

02-1-10
ALV



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

**FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA Y CIENCIAS
DE LA PRODUCCION**

**“ Cálculo de Sistema de Vapor Para la Industria
de Concentrado de Maracuyá ”**

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentada por:

Rommel Javier Alvarado Torres



GUAYAQUIL – ECUADOR

2001

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y en especial al Ing. Angel Vargas, Director de Tesis, por su valiosa ayuda.

DEDICATORIA

A Dios.

A mis Padres.

A mi Hermana.

A mis Familiares

A mis Amigos

TRIBUNAL DE GRADUACION



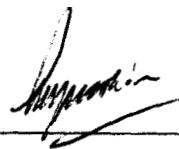
ING. EDUARDO RIVADENEIRA P.
DECANO DE LA FIMCP



ING. ANGEL VARGAS Z.
DIRECTOR DE TESIS



ING. FRANCISCO ANDRADE S.
VOCAL



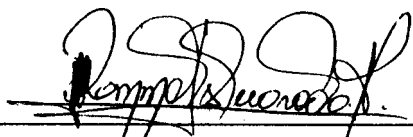
ING. JORGE DUQUE R.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“ La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).




Rommel Javier Alvarado Torres

RESUMEN

El Ecuador es un país que se ha caracterizado desde hace mucho tiempo por su gran potencial productivo a nivel de agricultura, lo cual ha tenido una marcada influencia y ha sido una de las principales fuentes de ingreso en la economía de los ecuatorianos. En los últimos años el cultivo de frutas tropicales se ha visto incrementado debido a su gran valor nutritivo y gran aceptación por parte del mercado interno y externo, es así que, en el caso particular del maracuyá, la industria ecuatoriana ha crecido y ha podido cumplir con las exigencias y demandas del mercado, obteniendo grandes logros.

Siendo el vapor uno de los elementos esenciales en el proceso de elaboración del concentrado de maracuyá, el objetivo de ésta tesis precisamente es el de calcular un sistema de vapor acorde con los requerimientos de la cantidad de producto a procesar.

Para realización de este estudio se empezará analizando la factibilidad de comercialización del maracuyá, analizando las condiciones bajo las cuales se la cultiva y su importancia en la alimentación. También se hace una recolección de datos estadísticos de la producción de maracuyá en el Ecuador con sus proyecciones futuras para así determinar la cantidad de producto a procesar.



Luego se describen las características tanto de la planta como del fruto del maracuyá, incluyendo el proceso de producción para obtener el concentrado de maracuyá y el control de calidad que se debe hacer para asegurar un buen producto.

Posteriormente, se determina los requerimientos de vapor según las proyecciones a futuro y se efectuará la selección del generador de vapor y sus dispositivos de control. También se calculará el sistema de combustible, el sistema de agua de alimentación y el tratamiento que se le debe dar para un buen funcionamiento, las tuberías de vapor / condensado y trampas de vapor indicando también su objeto de cálculo y su posición en el circuito.

Finalmente, se hará un análisis de costos de maquinarias, equipos, mano de obra y materia prima, necesarios para poder procesar concentrado de maracuyá.

INDICE GENERAL

	Pág
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
ABREVIATURAS	XII
SIMBOLOGIA	XV
INDICE DE FIGURAS	XVI
INDICE DE TABLAS	XVII
INTRODUCCION	1
I. FACTIBILIDAD DE COMERCIALIZACION DEL MARACUYA	4
1.1. El Cultivo del Maracuyá	5
1.2. El Maracuyá y su Aporte Nutritivo en la Alimentación	6
1.3. Agroindustrialización del Maracuyá	8
1.4. Estadística de Producción de Maracuyá	10
1.5. Proyecciones Futuras	12
II. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL MARACUYA	16
2.1. Características de la Planta	17
2.2. Características del Fruto	18
2.3. Producción de la Planta	20
2.4. La Cosecha y Recolección	21

2.5. El Almacenamiento	23
III. PROCESAMIENTO DEL MARACUYA A NIVEL INDUSTRIAL	24
3.1. Descripción del Proceso de Producción	25
3.1.1. Manipuleo de la Fruta del Campo a la Industria	25
3.1.2. Selección y Clasificación de la Fruta	26
3.1.3. Extracción y Separación de Semillas	27
3.1.4. Preservación del Jugo	27
3.1.5. Concentración y Refinación	28
3.1.6. Envasado y Congelación	28
3.2. Diagrama de Flujo del Proceso	29
3.3. Control de Calidad del Producto	32
IV. SELECCION DEL GENERADOR DE VAPOR	36
4.1. Balance Térmico	37
4.2. Consumo de Vapor en el Procesamiento del Maracuyá	38
4.3. Presión de Trabajo del Generador de Vapor	40
4.4. Factores de Selección de Generadores de Vapor	43
4.5. Clasificación de los Generadores de Vapor	43
4.6. Selección del Generador de Vapor a Utilizarse	45
4.7. Dispositivos de Control de Generadores de Vapor	50
V. CALCULO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL	

GENERADOR DE VAPOR	57
5.1. Combustibles Usados en Generadores de Vapor	58
5.2. Selección del Combustible a Utilizarse	60
5.3. Demanda de Combustible en el Generador de Vapor	61
5.4. Cálculo de Capacidad del Tanque de Combustible y su Ubicación	62
5.5. Cálculo de la Bomba de Combustible	66
5.6. Quemadores de Combustible	68
5.7. Dimensionamiento de la Chimenea	73
5.8. Control de la Combustión del Generador de Vapor	78
VI. CALCULO DEL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION	
DEL GENERADOR DE VAPOR	82
6.1. Demanda de Agua en el Generador de Vapor	83
6.2. Cálculo de Capacidad del Tanque de Agua de Alimentación	83
6.3. Cálculo y Selección de la Bomba de Agua de Alimentación	84
6.4. Problemas Existentes en el Agua de Generadores de Vapor	88
6.5. Tratamiento del Agua del Generador de Vapor	92
6.6. Control del Tratamiento del Agua del Generador de Vapor	95
VII. CALCULO DE TUBERIAS DE VAPOR / CONDENSADO	
Y DE TRAMPAS DE VAPOR	97
7.1. Parámetros Necesarios Para Dimensionar	

Tuberías de Vapor	98
7.2. Distribución de las Tuberías de Vapor	99
7.3. Cálculo y Dimensionamiento de las Tuberías de Vapor	101
7.4. Selección del Espesor y Aislante de la Tubería de Vapor	110
7.5. Distribución de las Tuberías de Retorno de Condensado	113
7.6. Cálculo y Dimensionamiento de las Tuberías de Retorno de Condensado	114
7.7. Selección de Trampas de Vapor	124
7.8. Localización de las Trampas de Vapor	128
VIII. ANALISIS DE COSTOS	129
8.1. Costos de Maquinarias y Equipos	130
8.2. Costos de Mano de Obra	133
8.3. Costos de Materia Prima	134
IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	136
APENDICES	
BIBLIOGRAFIA	

ABREVIATURAS

API	American Petroleum Institute
ASTM	Sociedad Americana de Pruebas de Materiales
Administrat	Administrativo
Almacenam	Almacenamiento
Btu	Unidad Térmica Inglesa
° Brix	Grado Brix
Caloríf	Calorífico
CC	Caballo Caldera
CFM	Pie Cúbico por Minuto
°C	Grado Centígrado
Cal	Caloría
Clarificac	Clarificación
cm	Centímetro
col / g	Colonia por Gramo
Comb	Combustible
Cond	Condensado
Congelac	Congelación
Contab	Contabilidad
Evaporac	Evaporación
Extrac	Extracción
FE	Factor de Evaporación
°F	Grado Fahrenheit
ft / s	Pie por Segundo
fi / min	Pie por Minuto
ft ²	Pie Cuadrado
ft ³	Pie Cúbico
ft ³ / lb	Pie Cúbico por Libra
ft ³ / lb _a	Pie Cúbico por Libra de Aire
GPH	Galón por Hora
GPM	Galón por Minuto
g	Gramo
g / cc	Gramo por Centímetro Cúbico
g / l	Gramo por Litro
gal	Galón

gal_d	Galones de Diesel Oil
HP	Horse Power
Ha	Hectárea
h	Hora
kcal	Kilocaloría
kcal / h	Kilocaloría por Hora
kcal / kg	Kilocaloría por Kilogramo
kg	Kilogramo
kg / cm²	Kilogramo por Centímetro Cuadrado
kg / cm² / m	Kilogramo por Centímetro Cuadrado por Metro
kg / m³	Kilogramo por Metro Cúbico
kg / h	Kilogramo por Hora
kJ / °C	Kilojoule por Grado Centígrado
km	Kilómetro
kw	Kilovatio
lb	Libra
lb / ft³	Libra por Pie Cúbico
lb_d / gal	Libra de Diesel por Galón
lb / h	Libra por Hora
lb_d / h	Libra de Diesel por Hora
lb_a / lb_d	Libra de Aire Húmedo por Libra de Diesel
lb_g / lb_d	Libra de Gases de Escape por Libra de Diesel
lbf / pulg²	Libra Fuerza por Pulgada Cuadrada
l / min	Litro por Minuto
Máx	Máximo
Mín	Mínimo
Mantenim	Mantenimiento
m	Metro
m³	Metro Cúbico
mg	Miligramo
mi	Mililitro
min	Minuto
mm	Milímetro
NPSH	Carga Neta de Succión Positiva
Pasteuriz	Pasteurización
Pot	Potencia
Produc	Producción
Psi	Libra por Pulgada Cuadrada
Psia	Libra por Pulgada Cuadrada Absoluta
Psig	Libra por Pulgada Cuadrada Manométrica
Psi / m	Libra por Pulgada Cuadrada por Metro
ppm	Partes por Millón
ppm / kg	Partes por Millón por Kilogramo
ppm / h	Partes por Millón por Hora
pulg	Pulgada



Recup	Recuperador
°R	Grado Rankine
Refriger	Refrigeración
Repuest	Repuestos
SG	Gravedad Específica
Satur	Saturación
Sub-estac	Sub-estación
TDH	Cabezal de Presión de Descarga
TDS	Total de Sólidos Disueltos
TM	Tonelada Métrica
TM / H	Tonelada Métrica por Hora
TM / Ha	Tonelada métrica por hectárea
TOT	Total
Temp	Temperatura
Tratam	Tratamiento
UNIT	Unitario
Var	Variedad
Veloc	Velocidad
v_a	Volumen Específico del Aire
w / m °C	Vatio por Metro por Grado Centígrado

SIMBOLOGIA

A	Area
a	Lado de un Cubo
D	Diámetro
H	Altura
L	Longitud
m	Flujo Másico
m_{comb}	Flujo Másico de Combustible
m_g	Flujo Másico de los Gases de Escape
No	Número
P	Presión
$P_{descarga}$	Presión de Descarga
Q_{agua}	Caudal de Agua
q_{aire}	Caudal de Aire
Q_{comb}	Caudal de Combustible
$r_{a/d}$	Relación Aire - Diesel
$r_{g/d}$	Relación Gases de Escape - Diesel
R	Radio, Constante Específica del Aire
S	Entropía
T	Temperatura
T_g	Temperatura Promedio de los Gases de Escape
T_a	Temperatura de Bulbo Seco del Aire
V	Velocidad
V_{agua}	Volumen de Agua
V_{comb}	Volumen de Combustible
$V_{corregida}$	Velocidad Corregida
$V_{sistema}$	Velocidad del Sistema
V_{tanque}	Volumen del Tanque
Δp	Tiro Natural Teórico
η	Eficiencia
π	3.1416
ρ_a	Densidad del Aire
ρ_d	Densidad del Diesel
ρ_g	Densidad de los Gases de Escape

