06
A-07.08	0,00131	0:05:00	0,01575		15,75
C-07.02	0,00082	0:05:00	0,00985		9,85

CUADRO N°9, Resumen de valores de consumo de vapor en el incremento de peso del insumo al pasar por los acondicionadores Sprout, Bühler y Pellet

Código	Densidad del insumo (kg/m^3)	Densidad del Insumo a la salida del acondicionador (kg/m^3)	Diferencia de peso entre el insumo de entrada y salida (Kg/m^3)	Caudal del Acondicionador (m^3/h)	Consumo de Vapor (kg/h)
B-06.01	519,5	549,8	30,3	16,4	496,92
A-07.08	519,5	532,3	12,8	3,8	48,64
C-07.02	519,5	524,7	5,2	1,5	40,56

CUADRO N°10. Resumen de consumo total de vapor de los acondicionadores Sprout, Bühler y Pellet.

Código	Consumo de vapor por retorno de condensado (kg/h)	Consumo de vapor por incremento de peso en el insumo (kg/h)	Consumo total de vapor de los equipos (kg/h)
B-06.01	28,06	496,92	524,98
A-07.07	15,75	48,64	64,39
C-07.02	9,85	40,56	50,41

2.4 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR DE LA EXTRUSORA 920 SPROUT.

Para determinar el consumo de vapor en la extrusora se tomaron varias consideraciones debido a que intervienen otras variables tales como el agua y aceite que se le inyecta, más el producto que fluye a través de ella, como también el vapor que no es utilizado y es extraído y expulsado al exterior.

2.4.1 METODO DE TRABAJO Y ANTECEDENTES PARA EL CALCULO.

Previo a todo cálculo y antecedente del problema, se realizará un esquema simplificado de la extrusora.

Se aplicarán dos volúmenes de control, uno a la extrusora en la cual se determinará el consumo de vapor, en base a la tasa de incrementos de los insumos que se produce a través del proceso de inyección de vapor, agua y aceite al insumo y el otro volumen de control se le aplicará al extractor de vapor residual que se encuentra presente a la salida de la extrusora. (Fig. 14 y 15).

La forma de determinar la tasa de incremento de peso del insumo es mediante una muestra a la salida de la extrusora cuando ya el insumo pasa a ser producto y se le inyectó vapor, agua y aceite. A la muestra se realiza una

comparación de peso entre el insumo húmedo y el producto final y así determinar la cantidad de vapor, agua y aceite que adquirió el insumo.

Para determinar el flujo másico del extractor, es necesario determinar dos valores , primero la densidad del aire y segundo el caudal de éste en la tubería.

Para determinar la densidad del aire es necesario medir la temperatura a bulbo seco y a bulbo húmedo a la salida de la extrusora. Para realizar dicha labor es necesario un termómetro Análogo de Mercurio, escala -10° a 205° Celsius, con el cual se mide la temperatura a la salida de forma directa y de esta forma se está obteniendo la Temperatura a bulbo seco. Para obtener la temperatura de bulbo húmedo es necesario envolver en el extremo de mercurio del termómetro, un algodón húmedo en agua y se mide la temperatura de nuevo. Con el delta de temperatura se obtiene mediante carta Psicrométrica la humedad del aire y con esta humedad se determina la densidad de éste.

Para determinar el caudal del aire dentro del extractor, es necesario medir la sección del tubo de evacuación del extractor y realizar mediciones de velocidad del flujo dentro de la tubería.

2.4.2 ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA EXTRUSORA SPROUT 920.

La FIGURA N° 14 representa el siguiente equipo:

➤ Extrusora 920 Sprout

B-06.02

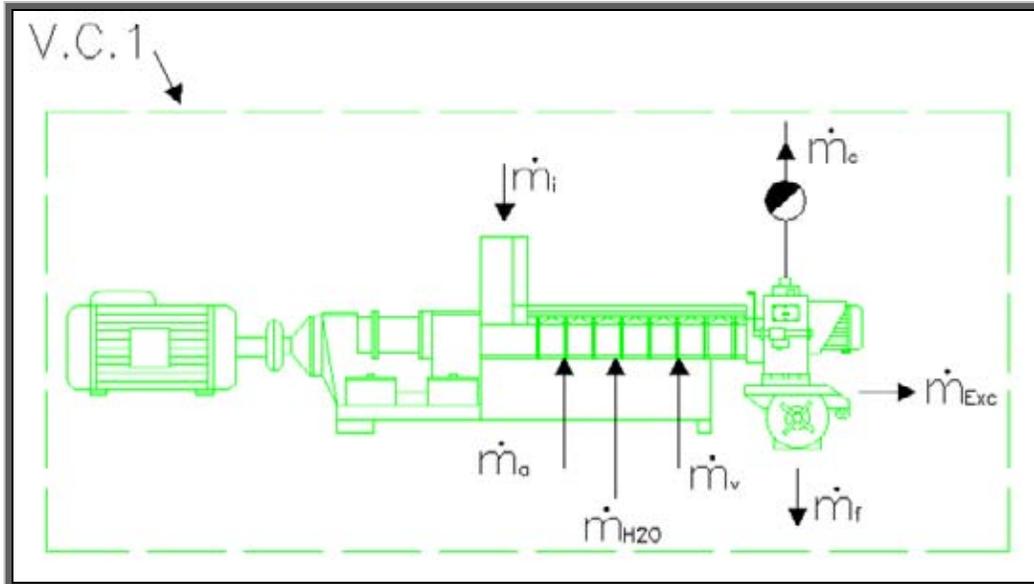


FIGURA N° 14. Volumen de control 1 de la Extrusora Sprout.

2.4.3 CALCULO DE CONSUMO DE VAPOR

Aplicando un balance de masa al volumen de control (V.C.1), se tiene:

$$\dot{m}_v + \dot{m}_{H_2O} + \dot{m}_a + \dot{m}_i = \dot{m}_f + \dot{m}_c + \dot{m}_{Exc} \quad (\text{Kg/h}) \quad [2.11]$$

De la ecuación [2.11], se obtiene la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_v = \dot{m}_f + \dot{m}_c + \dot{m}_{Exc} - \dot{m}_a - \dot{m}_{H_2O} - \dot{m}_i \quad (\text{kg/h}) \quad [2.12]$$

donde:

\dot{m}_v = Flujo másico de vapor que entra a la extrusora 920 Sprout (kg/h).

\dot{m}_f = Flujo másico de producto final (kg/h)

\dot{m}_i = Flujo másico de insumo antes de entrar a la extrusora (es igual al que sale del acondicionador Sprout) (kg/h).

\dot{m}_{H_2O} = Flujo másico de agua (kg/h)

\dot{m}_a = Flujo másico de aceite (kg/h)

\dot{m}_c = Flujo másico de condensado (kg/h)

\dot{m}_{Exc} = Flujo másico del extractor a la salida de la extrusora (kg/h). Este se calculará de forma independiente en el volumen de control N°2, que se encuentra en la FIGURA N°14.

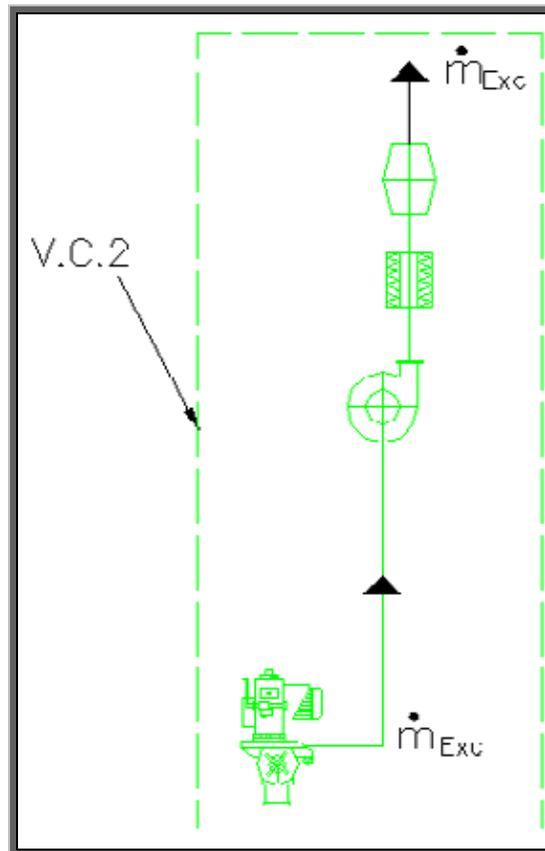


FIGURA N°15. Volumen de Control de extractor de la extrusora Sprout.