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Exportaciones Ecuatorianas de Concentrado de Maracuyá, 1990 – 2000	14
Figura 2.1. Passiflora Edulis, Variedad Amarilla	18
Figura 2.2. Fruto del Maracuyá	19
Figura 3.1. Diagrama de Flujo Para la Elaboración de Concentrado de Maracuyá	30
Figura 3.2. Plano de Distribución General de una Planta de Concentrado de Maracuyá	31
Figura 4.1. Equipos que Requieren Vapor Para Procesar Concentrado de Maracuyá	37
Figura 4.2. Diagrama Temperatura – Entropía Para el Agua de Alimentación	41
Figura 4.3. Relación de Presión – Capacidad Para Seleccionar el Tipo de Caldera a Usar	47
Figura 4.4. Generador de Vapor	49
Figura 5.1. Tanque de Combustible Para Diesel	65
Figura 5.2. Bomba de Engranajes	68
Figura 5.3. Principio de Atomización por Aire	70
Figura 5.4. Relación % CO ₂ - % Exceso de Aire	73
Figura 5.5. Balance de Masas en el Hogar	74
Figura 5.6. Efecto del Hollín en el Consumo de Combustible	79
Figura 6.1. Bomba Tipo Turbina	87
Figura 6.2. Ablandador de Agua	94
Figura 7.1. Distribución de Tuberías de Vapor y Condensado	100
Figura 7.2. Diagrama Para Dimensionar Tuberías de Vapor	104
Figura 7.3. Diagrama Para Calcular Caídas de Presión en Tuberías de Vapor	105
Figura 7.4. Diagrama Para Dimensionar Tuberías de Condensado	119
Figura 7.5. Diagrama Para Calcular Caídas de Presión en Tuberías de Condensado	120

INDICE DE TABLAS

		Pág
Tabla I	Composición de Vitaminas y Minerales en 100 Gramos de Jugo de Maracuyá	7
Tabla II	Principales Países Consumidores de Concentrado de Maracuyá, Periodo 1990 – 20009
Tabla III	Producción Nacional de Maracuyá, Periodo 1981-1999	10
Tabla IV	Exportaciones Ecuatorianas de Concentrado de Maracuyá, Periodo 1990 – 2000	11
Tabla V	Exportaciones Futuras de Concentrado de Maracuyá	13
Tabla VI	Composición del Fruto del Maracuyá	20
Jabla VII	Requerimientos de Vapor Para Procesar 1 TM / H de Concentrado de Maracuya39
Tabla VIII	Presión de Vapor Para Procesar Concentrado de Maracuyá	40
Tabla IX	Sistemas de Control de Nivel de Agua54
Tabla X	Propiedades del Diesel Oil y Fuel Oil Usados en Ecuador	61
Tabla XI	Diámetro de Tanques de Combustible según su Capacidad64
Tabla XII	Calidad de la Combustión - % CO ₂ en los Humos	72
Tabla XIII	Impurezas Químicas más Comunes en el Agua de Calderas89
Tabla XIV	Características Recomendadas Para el Agua de Generadores de Vapor96
Tabla XV	Dimensiones de las Tuberías de Vapor	110
Tabla XVI	Espesor del Aislante (Lana de Vidrio) para las Tuberías de Vapor y Condensado	113
Tabla XVII	Dimensiones de las Tuberías de Condensado	124
Tabla XVIII	Guía de Selección de Trampas Para Vapor	126
Tabla XIX	Costos de Maquinaria y Equipos	130
Tabla XX	Costos de Mano de Obra	134

INTRODUCCION

El maracuyá **es** una fruta tropical cultivada mundialmente por muchos países, **se** la aprovecha principalmente para jugos o como concentrado para otros **usos**. Posee excelentes posibilidades para su industrialización debido a los **réditos** económicos que se pueden conseguir, especialmente en el Ecuador por las condiciones climáticas favorables.

El concentrado de maracuyá es el producto que resulta al extraerle al jugo de maracuyá el contenido de agua, haciéndolo más espeso, con el propósito de contar con una mayor diversificación en lo que se refiere a su uso y presentación.

La venta del maracuyá en forma de concentrado le ha dado en los últimos **años** a Ecuador la condición de ser el primer exportador mundial de este producto, hecho que ha motivado y obligado a incrementar la producción de **la** fruta a nivel nacional, así como la cantidad y capacidad de las plantas **industriales** encargadas del procesamiento para la exportación.

En estas plantas procesadoras de concentrado de maracuyá se requiere de **energía** térmica para calentar el producto con diversos fines en ciertas etapas del proceso, la misma que es suministrada por el vapor.

Constituyéndose el vapor en un elemento indispensable para la elaboración de concentrado de maracuyá y conscientes de la posición a nivel mundial de nuestro país en este campo, el objetivo de esta Tesis es calcular **el** sistema **de** vapor para una planta mediana de concentrado de maracuyá de tal modo **que** brinde las condiciones más seguras, económicas y de calidad para el procesamiento de la fruta y además, que sirva como una contribución y guía para un mejor desempeño y desarrollo de la industria dedicada a este tipo de actividad.

La capacidad de procesamiento **se** determina de acuerdo **a las** proyecciones futuras de las exportaciones ecuatorianas de concentrado de maracuyá, resultando ser rentable producir cuatro toneladas métricas por hora con una jornada **de** trabajo de doce horas diarias.

A partir de la capacidad de procesamiento de concentrado de maracuyá se establece los requerimientos térmicos del sistema necesarios para que en cada área **del** proceso se cumplan todas las condiciones de temperatura y presión asegurando un producto de alta calidad.

Una **vez** especificados **los** requerimientos térmicos en **el** proceso, se selecciona la maquinaria, equipos y accesorios y se calcula el sistema óptimo **de** vapor y retorno de condensado, **los** cuales van distribuidos de acuerdo al diseño realizado de una planta.

Considerando las ventajas de instalar una planta de concentrado **de maracuyá en la** ciudad de Guayaquil, **se** detalla un análisis **de** costos para **lbrar a cabo** este proyecto en caso de contar con capital económico, siempre y **cuando el** mercado del concentrado de maracuyá no sufra ninguna **recesión.**

CAPITULO I

1. FACTIBILIDAD DE COMERCIALIZACION DEL MARACUYA.

El cultivo del maracuyá se encuentra ampliamente difundido en el mundo, el aprovechamiento de esta fruta en sus diferentes formas en muchos países de todos los continentes, ha hecho que cada año la producción y las exportaciones ecuatorianas vayan incrementándose.

La calidad de la fruta y los bajos costos de producción en nuestro país han ido sacando de competencia a varios países de Sudamérica, especialmente a Brasil y Colombia, colocándose el Ecuador en 1998 como primer vendedor de concentrado de maracuyá. Esto da una idea de la necesidad de fomentar este cultivo, pues ha representado en la última década grandes ingresos económicos para el Litoral ecuatoriano; además, las perspectivas de desarrollo de la industria son alentadoras

debido a que el consumo de la fruta en **los** diferentes países del mundo ha **ido** aumentando.

Actualmente Ecuador es uno de los principales ofertantes de concentrado de maracuyá en el mercado internacional, exportando 26600 toneladas **métricas** de producto en el 2000. De ahí la importancia de un cultivo que aparentemente no tenía relevancia social y económica, pero que en la actualidad es **el** principal sustento económico para cientos de familias, principalmente en Guayas, **Los Ríos** y Manabí, y un rubro de exportación **no** tradicional también de importancia.

1.1. El Cultivo del Maracuyá.

Hablando en forma general, el maracuyá **es** un cultivo que habita principalmente en regiones tropicales, tiene un buen desarrollo en sitios con altitudes comprendidas entre los 400 a 1100 metros sobre el nivel del mar, aunque también se lo puede cultivar a mayores altitudes. La temperatura ideal oscila entre los 21 y 32 °C, aunque por debajo de esta temperatura mínima o por arriba de la máxima, crece bien pero con variaciones en rendimiento por planta, tamaño y calidad de la fruta.

No se aconseja el cultivo en aquellos lugares expuestos a vientos fuertes ya que dificulta el sistema de conducción de la planta y las

flores y frutos verdes se pueden desprender. Las necesidades de agua oscilan entre 800 y 1800 mm anuales, aunque es una planta que tolera la sequía siempre que ésta no sea prolongada.

La planta se adapta a diferentes suelos, pero se desarrolla mejor en terrenos fértiles y profundos, con suficiente materia orgánica, con buen drenaje y **libre de inundaciones o encharcamientos**; *el pH debe estar entre 5.5 y 6.5*, aunque ha presentado buen desarrollo en suelos de salinidad moderada. Se prefiere suelos de topografía plana o de poca inclinación a fin de no dificultar las prácticas de cultivo.

1.2. El Maracuyá y su Aporte Nutritivo en la Alimentación.

El maracuyá aporta significativamente en la alimentación de las personas, se puede consumir como fruta fresca en refrescos, se usa también como base para helados, dulces mezclados con otras frutas como coco, en conservas junto con otras frutas como papaya, ponches, en bizcochos, gelatina, jugo natural y concentrados.

Podemos señalar que el maracuyá de color amarillo y púrpura contienen grandes cantidades de vitamina A, vitamina C, niacina, fósforo, hierro. Entre ello **cabe** destacar su elevada composición en vitamina **A** la cual juega un papel preponderante en la salud

humana y de manera especial durante los años de crecimiento del hombre y en la funcionalidad de los Órganos oculares. Los valores promedios tanto en vitaminas como minerales de un jugo de maracuyá con un pH de 3 y 15°Brix (porcentaje de sólidos solubles en el jugo), se puede apreciar detalladamente en la tabla I.

TABLA I
COMPOSICION DE VITAMINAS Y MINERALES EN 100
GRAMOS DE JUGO DE MARACUYA

CONSTITUCION	VAR. AMARILLA
Valor Energético (cal)	78
Agua (g)	85.0
Azúcar Total (g)	10.0
Proteína (g)	0.8
Grasa (g)	0.6
Fibra (g)	0.2
Calcio (mg)	5.0
Fósforo (mg)	18.0
Hierro (mg)	0.9
Vitamina A (mg)	684.0
Vitamina C (mg)	20.0
Riboflavina (mg)	0.1
Niacina (mg)	2.2

1.3. Agroindustrialización del Maracuyá.

El maracuyá se cultiva en muchos países del mundo y su importancia radica en que posee excelentes posibilidades para su industrialización. En la actualidad la siembra de maracuyá amarilla está en franco proceso de expansión en varios lugares, su cultivo es fácil con grandes posibilidades de éxito, teniendo en cuenta los rendimientos económicos que ofrece.

Como fruta para su empleo en la industria de la transformación, el jugo del maracuyá tiene una gran plasticidad en lo relativo a su uso, bien sea como jugo o como concentrado; las semillas aportan con aceites aprovechables para el consumo humano; la cáscara luego de extraído el jugo y las sustancias gelatinosas puede ser aprovechada por la industria de los alimentos para animales a nivel comercial o de finca, como mezcla componente en la alimentación del ganado bovino y en mezcla como alimentos para cerdos; en países donde existen industrias fabricantes de perfumes, esta fruta representa un buen medio para la extracción de esencias; de sus hojas se obtiene la pasiflorina que es un componente medicinal equilibrador del sistema nervioso.

En el Ecuador, las grandes industrias de alimentos procesan más maracuyá amarilla que maracuyá púrpura, una parte para consumo



interno como fruta fresca y otra parte para exportación en forma de **jugos** y concentrados. Actualmente existen alrededor de 35 000 Ha cultivadas a nivel nacional con una producción anual de 375 000 TM.

La mayoría de esta producción es exportada por varias empresas a diferentes partes del mundo como concentrado. En la tabla II se muestra los países que más consumen concentrado de maracuyá elaborado en Ecuador para un periodo de diez años. En el apéndice A se presenta para el mismo periodo los países que consumen el producto pero en menor proporción.

TABLA II
PRINCIPALES PAISES CONSUMIDORES DE CONCENTRADO
DE MARACUYA, PERIODO 1990 - 2000

PAIS	CONSUMO (TM)	VALOR (US\$)
HOLANDA (P. BAJOS)	74 329.08	129 575 040
ESTADOS UNIDOS	11 259.97	28 344 950
BRASIL	2005.98	6 625 430
ALEMANIA, R. FED.	931.98	1 851 340
PUERTO RICO	823.11	1578 630
FRANCIA	623.89	709 170

1.4. Estadística de Producción de Maracuyá.

A pesar de ser el maracuyá una planta que se cultiva principalmente en lugares tropicales, en los últimos años se ha registrado su producción en todas las cuatro Regiones del Ecuador, siendo sin lugar a duda el Litoral el sector de mayor producción. En la tabla III se presenta datos estadísticos de producciones ecuatorianas de maracuyá para el periodo 1981 - 1999.

TABLA III
PRODUCCION NACIONAL DE MARACUYA, PERIODO
1981 – 1999

AÑO	PRODUC. (TM)	AÑO	PRODUC. (TM)
1981	1307	1990	29 433
1982	4893	1991	31 218
1983	7441	1994	20 179
1984	19 516	1995	18 192
1985	22 682	1996	34 904
1986	20 887	1997	70 890
1987	23 309	1998	91 820
1988	20 948	1999	373 436
1989	21 636		

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

El Litoral ecuatoriano contribuye con aproximadamente el 95 % de la producción nacional, siendo las principales zonas productoras en Guayas: El Empalme, Balzar, Yaguachi y Naranjito; en Los Ríos: Ventanas, Catarama, Quevedo, Buena Fe, Patricia Pilar y sus alrededores; en Manabí: San Vicente, San Isidro, Canoa, Diez de Agosto, Chone y El Carmen.

De la producción nacional de maracuyá tabulada anteriormente, una parte se consume en el mercado local como fruta fresca y el resto se procesa para el extranjero. En la tabla IV se presenta estadísticas de exportaciones ecuatorianas de concentrado de maracuyá

TABLA IV
EXPORTACIONES ECUATORIANAS DE CONCENTRADO DE
MARACUYA, PERIODO 1990 - 2000

ANO	EXPORTACION (TM)	AÑO	EXPORTACION (TM)
1990	903	1996	8008
1991	928	1997	15 474
1992	2903	1998	10 741
1994	443	1999	22 135
1995	5293	2000	26 600

1.5. Proyecciones Futuras.

Según los datos estadísticos de la tabla **IV**, para el periodo comprendido entre 1990 y 2000, las exportaciones ecuatorianas anuales de concentrado de maracuyá presentan una tendencia prácticamente creciente, lo cual es un indicador de la existencia de mercado por abastecer. Ahora, para poder predecir las exportaciones futuras a partir de 2001 es necesario basarse en ecuaciones matemáticas; para ello, se debe trazar una curva de regresión de cantidad exportada versus años, que mejor se ajuste a dichos datos.

El objetivo fundamental del trazado de la curva de regresión es encontrar una ecuación matemática que represente a dicha curva y con la cual se pueda estimar las exportaciones para años o periodos posteriores, asumiendo que permanecen inalterables todos los factores que ejercen influencia sobre las exportaciones del producto.

Graficando los datos de la tabla **IV**, se puede observar que éstos tienden a ajustarse a una función exponencial de la forma $y = a e^{b x}$. Las constantes a y b pueden ser determinadas mediante técnicas de ajuste de curvas, siendo: $a = 444.46$, $b = 0.4259$. Entonces, la ecuación de regresión que va a permitir predecir las exportaciones de concentrado en los próximos años queda de la siguiente manera:

$$y = 444.46 e^{0.4259 x} \dots\dots\dots (1.1)$$

Donde:

y : Exportaciones (**TM**).

x : **Años** (x = 1 para 1990, x = 2 para 1991, y así sucesivamente)

En la figura 1.1 se presenta el gráfico que genera ésta ecuación de regresión. Extrapolando ya sea directamente de la curva o con la ecuación, se puede estimar las exportaciones futuras de concentrado de maracuyá para varios **años**, éstas **se** muestran en la tabla V:

TABLA V
EXPORTACIONES FUTURAS DE CONCENTRADO DE
MARACUYA

AÑO	EXPORTACION (TM)
2001	48 135
2002	73 693
2003	112 821
2004	172 726
2005	264 438

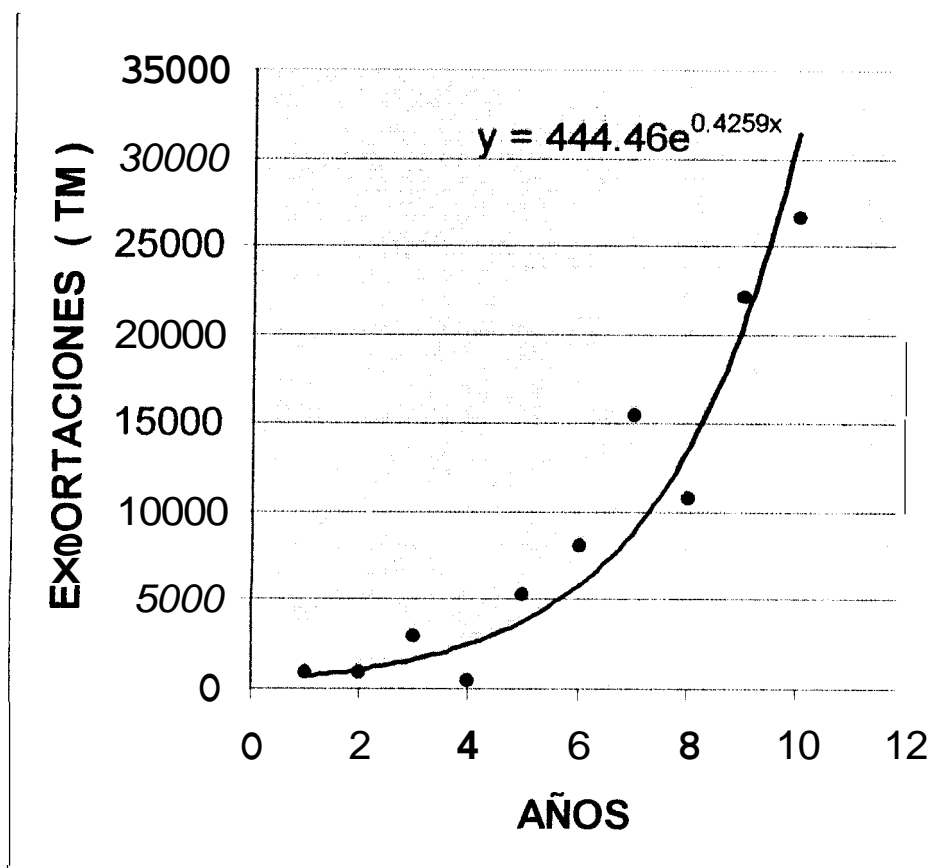


FIGURA 1.1. EXPORTACIONES ECUATORIANAS DE CONCENTRADO DE MARACUYA, 1990 - 2000

Para esta Tesis, de acuerdo a las exportaciones futuras y por cuestión de rentabilidad, los cálculos de todo el sistema de vapor necesario para procesar concentrado de maracuyá se harán considerando la instalación de una planta mediana con una capacidad de procesamiento de 4 toneladas métricas por hora. Estimando una jornada de trabajo de 12 horas diarias, ésta planta estará en capacidad de producir 48 toneladas métricas de producto

por día. Si se considera que se trabaja de lunes a viernes, es decir, cinco días por semana (260 días al año), se producirá 12480 toneladas métricas por año.

Según la tabla V, se ha pronosticado que el mercado extranjero demandará a Ecuador 48135 TM de concentrado de maracuya para el año 2001, con una tendencia creciente para años posteriores. Esto quiere decir que las 12 480 TM de concentrado de maracuyá que produciría la planta por año sí tendrían mercado.

Para producir una tonelada métrica de concentrado de maracuya de 50 °Brix se requiere aproximadamente 12 toneladas métricas de fruta fresca; por lo tanto, para elaborar 12480 TM por año de concentrado de maracuyá se va a requerir 149 760 TM de fruta. Esta cantidad de materia prima puede ser comprada en el mercado local ya que la producción nacional de maracuyá está actualmente por las 375 000 TM, con una tendencia creciente.

En caso de que la demanda mundial de concentrado de maracuyá aumente significativamente, se puede duplicar la producción mediante la implantación de dos turnos de trabajo para que laboren todo el día.

CAPITULO II

2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL MARACUYA.

El maracuyá es una fruta tropical que también se la conoce con los nombres de passion fruit, lilikoi, poka, parchita, etc, pertenece al grupo de la familia pasiflorácea la cual se compone de más de 40 especies. En el Ecuador se conoce dos tipos de maracuyá, la *passiflora edulis flavicarpa* conocida también como maracuyá amarilla y, la *passiflora edulis Sims* conocida como maracuyá púrpura.

Investigadores de muchas universidades afirman que el maracuyá púrpura es de origen australiano, sin embargo, otros la tienen como originaria de los trópicos de América desde donde fue a Australia vía las Islas del Pacífico, por los comienzos de la década de los años 20. El Brasil es quizás uno de los países del trópico en donde tiene mayor

difusión el cultivo del maracuyá amarilla y púrpura, desde donde se introdujo a sus países limítrofes como Venezuela, Perú, Ecuador, Colombia y hacia el Sur de Estados Unidos en la Florida. En el Africa del Este, en Kenia, en el sur del mismo continente y en Australia se explota fundamentalmente maracuyá púrpura, al igual que en el Continente Indio y las islas japonesas y otras del Pacífico Sur.

2.1. Características de la Planta.

La planta de maracuyá es una trepadora perenne, de raíz superficial ramificada, de tallo cilíndrico de mucha fortaleza, de coloración verde claro a oscuro según la edad de la planta, con zarcillos axilares enrollados en forma de resorte que se extienden cerca de 45 cm de largo y que le sirven para fijarse de los demás árboles o armazones construidos cuando se la cultiva comercialmente.

Las hojas son de color verde intenso brillante, formada por tres lóbulos, con bordes finamente cerrados; en la etapa joven la hoja de la planta es unilobular y en su base se encuentran los zarcillos. Las flores son de color blanco y se caracterizan por tener cierta fragancia y por ser hermafroditas, con un diámetro de unos 5 a 6 cm, nacen individualmente en las axilas de las hojas provenientes de ramas nuevas y se abren a diferentes horas del día; lo cual hace que algunas de ellas no sean fecundadas, por lo que se caen. En la

figura 2.1 se puede apreciar algunas características propias de este tipo de planta.