Por otro lado se tiene que:

$$\dot{m}_f = \dot{V}_f * \rho_f \quad [2.13]$$

$$\dot{m}_i = \dot{V}_i * \rho_i \quad [2.14]$$

$$\dot{m}_{H2O} = \dot{V}_{H2O} * \rho_{H2O} \quad [2.15]$$

$$\dot{m}_a = \dot{V}_a * \rho_a \quad [2.16]$$

$$\dot{m}_c = \dot{V}_c * \rho_c \quad [2.17]$$

Donde:

\dot{V} = Caudal de los distintos flujos nombrados en la ecuación [2.13 al 2.17] y que están dados por:

$$\dot{V} = \frac{\Delta V}{\Delta t} \left(\frac{m^3}{h} \right) \quad [2.18]$$

ΔV = Volumen de cada elemento (m^3)

Δt = Tiempo de medición (h)

ρ = Densidad de cada elemento nombrado anteriormente (kg/m^3)

Para calcular el flujo másico de vapor que sale de la extrusora y que es extraído por un ventilador, se debe analizar el volumen de control 2 como lo indica la FIGURA N°14.

Por lo tanto, el flujo másico del volumen de control 2 está dado por la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_{Exc} = \dot{V}_{Exc} * \rho_{Exc} \quad [2.19]$$

Donde \dot{V}_{Exc} es el caudal medido en el tubo de succión del ventilador, y está dado por:

$$\dot{V}_{Exc} = Area * Velocidad * 3600 \left(\frac{m^3}{h} \right) \quad [2.20]$$

Donde:

Area = Area del tubo succión (m²)

Velocidad = Velocidad promedio a la salida del ventilador (m/s)

Esta velocidad se midió a la salida del ventilador.

También se tiene ρ_{Exc} , que representa la densidad del aire que se traslada en el interior del tubo de succión del ventilador. Este se determinará midiendo la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo a la entrada de la campana de succión del extractor; para posteriormente ver en una tabla psicrométrica de aire (ANEXO 2), la humedad de éste y determinar la densidad de aire.

2.4.4 MEDICIONES Y TABLAS DE RESULTADOS.

Las mediciones y resultados obtenidos se muestran en los CUADROS N°11, 12, 13 y 14 con el respectivo consumo de vapor del equipo mencionado anteriormente.

CUADRO N°11. Resumen de consumo de vapor por retorno de condensado

Código	Volumen de Condensado (m³)	Tiempo de medición de condensado (min)	Caudal de condensado (m³/h)	*densidad de condensado (kg/h)	Consumo de Vapor (kg/h)
B-06.02	0,00417	0:02:45	0,10207	1.000	102,07

CUADRO N°12. Tabla resumen de consumo de vapor por incremento de peso a la salida de la extrusora.

Código	Densidad del insumo (kg/m³)	Densidad del Producto a la salida de la extrusora (kg/m³)	Diferencia de peso entre el insumo de entrada y de salida (kg/m³)	Caudal de la extrusora (m³/h)	Consumo de Vapor (kg/h)
B-06.02	549,8	645,7	95,9	16,4	1572,76

CUADRO N°13. Tabla resumen de consumo de vapor por extracción del exceso de vapor a la salida de la extrusora.

Código	Humedad del aire a la salida de la extrusora (%)	Temperatura a Bulbo Seco (°C)*	Temperatura a Bulbo Húmedo (°C)*	Velocidad a la salida del ventilador (m/h)*	Densidad relativa de aire (kg/m³)	Caudal del aire (m³/h)	Consumo de vapor en exceso (kg/h)
B-06.02	100	45,7	48,3	26,4	1000	1,87	1865,2

* Representa la velocidad y temperatura promedio con la válvula de mariposa abierta a un 100%.

CUADRO N°14. Tabla de resumen con el consumo total de vapor de la extrusora Sprout.