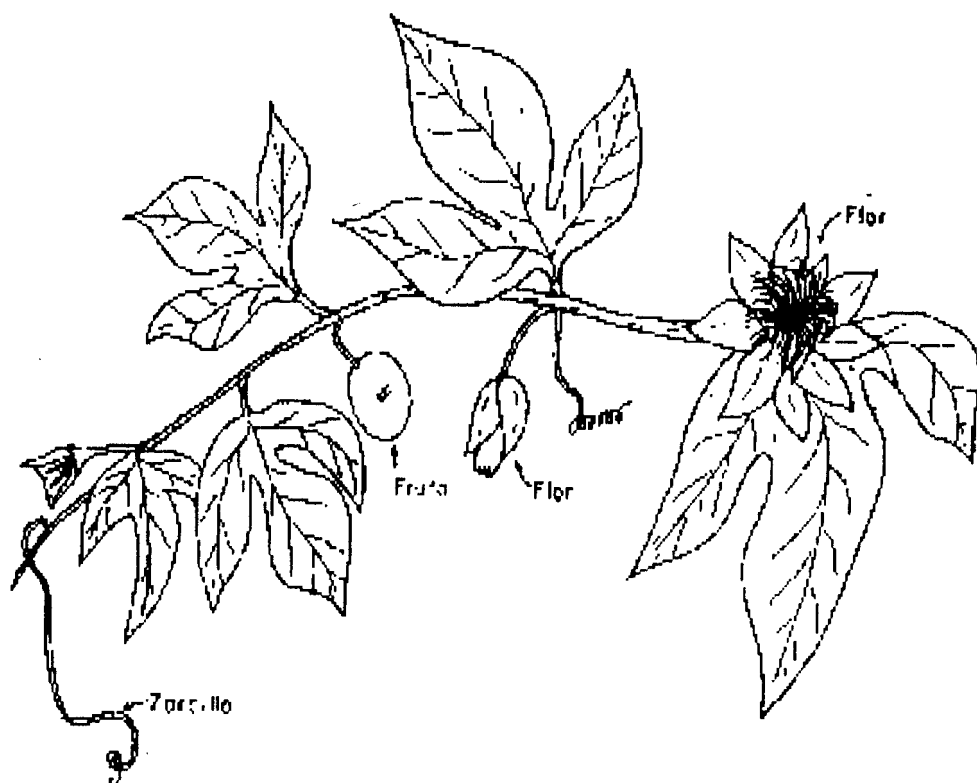


FIGURA 2.1. PASSIFLORA EDULIS, VARIEDAD AMARILLA

2.2. Características del Fruto.

Los frutos del maracuyá presentan ciertas variaciones que dependen del lugar de siembra, época de maduración y condiciones genéticas de la planta. Son bayas cuya forma varía de esférica a ovalada, de 6 a 9 cm de longitud y de 5 a 8 cm de diámetro, el color de la variedad flavicarpa es verde al inicio y posteriormente amarillo

cuando está maduro; la cáscara es delgada, brillante, lisa y fuerte, posee una capa interna de color blanco.

Tiene numerosas semillas en su interior, entre 100 y 200, de color marrón y planas, de aproximadamente 6 mm de longitud, cada una de ellas está rodeada por una membrana, llamada arilo, que contiene un jugo de color amarillo sumamente aromático. En la figura 2.2 se puede apreciar con detalle cada una de las partes del fruto.

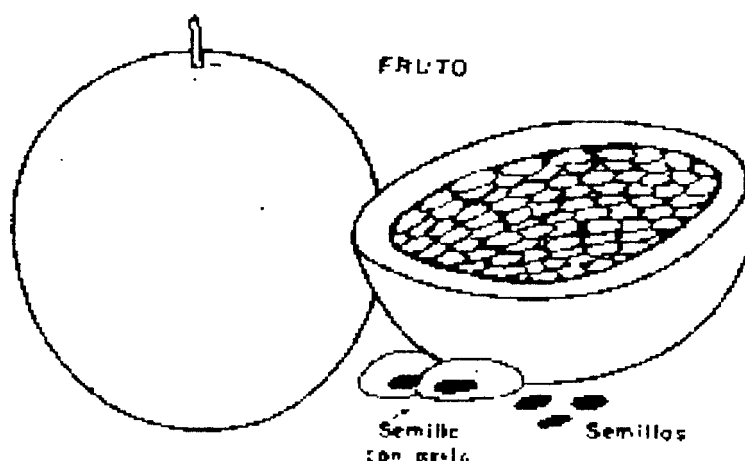


FIGURA 2.2. FRUTO DEL MARACUYA

El peso del fruto oscila entre los 60 y 120 gramos aproximadamente; sin embargo, plantaciones manejadas agronómicamente con eficiencia, pueden producir frutos con un peso de hasta 145 gramos.

Al madurar se desprende fácilmente y al llegar a su máxima maduración adquieren forma muy arrugada. La variedad amarilla produce mayor cantidad de jugo que la variedad púrpura.

Experiencias realizadas en los diversos lugares donde se cultiva el maracuyá, han permitido determinar variaciones en porcentaje del peso de cada componente o parte del fruto sobre el peso total del mismo, lo cual se indica en la tabla VI.

TABLA VI
COMPOSICION DEL FRUTO DEL MARACUYA.

PARTE DEL FRUTO	VAR. AMARILLA(%)
Cáscara	32 - 43
Semilla	4 - 10
Jugo + Pulpa	47 - 56
Jugo	33 - 42

2.3. Producción de la Planta.

La producción o rendimiento de la planta de maracuyá es muy variable y está en función del clima, suelo, cuidados culturales y variedad usada. Se estima que la vida económicamente productiva

de la planta esta entre 3 y 5 años; a partir de allí la planta baja notablemente la producción, lo que obliga a reponer el cultivo. El rendimiento en el primer año es un poco menor que en el segundo, tercer y cuarto año; en el quinto decrece debido a la poda y renovación.

En suelos fértiles de clima cálido puede llegar a producir de 25 a 30 **TM / Ha** por año, y en condiciones desventajosas de clima y cuidado de la plantación puede reducirse a 6 **TM / Ha** por año. Otro factor que se debe tomar en cuenta en el rendimiento es la edad de la planta; un buen rendimiento para plantas de dos años de edad esta por el orden de las 10 **TM / Ha** por año, y el número de frutos por planta puede variar de 100 hasta 500.

Para el caso del Ecuador se estima que el valor promedio de producción de maracuyá es de 10 a 15 **TM / Ha** por año, aunque una plantación bien manejada puede producir de 35 a 40 **TM / Ha** por año.

2.4. La Cosecha y Recolección.

La planta de maracuyá produce su primera cosecha antes del año en aquellas zonas del trópico, generalmente entre el noveno y décimo primer mes después de ser sembrada. El periodo de mayor

cosecha varía según el lugar, régimen de riego y la época de transplante. En la Costa abarca casi todo el año, con solamente de dos a tres meses de ausencia de producción en la época invernal.

La cosecha debe hacerse por lo menos dos veces a la semana en la época seca y con mayor frecuencia en la época lluviosa, pues los frutos no deben quedar mucho tiempo en el suelo porque comienzan a pudrirse.

Si el destino que se le va a dar al fruto es para consumo inmediato se prefiere coleccionar los que han caído de la planta. No es aconsejable cosechar las frutas verdes ni pintonas para que maduren posteriormente debido a que toman un sabor desagradable; sin embargo, aquellos frutos que van a ser transportados a distancias mayores de 500 km, por vía terrestre, deben cosecharse antes de que logren su maduración total, pues ello le permite una mayor resistencia al transporte.

Debe observarse también que los frutos pierden peso inmediatamente y se arrugan por deshidratación en un periodo de 7 a 10 días luego de desprendido de la planta y a temperatura ambiente. La recolección de los frutos se la hace manualmente, tomando solo los de color amarillo y colocándolos cuidadosamente

en cajas, gavetas, canastas o sacos, de tal manera que no sufran daños.

2.5. El Almacenamiento.

Luego de que los frutos han sido cosechados y recolectados, se almacenan en distintas partes del sembrío a fin de llevarlos más fácilmente al sitio de embarque definitivo. En zonas calurosas y húmedas deben almacenarse en sitios ventilados para evitar la proliferación de enfermedades en el almacén.

Para almacenamientos prolongados se requiere el uso de refrigeración. Las mejores condiciones de almacenamiento **se** logran a una temperatura de 6.5 °C y a una humedad relativa que puede fluctuar de 85 a 90 %; a éstas condiciones se puede conservar la variedad amarilla de tres a cuatro semanas con pérdidas de peso por respiración inferiores al 25 %, en tanto que la variedad púrpura puede ser almacenada de cuatro a cinco semanas.

A temperaturas inferiores a 6.5 °C, se observa daño por frío en forma de una coloración rojo sangre seguido por ataque de hongos; a temperaturas superiores no solo **se** acelera la pérdida de peso, sino que, además, la pulpa **se** fermenta, se pierde sabor, valor nutritivo y el ataque por hongos **es más** pronunciado.

CAPITULO III

3. PROCESAMIENTO DEL MARACUYA A NIVEL INDUSTRIAL.

La industria juega un papel importante en la transformación de materias primas, especialmente aquellas de origen agropecuario tales como el maracuyá, de tal modo de obtener mejores productos alimenticios y subproductos útiles a la humanidad. El procesamiento de frutas tiene como objetivo la mejor conservación de las mismas así como una mayor diversificación en lo que se refiere a su presentación.

Para lograr un mejor aprovechamiento a largo plazo del maracuyá ya que es una fuente importante de vitaminas para el hombre, es necesario transformarla empleando el método de conservación denominado concentración. Este método consiste básicamente en cambiar la materia prima reduciendo el contenido de agua del jugo para hacerlo más espeso,

de tal forma que mantenga sus características iniciales y los organismos putrefactores y las reacciones químicas no puedan desarrollarse.

3.1. Descripción del Proceso de Producción.

Para elaborar concentrado de maracuyá a nivel industrial es necesario someter a la fruta a una serie de procesos continuos y secuenciales, los cuales comprenden desde la misma transportación y selección de la fruta hasta la obtención y conservación del producto terminado. A continuación se detalla cada uno de los procesos involucrados en la elaboración de concentrado de maracuyá.

3.1.1. Manipuleo de la Fruta del Campo a la Industria.

A los frutos del maracuyá deben **dársele** un manejo cuidadoso debido a que son muy delicados. Son transportados comúnmente **al** granel en camiones o en contenedores, aunque también se lo puede hacer en sacos de polietileno o en cajones, siendo éste último el más aconsejable ya que le brinda a la fruta mayor protección durante el manipuleo y transporte.

Al llegar la fruta a la planta procesadora, ésta es pesada. **Si** la fruta está bien madura, se la deposita en canastillas metálicas para que sean rápidamente procesadas; caso contrario, se la

descarga en una tolva donde puede permanecer de tres a cuatro semanas a una temperatura de 6.5 °C, con poca pérdida de peso por deshidratación.

3.1.2. Selección y Clasificación de la Fruta.

La fruta que va a ser procesada es sometida a dos etapas de lavado con agua antes de ser seleccionada. La primera etapa consiste en sumergir la fruta en un tanque de remojo acompañado de una constante agitación con la finalidad de facilitar el desprendimiento de lodos e impurezas adheridas a la cáscara.

Finalizada la primera etapa, se lleva la fruta por medio de un transportador de rodillos a la segunda etapa de lavado, la cual consiste en hacer pasar el maracuyá por una cepilladora con duchas internas de agua a presión, con la finalidad de remover cualquier residuo que no se haya podido eliminar en la primera etapa.

La fruta que sale limpia de la sección de lavado a través de una banda transportadora, pasa a ser seleccionada y clasificada manualmente retirando aquella que está verde, sobremadura, defectuosa, pequeña o con mohos.



3.1.3. Extracción y Separación de Semillas.

La fruta seleccionada es llevada por un transportador de canguilones a una extractora para obtener el jugo. La fruta es comprimida, destruyendo su estructura, para luego separar por medio de un tamiz el jugo y semillas de la cáscara la cual cae hacia los lados y es transportada con un tornillo sin fin hacia una tolva recolectora.

El jugo y las semillas pasan al pulpeador que tiene un eje central, en un cilindro horizontal, provisto de cepillos de cerdas de plástico que giran y presionan la mezcla hacia un tamiz, separando las semillas y residuos de cáscara del jugo el cual es recogido en un tanque ubicado debajo del pulpeador.

El jugo obtenido es bombeado para ser sometido a un proceso de clarificación, el cual consiste en hacerlo pasar por una centrífuga, separando así el exceso de pulpa y residuos de semillas. El jugo es depositado luego en un tanque.

3.1.4. Preservación del Jugo.

Para mantener el jugo extraído en buenas condiciones, es esencial su preservación contra los microorganismos. Para ello se somete a un tratamiento térmico denominado pasteurización,

que consiste en calentar el jugo hasta aproximadamente 85 °C con unos pocos segundos de retención, seguido de un enfriamiento a 40 °C. El jugo es colocado luego en un tanque.

3.1.5. Concentración y Refinación.

Realizada la preservación del jugo, se procede luego a concentrarlo, es decir, a reducir el contenido de agua para hacerlo más espeso, pasando el producto de 15 a 50 ° Brix. La concentración se realiza mediante una evaporación al vacío, calentando el jugo desde 40 °C hasta una temperatura que puede fluctuar entre 55 y 60 °C, sin sobrepasar este último valor con la finalidad de no quemar el producto y no alterar así el sabor y color del mismo.

Durante la concentración, el vapor de agua liberado arrastra compuestos volátiles característicos del aroma y sabor del jugo. Los vapores desprendidos pasan a través de una columna de destilación para recuperarlos e integrarlos al jugo concentrado, el cual es enfriado hasta 5 °C para luego ser envasado.

3.1.6. Envasado y Congelación.

El concentrado que permanece a una temperatura de 5 °C, es envasado en tambores metálicos de 55 galones de capacidad,

los cuales tienen en su interior doble funda de polietileno que son cerradas con amarras metálicas, lográndose con esto mantener su aroma, color y sabor durante cinco semanas aproximadamente. La cantidad de concentrado de maracuyá que contiene cada tambor es de 230 kilogramos. Los tambores y fundas utilizadas son de tipo y tamaño normalizado (apéndice **B**).

Después del envasado, los tambores se colocan en cámaras de congelación a $- 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ para bloquear la actividad enzimática y el desarrollo de los microorganismos. Las bajas temperaturas favorecen la conservación del concentrado durante el almacenamiento, por lo que el producto puede ser apto para el consumo hasta después de dos años.

3.2. Diagrama de Flujo del Proceso.

Debido a que el concentrado de maracuyá ha logrado una importante posición en la industria de alimentos, es preciso que el proceso tecnológico de producción sea lo mas simple posible y ofrezca las mejores garantías de conservación de las características organolépticas y bioalimentarias del jugo natural. Para aquello, la materia prima debe pasar por varias etapas secuenciales debidamente controladas, las cuales se resumen en la figura 3.1.

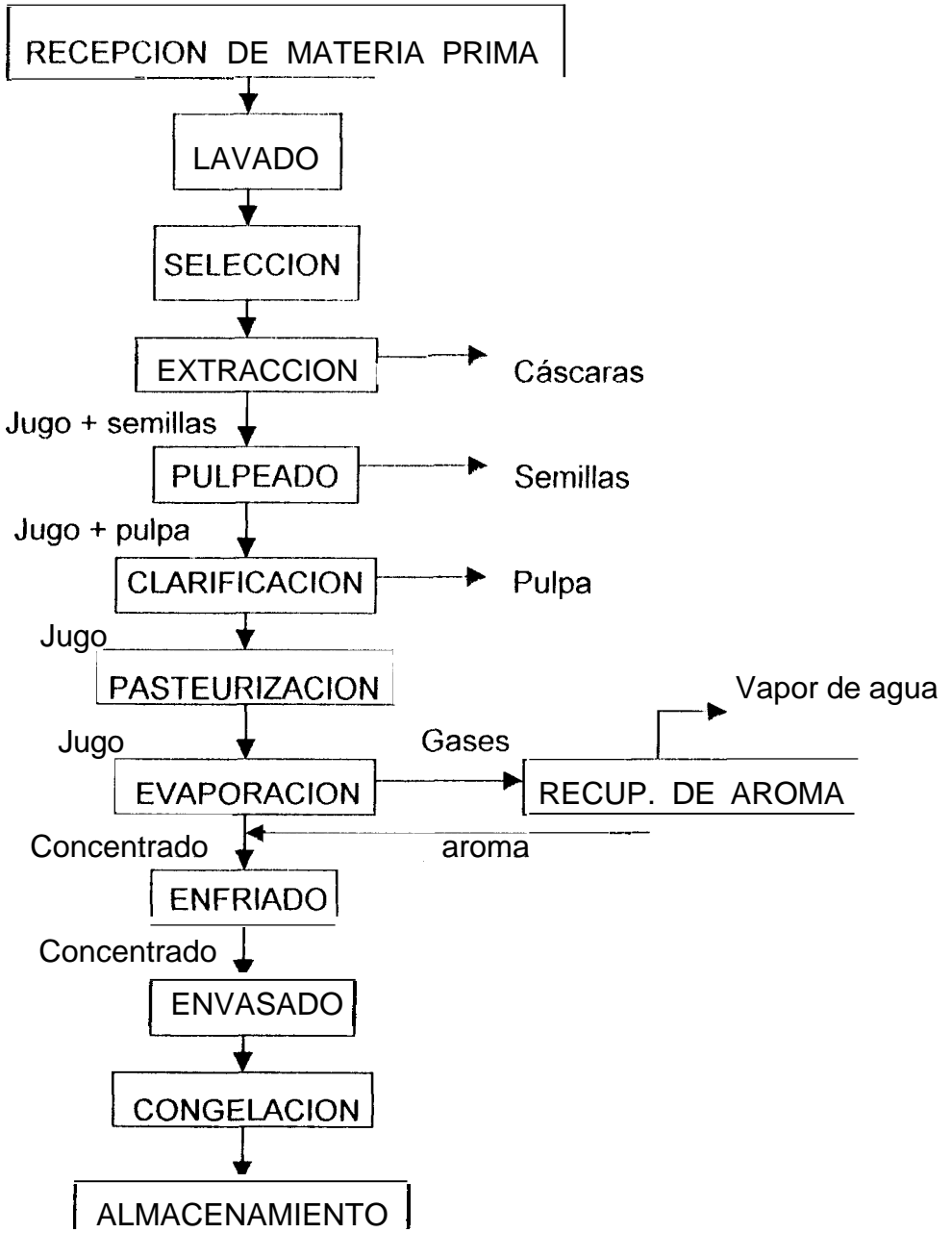


FIGURA 3.1. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ELABORACION DE CONCENTRADO DE MARACUYA.

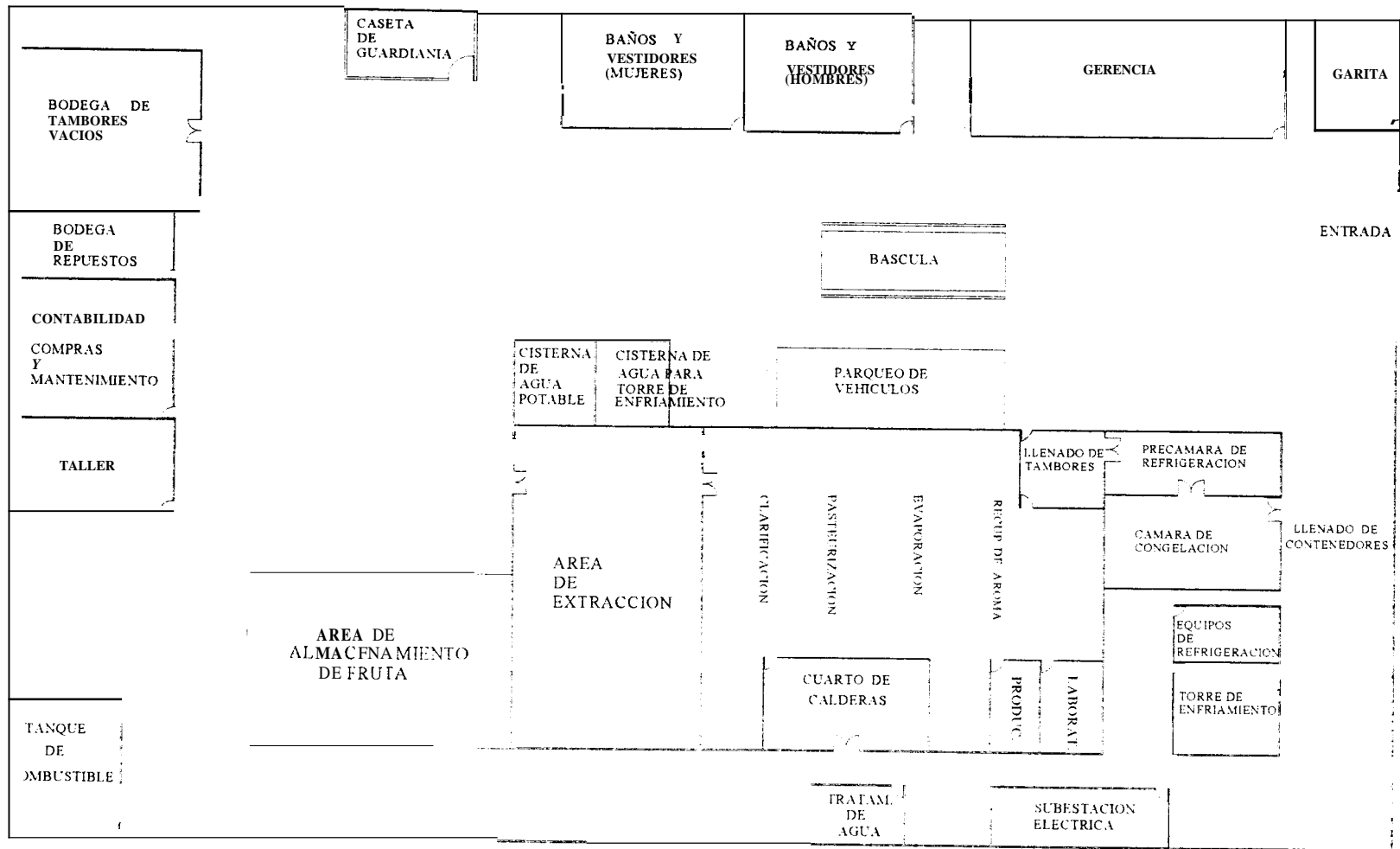


FIGURA 3.2. PLANO DE DISTRIBUCION GENERAL DE UNA PLANTA DE CONCENTRADO DE MARACUYA

En la figura 3.2 se muestra un plano de distribución de una planta procesadora de concentrado de maracuyá donde se indica la ubicación que le corresponde a cada maquinaria, equipo, oficinas y demás servicios.