Código	Consumo de agua (kg/h)	Consumo de Aceite (kg/h)	Consumo de vapor de retorno de condensado (kg/h)	Consumo de vapor por incremento de peso en el producto (kg/h)	Consumo de vapor en exceso (kg/h)	Consumo total de Vapor por la Extrusora Sprout 920
B-06.02	625	102,5	102,07	1572,76	1865,2	2812,49

2.5 CONSUMO MAXIMO DE VAPOR DE LA PLANTA POR SIMULTANEIDAD DE CONSUMO DE VAPOR DE LOS EQUIPOS

Este consumo se determinó realizando un seguimiento de los diferentes equipos que utilizan vapor durante el proceso productivo, determinándose que el consumo máximo de vapor está dado por el funcionamiento simultáneo de todas las líneas de producción (Sprout, Bühler, Pellet y Equipos Asociados).

Con lo dicho anteriormente se puede determinar el consumo de vapor mediante la suma de los consumos individuales de cada equipo y así asignar un consumo por línea de producción.

La tabla que a continuación se muestra, describe el consumo de vapor en kg /h por cada equipo y línea de producción.

CUADRO N°15. Tabla de resumen con el consumo total de vapor de la línea de Producción Sprout.

Línea de Producción Sprout		
Código del equipo	Nombre del Equipo	Consumo de Vapor (Kg./h)
B-06.01	Acondicionador de la Extrusora 920 Sprout	497
B-06.02	Extrusora 920 Sprout	2813
B-SEC-01	Intercambiador 1 Secador 2x12	879
B-SEC-02	Intercambiador 2 Secador 2x12	873
EAP-SPRO	Estanque de Aceite de Pescado Sprout	23
Total		5085

CUADRO N°16. Tabla de resumen con el consumo total de vapor de la línea de Producción Bühler.

Línea de Producción Bühler		
Código del equipo	Nombre del Equipo	Consumo de Vapor (Kg./h)
A-07.07	Acondicionador de la extrusora Bi-Ex Bühler	49
A-SEC-01	Intercambiador 1 Secador 2x12	701
A-SEC-02	Intercambiador 2 Secador 2x12	707
EAP-BÜH	Estanque de Aceite de Pescado Bühler	36
Total		1492

CUADRO N°17. Resumen con el consumo total de vapor de la línea de Producción Pellet.

Línea de Producción Pellet		
Código del equipo	Nombre del Equipo	Consumo de Vapor (Kg./h)
A-07.07	Acondicionador de la Pelletera	50
EAP-PEL	Estanque de Aceite de Pescado Pellet	31
Total		81

CUADRO N°18. Resumen con el consumo total de vapor Estanques y Silos de Aceite de Pescado y Estanques de Petróleo.

Estanques y Silos de Aceite de Pescado y Estanque de Petróleo		
Código del equipo	Nombre del Equipo	Consumo de Vapor (Kg./h)
EAP-CRU	Estanque de Aceite de Pescado Crumble	32
SAP-1	Silo de aceite de Pescado Exterior	25
SAP-2	Silo de aceite de Pescado Exterior	34
SAP-5	Silo de aceite de Pescado Exterior	23
SAP-6	Silo de aceite de Pescado Exterior	26
EST-PETR	Estanque de Petróleo	36
Total		176

CUADRO N°19. Resumen con el consumo total de vapor de la línea de Producción.

Consumo Total de Vapor por Líneas de Producción	Consumo de Vapor (Kg./h)
Línea de Producción Sprout	5085
Línea de Producción Bühler	1492
Línea de Producción Pellet	81
Estanques y Silos de Aceite de Pescado y Estanque de Petróleo	176
Total	6834

El consumo máximo de vapor de la planta está dado por el funcionamiento simultáneo de todos los equipos como se puede apreciar en el cuadro N°19 donde su valor es de **6.834 kg/h** de vapor. Y el consumo mínimo de vapor está dado por el funcionamiento de los equipos esenciales que no pueden dejar de consumir vapor ya que afectan directamente al proceso de funcionamiento de la

planta. Estos equipos están señalados en el cuadro N°18 donde el valor de consumo de vapor es de **176 Kg/h.**

El costo de generar el vapor se puede determinar mediante las siguientes consideraciones:

- Se tiene que el costo neto aproximado del litro de petróleo ENAP 6 es de 0,2 US\$/Litro, información entregada en enero del 2004 por Copec.
- También se tiene que el consumo de petróleo de la caldera es de 570 Litros/h. con una generación máxima vapor de la caldera de 8400 kg/h, a una presión de trabajo de 10,5 kg/cm² (Ver anexo 3). Por lo tanto se estima que el consumo de petróleo por kilogramo de vapor generado es de 14,74 kg/litro.
- Por lo tanto el valor del kilogramo de vapor generado en una hora es de 0,34 US\$ / Kg.