3.3. Control de Calidad del Producto.

Para detectar defectos que puedan comprometer la calidad del producto es necesario efectuar controles tanto al envase como al contenido. Además, es importante controlar todas las etapas de producción, para ello se debe cumplir con ciertos parámetros de calidad para la elaboración de concentrado de maracuyá (apéndice C).

Para realizar un buen control del producto, se deben hacer varios análisis físicos y químicos, los cuales se detallan a continuación:

Determinación del Porcentaje de Fruta Defectuosa: El método se basa en la inspección visual de una muestra, separando en forma manual las frutas defectuosas para luego determinar el porcentaje mediante la relación entre el peso de la fruta mala y el peso de la muestra multiplicado por cien.

Determinación del Porcentaje de Rendimiento: El método consiste en determinar la cantidad de jugo que puede extraerse de una cantidad dada de fruta, el porcentaje se determina mediante la relación entre el peso del jugo obtenido y el peso de la muestra multiplicado por cien.

Determinación de pH: Es la medición con un potenciómetro del grado de acidez de una muestra, mediante el uso de un electrodo sensible a la concentración molar de iones hidrógeno presentes. La muestra tiene que estar a 20 °C.

Determinación del Porcentaje de Pulpa: Se basa en la aplicación de una fuerza centrífuga, por un tiempo determinado, para la separación de los sólidos presentes en una muestra, usando tubos cónicos graduados. El porcentaje se determina mediante la relación entre la cantidad de sólidos presentes y la cantidad de muestra multiplicado por cien.

Determinación de Presencia de Partículas Negras: Se basa en la separación, por filtración, de las partículas negras presentes en una muestra luego de diluirla. En ningún caso debe existir estas partículas.

Determinación de la Acidez: La acidez es el número de miligramos de hidróxido de sodio, necesario para neutralizar los ácidos libres presentes en una muestra. La acidez es expresada en porcentaje de ácido cítrico, ácido que mayormente está presente en la muestra. La fórmula que se utiliza tanto para jugo como para concentrado es la siguiente:

$$\% \text{ ácido cítrico} = (C \times N \times m_{eq} / \text{ peso de muestra}) \times 100 \dots\dots\dots (3.1)$$

Donde:

C: Volumen de NaOH consumido (ml).

N: Normalidad del NaOH (0.25).

m_{eq} : Miliequivalente del ácido cítrico (0.064).

Determinación de Sólidos Solubles (°Brix): El método consiste en medir el porcentaje de sólidos solubles mediante la lectura en una escala directa, haciendo uso de la refracción de la luz en un prisma refractométrico. La muestra tiene que estar a 20 °C.

Determinación de la Densidad: Se basa en la determinación del peso de cada unidad de volumen de muestra a 20 °C, es efectuado como un parámetro de calidad. Se expresa en g / cc.

Examen Organoléptico: Se determinan las características organolépticas como sabor, aroma, apariencia y color por medio de los sentidos. Se realiza la evaluación sensorial del producto con el siguiente procedimiento: Instruir a panelistas, preparar cuestionario, tomar muestras, degustación y evaluación de resultados del cuestionario. Para realizar el análisis organoléptico se sigue normas alemanas, las cuales se detallan en el apéndice D y E.

CAPITULO IV

4. SELECCION DEL GENERADOR DE VAPOR.

El generador de vapor, comúnmente llamado caldera, es una máquina importante e indispensable en el proceso de obtención de concentrado de maracuyá; por tal motivo, es necesario hacer primero un riguroso análisis de los diferentes factores que se deben considerar para efectuar una correcta selección del mismo.

Lo primero que debe tomarse en cuenta para determinar la capacidad del generador de vapor es precisamente la demanda de vapor existente en el proceso, teniendo presente que la selección de un generador de vapor con capacidad excesiva con respecto a la demanda resultaría **antieconómica**; así mismo, si la capacidad del generador de vapor es menor que la requerida, nunca se llegaría a cubrir la demanda y por lo tanto serviría solamente de una forma parcial.

Otro factor importante que hay que considerar es la presión de vapor que se requiere en el proceso térmico en donde se va a utilizar el generador de vapor. Además, la selección del generador de vapor debe ser tal que éste funcione y preste el servicio de manera eficiente.

4.1. Balance Térmico.

El balance térmico se refiere a la determinación de las cargas caloríficas existentes en el proceso, expresadas en unidades de potencia (kcal / h o caballos caldera, C.C.) o en cantidad de vapor (kg / h o lb / h). En la elaboración de concentrado de maracuyá existen tres equipos térmicos en el proceso que requieren de vapor para su operación; estos son: a) el pasteurizador, b) el evaporador; y c) el recuperador de aroma, figura 4.1

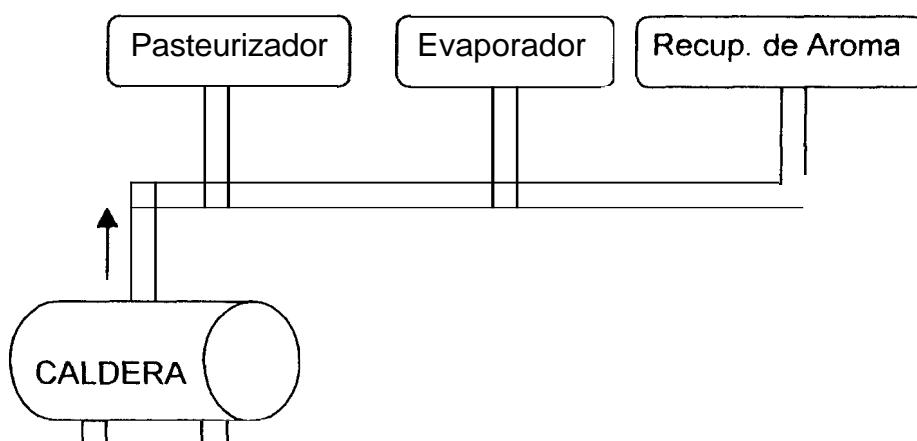


FIGURA 4.1. EQUIPOS QUE REQUIEREN VAPOR PARA PROCESAR CONCENTRADO DE MARACUYA

Las pérdidas de energía por radiación y convección natural de éstos equipos son difíciles de determinar, pero, como regla general puede estimarse que éstas son del 10 % de la carga térmica de cada equipo cuando éstos se encuentran aislados correctamente y, del 20 % cuando éstos no poseen ningún aislamiento térmico.

Como en toda industria se tiene por objetivo operar con bajos costos operativos, su principal interés es ahorrar dinero evitando pérdidas de energía innecesarias en los equipos; por lo tanto, se va a considerar que éstos se encuentran aislados correctamente y que las pérdidas de calor por radiación y convección serán del 10 % de la carga térmica que demande.

4.2. Consumo de Vapor en el Procesamiento del Maracuyá.

El vapor requerido para elaborar concentrado de maracuyá es utilizado en varias etapas del proceso exclusivamente para fines de calentamiento indirecto.

En la tabla VII se presentan los requerimientos de vapor por equipo para procesar una tonelada métrica de concentrado de maracuyá por hora:

TABLA VII
REQUERIMIENTOS DE VAPOR PARA PROCESAR 1 TM / H
DE CONCENTRADO DE MARACUYA

EQUIPO	DEMANDA DE VAPOR
Pasteurizador	6.5 C.C.
Evaporador	3.0 C.C.
Recuperador de aroma	0.9 C.C.
TOTAL	10.4 C.C.

Como la planta que se está considerando tendrá una capacidad de procesamiento de concentrado de maracuyá de 4 TM / H, se tiene:

$$\text{Demanda de vapor} = (4 \text{ TM / H}) [10.4 \text{ C.C.} / (\text{TM / H})]$$

$$\text{Demanda de vapor} = 41.6 \text{ C.C.}$$

Estimando pérdidas de energía por radiación y convección natural en un 10% de la carga térmica de cada uno de los equipos, resulta:

$$\text{Demanda de vapor} = 1.1 (41.6 \text{ C.C.})$$

$$\text{Demanda de vapor} = 46 \text{ C.C.}$$

4.3. Presión de Trabajo del Generador de Vapor.

Los generadores de vapor son recipientes cerrados y a medida que se va generando más vapor dentro de este recipiente, más espacio se necesita, por lo que tiene que comprimirse. Por este motivo, el vapor se expande en todas las direcciones ejerciendo presión sobre las paredes del generador y sobre la superficie del agua, conociéndose esta presión como presión de vapor o de trabajo.

La presión de trabajo a la cual debe operar un generador de vapor depende de la aplicación industrial. Para el procesamiento de concentrado de maracuyá, la presión absoluta y temperatura de saturación del vapor recomendada en cada punto de consumo se muestra en la tabla VIII.

TABLA VIII
PRESION DE VAPOR PARA PROCESAR
CONCENTRADO DE MARACUYA

EQUIPO	PRESION	TEMP. SATUR.
Pasteurizador	$P = 9.47 \text{ kg / cm}^2$	$T = 176.7 \text{ }^\circ\text{C}$
Evaporador	$P = 6.13 \text{ kg / cm}^2$	$T = 158.9 \text{ }^\circ\text{C}$
Recuperador de aroma	$P = 3.07 \text{ kg / cm}^2$	$T = 133.9 \text{ }^\circ\text{C}$

Si se desprecian las pérdidas de presión en la tubería de vapor y accesorios, el generador de vapor debe ser capaz de desarrollar una presión absoluta mínima de 9.47 kg/cm^2 , es decir, 120 Psig.

Por otro lado, un caballo caldera se define como la producción de 15.65 kg/h de vapor saturado a 100°C utilizando agua de alimentación a 100°C . Como el agua de alimentación ingresa a la caldera a una presión ligeramente mayor que la presión de operación, 11.57 kg/cm^2 (164.7 Psia), a una temperatura aproximadamente de 80°C (punto A de la figura 4.2), menor que la temperatura de saturación correspondiente a la presión de operación, se va a necesitar de calor adicional (calor sensible) para calentar el agua hasta obtener líquido saturado (punto B).

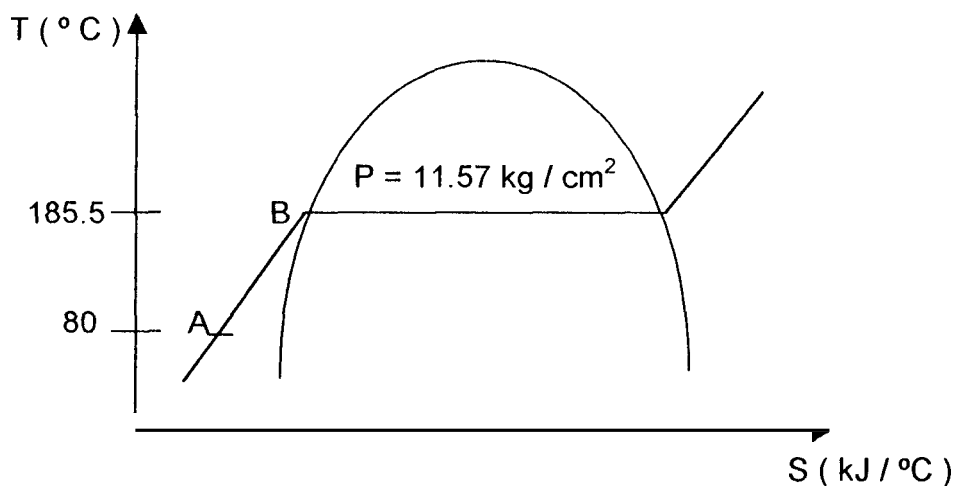


FIGURA 4.2. DIAGRAMA TEMPERATURA - ENTROPIA PARA EL AGUA DE ALIMENTACION

Este calor adicional es calculado por medio de tablas (apéndice F) en donde se involucra un factor de evaporación, FE, que depende de las condiciones de presión de operación del caldero y temperatura del agua de alimentación; para nuestro caso, 150 Psig y 80 °C. El factor de evaporación se define como:

$$FE = \text{Evaporación nominal} / \text{Evaporación real} \dots\dots\dots (4.1)$$

La evaporación real se refiere a la demanda de vapor en todos los puntos de consumo en el proceso, éste valor ya fue calculado anteriormente y es 46 C.C. Con 80 °C y 150 Psig se obtiene del apéndice F un factor de evaporación de 1.083.

Por lo tanto, de la ecuación anterior, la evaporación o capacidad nominal del generador de vapor deberá ser de:

$$\text{Capacidad nominal} = (46 \text{ C.C. }) (1.083)$$

$$\text{Capacidad nominal} = 50 \text{ C.C.}$$

Es decir, el generador de vapor a elegirse deberá ser capaz de transferirle 50 C.C (490.45 kw) al agua de alimentación que entre a 80 °C.

4.4. Factores de Selección de Generadores de Vapor.

Además de la capacidad y de la presión de trabajo, los factores que se consideran para seleccionar un generador de vapor son:

- Agua de alimentación disponible.
- Tiempo de operación diaria del generador de vapor
- Tipo de caldera a usar.
- Número de unidades.
- Tipo de combustible a usar.
- Espacio disponible.
- Disponibilidad de energía eléctrica.

4.5. Clasificación de los Generadores de Vapor.

Al hacer la clasificación de los generadores de vapor, se trata de establecer las principales características distintivas de los diversos tipos de instalaciones que se necesitan para obtener vapor. De esta forma, se puede clasificar a los generadores de vapor bajo las siguientes bases:

- a) Por la posición de las calderas.
 - Verticales.
 - Horizontales.

- b) Por el número de pasos o retornos.
- Un paso'.
 - Dos pasos.
 - Tres pasos.
 - Cuatro pasos.
- c) Por la situación relativa de los espacios de combustión y agua
- Calderas de tubos de agua (Acuaturbulares).
 - Calderas de tubos de fuego (Piroaturbulares).
- d) Por la disponibilidad de los tubos.
- Sin tubos.
 - Con tubos.
- e) Por la disposición de los tubos
- De tubos rectos.
 - De tubos inclinados.
 - De tubos curvos.

Se entiende por paso en una caldera, la pasada de gas proveniente del hogar hacia el sitio alrededor de los tubos de fuego (calderas piroaturbulares) la pasada de vapor a través de los tubos de agua (calderas cuaturbulares).

f) Por la energía consumida.

- Energía calorífica proporcionada por gases de escape².
- Energía eléctrica.
- Energía química proporcionada por los diversos combustibles.

g) Por la presión de trabajo.

- Calderas de alta presión (a partir de 20 kg / cm^2).
- Calderas de baja presión (inferiores a 20 kg / cm^2).

h) Por los métodos de circulación de agua.

- Circulación natural.
- Circulación libre.
- Circulación acelerada.
- Circulación forzada.
- Recirculación forzada.

4.6. Selección del Generador de Vapor a Utilizarse.

La selección del generador de vapor debe hacerse una vez analizados todos los factores de selección de calderas, no se debe

Gases provenientes de motores y que circulan por el interior de la caldera.

prescindir de ninguno ya que una mala selección representaría egresos económicos innecesarios para una empresa.

Analizando cada uno de los factores de selección de calderas, se tiene que Guayaquil cuenta con una buena red de distribución de agua potable que opera todo día. El suministro de energía eléctrica en Guayaquil es ininterrumpido, sin embargo, es necesario contar con una fuente de suministro propia para posibles cortes.

La disponibilidad de espacio no presenta problema debido a que el sector industrial en Guayaquil cuenta con suficientes extensiones de terreno disponibles. El Ecuador por ser país petrolero, dispone durante todo el año de una amplia variedad de combustibles, brindando así la oportunidad de tener varias alternativas de elección. La jornada de trabajo diaria será de 12 horas, por lo que el tiempo de funcionamiento de las calderas también será de 12 horas.

Tomando como guía la figura 4.3, se tiene que para una presión de trabajo de 10.54 kg / cm^2 (150 Psig) y una demanda de vapor de 50 C.C (1722 lb / h), es recomendable usar una caldera pirotubular. De acuerdo al apéndice G, que es una tabla de selección de calderas proporcionada por los fabricantes de la Cleaver Brooks, se debe comprar un generador de vapor con una potencia de salida de

60 C.C, es decir, para que funcione alrededor del 85 % de su capacidad máxima.

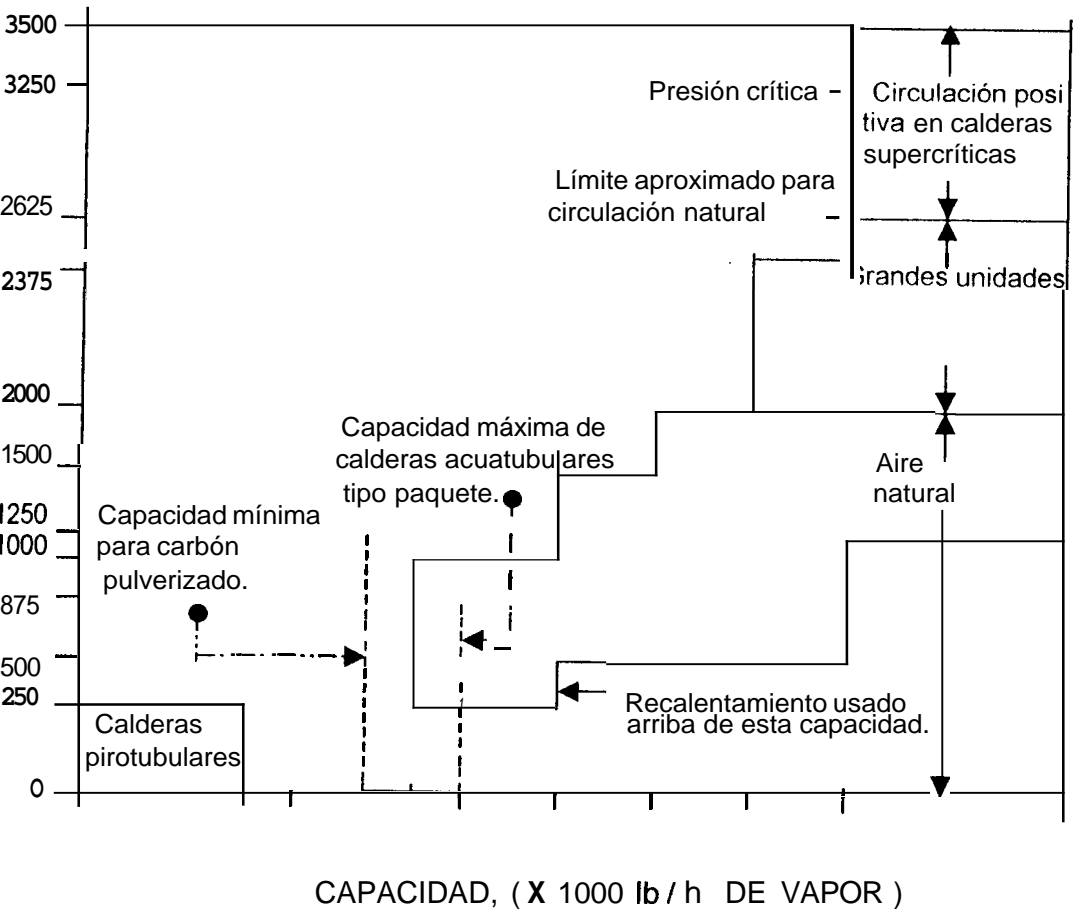


FIGURA 4.3. RELACION DE PRESION-CAPACIDAD PARA SELECCIONAR EL TIPO DE CALDERA A USAR

A continuación se detallan las principales características del generador de vapor, marca Cleaver Brooks, a utilizarse según nuestros requerimientos:

- Capacidad real de generación de vapor: 60 C.C.
- Por la presión de trabajo: De baja presión (150 Psig).
- Por la disposición de los tubos: Tubos rectos.
- Por el número de pasos: 4 pasos.
- Por la situación relativa de los espacios de combustión y agua: Pirotubular.
- Por la posición de las calderas: Horizontal.
- Por la energía consumida: Energía química (Diesel oil).
- Por la disponibilidad de los tubos: Con tubos.

En la figura 4.4 se presenta un generador de vapor en donde se indica detalladamente los principales componentes, incluyendo el tanque de combustible y su red de distribución.