De lo dicho anteriormente se estima que el costo de generar el consumo máximo de vapor es de **2318 US\$/Kg**, que se da habitualmente cuando la empresa se encuentra en temporada alta de producción entre los meses de septiembre y abril de cada año, donde se encuentran funcionando todos los equipos antes mencionados y evaluados en este análisis.

El costo mínimo de generación de vapor es de **59,96 US\$/kg**. Cuando solo funciona una sola línea de producción.

CAPITULO III

“RECOMENDACIÓN Y MEJORAS PARA CONTROLAR EL USO VAPOR”

Una vez elaborado el estudio sobre el modo de uso y condiciones en las cuales trabajan los equipos consumidores de vapor y estado de las redes de vapor de la empresa, se recomienda lo siguiente:

a) Trampas de Vapor y Válvulas de corte

Se recomienda que se establezca un programa de inspección preventiva de las trampas de vapor y válvulas de corte, ya que no existe. Esta inspección debe efectuarse en forma regular (cada 2 semanas) y sistemática, de preferencia llevando un registro de cada trampa y válvulas para posteriormente determinar su cambio si sus fallas son muy continuas.

En la inspección a realizar se debe verificar el funcionamiento correcto de las trampas de vapor mediante las siguientes preguntas:

- ¿Está la trampa eliminando todo el condensado?
- ¿Se cierra bien después de la operación?
- ¿La frecuencia de descarga se halla dentro de un rango aceptable?
- ¿Están las válvulas de by-pass y descarga cerradas y libres de pérdidas?

La experiencia indica que en un sistema de vapor, una inspección inicial comúnmente revela que hasta un 7% de las trampas tiene pérdidas. Se ha demostrado que mediante una mantención cuidadosa y con inspecciones frecuentes, las trampas defectuosas pueden reducirse al 1%.

Si por ejemplo en los intercambiadores sprout (B-SEC-01) fallan las trampas de vapor se generaría una pérdida de 28,9 (US\$/Hora) (Ver anexo N° 4), la cual se puede evitar con tan solo generar un plan de inspección preventivo.

b) *Aislamiento de cañerías*

Una de las consideraciones importantes que se deben tener en cuenta dentro de las redes de vapor es aislación, con el objeto de contrarrestar las pérdidas de calor, tanto en las cañerías de suministro de vapor como de retorno de condensado, ya que esto significa pérdidas de dinero.

Mediante el estudio e inspecciones realizadas a las redes vapor se observa que existen muchos tramos de las redes, de vapor como de condensado, sin aislamiento, como el caso del tramo entre el manifold de distribución de vapor de la caldera hasta el manifold de distribución de vapor de la línea de producción de sprout, donde la línea es de un diámetro de 3" de acero carbono, con una distancia de cañería sin aislar de aproximadamente de 12 metros, la cual trabaja a una temperatura de 150° C a una presión de 8 bar.

Se recomienda recubrir con aislamiento las cañerías de este tramo debido a las pérdidas de calor que esto genera, generando un ahorro de 657 (US\$/Anual) (Ver anexo N° 5)

c) *Intercambiadores Secador Sprout (B-SEC-01 y 02)*

Con el estudio de la red de vapor se detectó que los intercambiadores del secador sprout (B-SEC-01 y B-SEC-02) una vez terminado el uso de este equipo, quedan consumiendo energía y todo el aire caliente que se extrae de éstos es liberado al ambiente, por el tiempo en que se encuentra la producción detenida. Mediante el estudio de tiempos muertos versus la producción se estimó que los intercambiadores permanecen consumiendo 1,5 horas por hora producida, información entregada por el departamento de producción de la empresa, por lo tanto, se propone lo siguiente:

- Propuesta:

La instalación de dos válvulas servo pilotadas de 3 ½" diámetro, mediante un actuador neumático con solenoide de 24 volt y con conexión al PLC de la extrusora 920 sprout.

- Funcionamiento:

Estas válvulas deberán ser instaladas a la entrada de los dos intercambiadores sprout (B-SEC-01 y B-SEC-02) y conectadas al PLC de la extrusora, de tal forma que una vez terminado el proceso de producción o detención de la máquina, pasado unos 15 minutos las válvulas se cerraran a un 95% dejando el 5% restante para mantener los intercambiadores a una temperatura adecuada y así evitar un golpe de ariete cuando se vuelvan a poner en funcionamiento los intercambiadores y a su vez se detendrán los ventiladores que hacen pasar el flujo de aire caliente dentro del secador Sprout.

- Evaluación económica:

Con los datos antes mencionados se procede a calcular los costos asociados y el ahorro que esto nos conlleva a detener los equipos:

Ahorro al cortar el intercambiador

$$1449Kw \times 860 \frac{Kcal}{Kw \cdot H} \times 2,32 \times 10^{-5} \frac{US\$}{Kcal} = 28,9 \frac{US\$}{Hora}$$

Horas de funcionamiento del Intercambiador sobre 1,5 horas de la línea detenida.

- Octubre del 2004 = 68 horas
- Noviembre del 2004 = 68 horas
- Diciembre del 2004 = 82 horas

Promedio: 73 horas.

Nota: La información fue entregada por el Departamento de Producción de la empresa

Ahorro Anual al cortar el vapor después de 1,5 horas de detener la extrusora

$$28,9 \frac{US\$}{hora} \times 73 \frac{Horas}{Mes} \times 12 \frac{Meses}{Año} = 25.300 \frac{US\$}{Año}$$

Suponiendo ahorro de un 40% efectivo

$$\text{Ahorro Anual} = 10.120 \approx 10.000 \frac{US\$}{Año}$$

Inversión a realizar:

Válvulas tipo globo	=	US\$ 3.760
Actuador neumático	=	US\$ 1240
Instalación	=	US\$ 285
Otros	=	US\$ 429
TOTAL	=	US\$ 5.714

Recuperación de la Inversión

$$\frac{5.714}{10.000} \times 12 = 7 \text{ meses}$$

CONCLUSIONES

Una vez desarrollado este trabajo en su totalidad se puede concluir lo siguiente:

Con respecto a la metodología de análisis de los diferentes problemas que se tenían para la determinación de los consumos de vapor, se puede decir que se utilizaron procedimientos sencillos y prácticos para cuantificar estos consumos, y a la vez se hizo posible suplir en forma satisfactoria la carencia de un instrumento que permitiera medir en forma directa el flujo másico de vapor de cada equipo consumidor.

Después de haber obtenido los consumos de vapor de los diversos equipos, se tiene que la línea de producción sprout es la línea con mayor requerimiento de vapor ya que consume el 74,4% de consumo total de planta. Esto se debe a las dimensiones y capacidad de las máquinas de esta línea de producción las cuales son mucho mayores que las otras dos líneas (Bühler y Pellet).

En cuanto al estado y mantención de las redes de vapor, no se tiene ningún sistema preventivo de mantención ni de registro de consumo de petróleo, lo que dificulta la detección anticipada o a corto plazo de la falla de los fitting de la red de vapor, lo que conlleva a que se estén generando costos ocultos en el consumo de petróleo.

Desde la perspectiva profesional y con la experiencia adquirida en el desarrollo de este trabajo de titulación, se puede rescatar lo valioso que es trabajar con profesionales de otras áreas, permitiendo esto ampliar los conocimientos propios de un ingeniero.

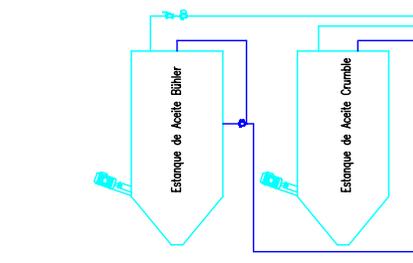
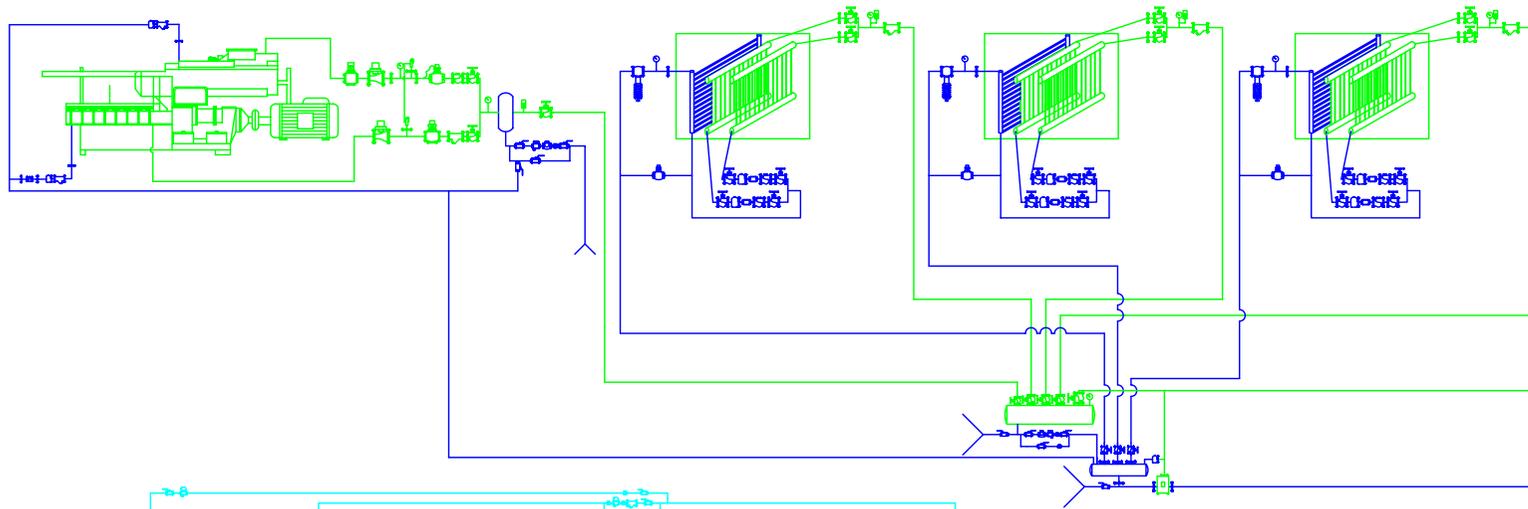
BIBLIOGRAFIA

- **COPEC, Compañía de petróleos de Chile S.A. “Combustión y Descontaminación”, 1ª Edición, Chile, 1992**
- **Marcelo Paredes, Tablas Termodinámicas, Universidad Austral De Chile, 2ª Edición, Chile**

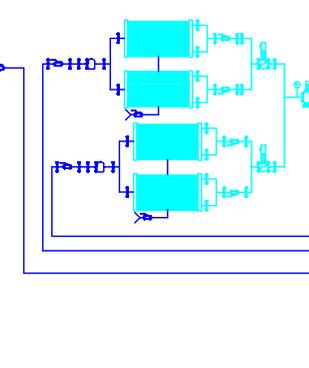


ANEXO N°1

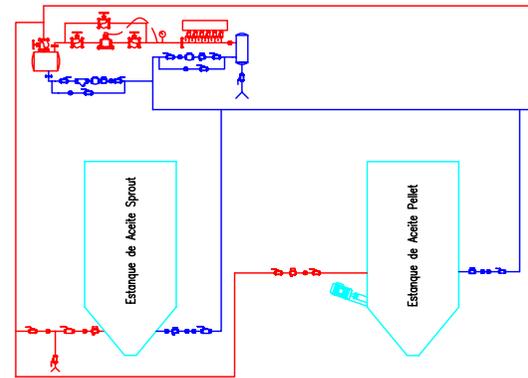
Linea Sprout



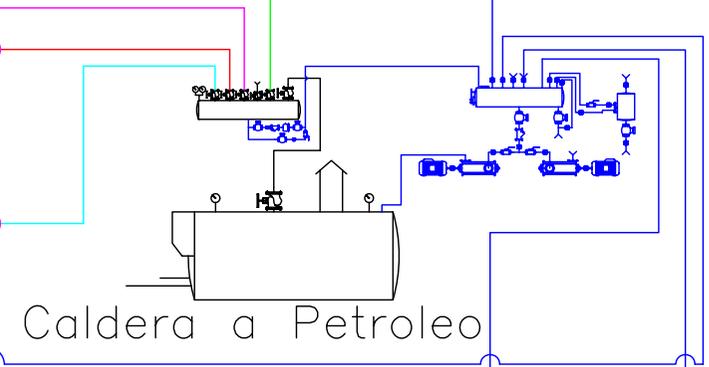
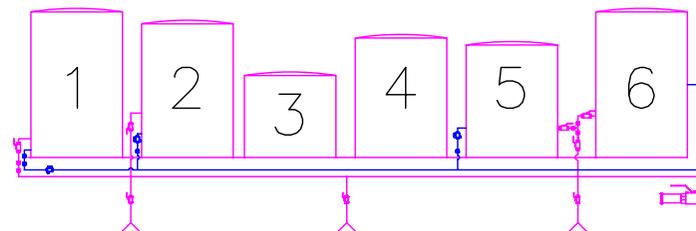
Linea Bühler



Linea Pellet



Estanques de Aceite



Caldera a Petroleo

DIB:	Alex Robledo	FECHA DE EMISION:	25.11.02	REVISION:	0	REEMPLAZA:	J	-
REV:	Ivan Torres						I	-
	Marcelo Lincornilla						H	-
	Heinrich Trifarsis						G	-
APR:	Felipe Heide						F	-
							E	-
							D	-
							C	-
							B	-
							A	25.11.02/AR
		Título		Modificación Plano		1-5		ACTUALIZACIONES:
 DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS REDES DE VAPOR 1-5								

Anexo 4

1. Calculo de costo de la Kilocaloría de petróleo quemado

$$COSTO = \frac{Pcal \times \eta \times \rho}{CPL}$$

- Pcal = Poder calorífico por kilogramo de Petróleo (ENAP 6) $(\frac{Kcal}{Kg})$
- η = Rendimiento del combustible (%)
- ρ = Densidad del combustible $(\frac{Kg}{m^3})$
- CPL = Costo del Petróleo por litro $(\frac{US\$}{Litro})$

$$Costo = \frac{10.272(\frac{Kcal}{Kg}) \times 0,85\% \times 985,5(\frac{Kg}{m^3}) \times \frac{1}{1000}(\frac{m^3}{lt})}{0,2(\frac{US\$}{Lt})} = 43.023(\frac{Kcal}{US\$})$$

$$Costo = 2,32 \times 10^{-5} (\frac{US\$}{Kcal})$$

2. Calculo de costo por perdidas en trampas de vapor

Se puede calcular el costo por pérdida de vapor de la siguiente forma suponiendo que en los intercambiadores sprout (B-SEC-01), fallan las trampas de vapor y ésta permaneciera abierta por un periodo de un hora de funcionamiento del equipo. Se tiene lo siguiente:

Si la potencia del intercambiador es de 1450 (kw) (Ver Cuadro N°3), y por otro lado, se sabe que el costo de energía es de $2,32 \times 10^{-5} (\frac{US\$}{Kcal})$

Por lo tanto el costo por hora es de:

$$1449Kw \times 860 \frac{Kcal}{Kw \cdot H} \times 2,32 \times 10^{-5} \frac{US\$}{Kcal} = 28,9 \frac{US\$}{Hora}$$

Anexo 5Calculo de costo por cañería sin aislación

La pérdida de calor (En Kcal/h por metro lineal) en una cañería sin aislar, para una cañería de 3" de diámetro a una temperatura de 150°C es de $273 \left(\frac{kcal}{h} m \right)$. (Ver Anexo 4)

Si se sabe que hay 12 metros de cañería sin aislar se tiene que se pierde $3276 \left(\frac{kcal}{h} \right)$, con un costo de energía de $2,32 \times 10^{-5} \left(\frac{US\$}{Kcal} \right)$ (Ver Anexo 4), Esto da un costo de pérdida anual de **657** $\left(\frac{US\$}{Anual} \right)$.