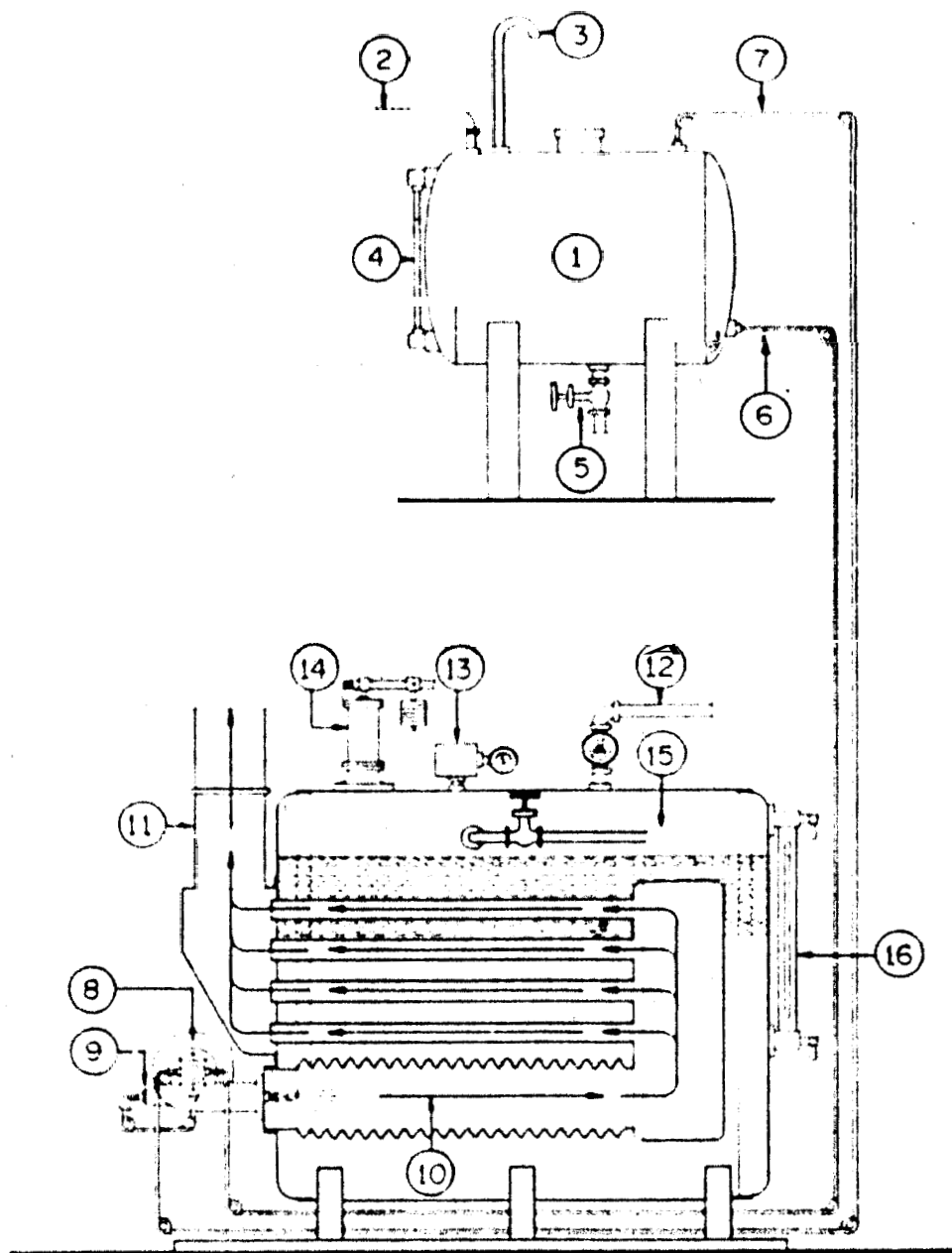


FIGURA 4.4. GENERADOR DE VAPOR

Donde:

- (1) Tanque de combustible.
- (2) Línea para llenar el tanque de combustible.
- (3) Ventilación.
- (4) Medidor del nivel de combustible.
- (5) Drenaje.
- (6) Línea hacia el quemador.
- (7) Línea de retorno del exceso de combustible.
- (8) Ventilador y bomba del quemador.
- (9) Inyector.
- (10) Flujo de los gases de la combustión
- (11) Chimenea.
- (12) Línea de vapor.
- (13) Regulador de presión.
- (14) Válvula de seguridad.
- (15) Admisión de agua.
- (16) Nivel de agua.

4.7. Dispositivos de Control de Generadores de Vapor.

Los controles automáticos de los generadores de vapor cumplen dos funciones básicas: regulación y seguridad. La verificación de la eficiencia de operación de cada uno de ellos debe ser frecuente y rigurosa ya que las calderas son equipos industriales de alto peligro;

esta verificación puede ser efectuada a través de los instrumentos de medición de temperatura, presión, composición química de gases de combustión, etc.

Como a la caldera se le exige mantener una presión de trabajo constante para la gran diversidad de caudales de consumo, ésta debe ser capaz de: aportar una energía calorífica suficiente a través de la combustión del combustible con el aire; desde el punto de vista de seguridad, el nivel debe estar controlado y mantenido dentro de unos límites; y por último, garantizar una llama segura en la combustión.

A continuación se describen los dispositivos de control más importantes de los generadores de vapor:

Control de la Combustión: La regulación de la combustión es requerida para mantener constante la presión de vapor en la caldera. Sus variaciones son tomadas como una medida de la diferencia entre el calor que produce la caldera en forma de vapor y el calor que se suministra con la combustión.

Generalmente el controlador de la presión de vapor en las calderas, ajusta la válvula de control de combustible. La señal precedente del

caudal de aire es modificada por un relé de relación para ajustar la relación entre el aire y el combustible para luego pasar a un controlador que la compara con la señal de caudal de combustible.

Si la proporción no es correcta, se emite una señal al servomotor de mando del ventilador o a la válvula de mariposa que regula el paso del aire, para que el caudal de aire se ajuste hasta que la relación combustible – aire sea correcta.

Existen tres tipos básicos de control de combustión: todo o nada, integral y, proporcional.

Control todo o nada (on – off): Trabaja entre dos niveles de presión, para suministrar y para parar tanto el suministro de aire como la alimentación de combustible.

Control proporcional: Mantiene una presión constante de vapor así como una combustión eficiente; la respuesta de presión de vapor es basada en la hipótesis de que el registro de aire en una posición dada suministrará suficiente aire para que a un caudal dado de combustible, se mantenga una relación combustible – aire constante a través del rango de carga.

Control integral: Se basa en que puede regular los caudales de aire y combustible, estos valores son balanceados por las variaciones de mayor o menor presión de vapor. Generalmente ambos sistemas de control, proporcional e integral, incluyen la posición on – off.

Para el generador de vapor que se seleccionó en secciones anteriores, se utilizará un control integral puesto que, a más de regular los caudales de aire y combustible, puede regular las pérdidas de tiro. Además, funcionan con mayor precisión, lo cual es más conveniente en calderas que operan bajo cargas fluctuantes.

Control de Nivel de Agua: El control de nivel de agua constituye uno de los controles más importantes del generador de vapor debido a las graves consecuencias que puede ocasionar la operación de la caldera si el tanque de agua de alimentación está vacío. La regulación del agua de alimentación que mantiene el nivel de la caldera depende de múltiples factores: tipo de caldera, carga, tipo de bomba, control de presión del agua de alimentación.

Existen tres tipos de sistemas de control de nivel de agua de alimentación: de un elemento (nivel de agua), de dos elementos (nivel de agua y caudal de vapor) y, de tres elementos (nivel de agua, caudal de vapor y caudal de agua). La selección de uno de

estos puede realizarse de acuerdo con la capacidad de generación de vapor de la caldera, para aquello hay que guiarse con la tabla IX.

TABLA IX
SISTEMAS DE CONTROL DE NIVEL DE AGUA

TIPO	VARIABLES	CAPACIDAD DE LA CALDERA (kg / h)		
		< 6000	6001 - 15000	> 15000
1 elemento	nivel de agua.	cargas irregulares	pequeños cambios de carga	cargas mantenidas
2 elementos	nivel de agua. caudal de vapor.	cargas irregulares con grandes fluctuaciones	cambios de carga moderados	cambio lento de carga moderado
3 elementos	nivel de agua, caudal de vapor. caudal de agua.			> 20000

De acuerdo a la tabla anterior! para un generador de vapor de 60 C.C (equivalente a 939 kg / h), que es el que se seleccionó, se debe usar un control de nivel de un elemento, es decir, el que tiene como variable Únicamente el nivel de agua, cuyo controlador actúa sobre la válvula del agua de alimentación, con dos alarmas, de nivel alto y de nivel bajo, las cuales actúan poniendo en funcionamiento la bomba de agua de alimentación.



Control de la Llama: El control de la llama es muy importante desde el punto de vista de seguridad en la operación de los generadores de vapor. Para que el funcionamiento de los quemadores sea correcto, estos necesitan que la llama producida por el combustible sea estable y de calidad y que además se mantenga en estas condiciones mientras el quemador se encuentre en marcha.

Detectores de llama: Ante una falla en la llama, el sistema de protección debe actuar inmediatamente a través de detectores para que el conjunto caiga en seguridad y evite la entrada de combustible sin quemarlo, parando la instalación y eliminando así el peligro de su eventual encendido y explosión subsiguiente.

Los detectores de llama funcionan en base a varias características de la llama, tales como: calor, ionización y radiación; sin embargo, para el caso de calderas que queman combustible líquido los detectores que mejor se adaptan son los del principio de radiación ultravioleta por la gran seguridad que ofrecen, siendo éste el que se utilice en el generador de vapor que se seleccionó.

Programadores: Los detectores de llama están conectados a programadores con relés de seguridad de llama que pueden abarcar

desde una simple alarma de falla de llama que incluya la parada del generador de vapor hasta una programación completa que realice funciones tales como: prebarrido o prepurga de los gases que pudieran haberse acumulado desde la última combustión en el hogar hasta antes de cada encendido; encendido de la llama piloto, encendido de la llama principal; parada de la instalación; postbarrido (limpieza de los gases quemados).

Presostatos: Los presostatos son dispositivos de control de presión con fines de proporcionar la seguridad operacional de los generadores de vapor, su función es limitar los excesos de presión de vapor actuando en combinación con el circuito eléctrico que está a su vez conectado con el motor del quemador. Los presostatos también pueden ser usados en el circuito de combustible para detectar fallas por baja presión del combustible, la misma que no sea suficiente para mantener una adecuada combustión.

CAPITULO V

5. CALCULO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL GENERADOR DE VAPOR.

El sistema de combustible de un generador de vapor es una parte muy relevante del sistema total de generación, pues de éste depende en gran medida que la mezcla aire – combustible sea la correcta para que la combustión se realice eficientemente; comprende el conjunto de elementos que permiten proveer de combustible al caldero. Entre los principales componentes del sistema de combustible de un generador de vapor podemos citar:

- Tanque de combustible.
- Bomba de combustible.
- Quemadores de combustible.
- Accesorios.

5.1. Combustibles Usados en Generadores de Vapor.

En el capítulo anterior se mencionó que los generadores de vapor se pueden clasificar por la energía consumida, siendo una de ellas la energía química, la cual es liberada por una sustancia debido al cambio producido en su estructura molecular.

Para el caso específico de los generadores de vapor, esta energía química proviene de una sustancia denominada combustible, que al ser quemada en el hogar **se** convierte en energía térmica, la cual a su vez se transfiere al agua para generar vapor.

Existen varios tipos de combustibles que puede quemar un generador de vapor, a saber:

- Carbón.
- Madera.
- Gas.
- Kerosene.
- Bagazo de caña de azúcar
- Diesel oil (No. 2).
- Fuel oil (No 6).

El carbón y la madera son combustibles que no se usan en el Ecuador para generar vapor a nivel industrial; sin embargo, en otros países especialmente en los no petroleros sí se utiliza.

El gas a pesar de ser subvencionado por el Estado ecuatoriano, no es usado para generar vapor a nivel industrial por su costo elevado, solo se usa en cocinas a gas, es decir, en aplicaciones domésticas y en algunas industrias alimenticias que requieran cocinar ciertos snacks.

El bagazo de caña de azúcar complementariamente lo usan los generadores de vapor de los ingenios de azúcar.

El kerosene se encuentra más subvencionado que el diesel oil y presenta ventajas similares a éste; sin embargo, actualmente no se lo encuentra circulando comercialmente en el Ecuador.

El diesel oil es recomendable en calderas de hasta 80 C.C, con un tiempo de operación de 10 a 16 horas por día, siendo un combustible relativamente limpio y fácil de almacenar, no requiriendo de gran cantidad de equipo para su manipulación. **Es** usado en la mayoría de calderas industriales que operan en nuestro país.

El fuel oil es un combustible más barato que el diesel oil, y a pesar que presenta ciertas dificultades en su almacenamiento y manipulación (por su alta viscosidad) es recomendable en calderas de capacidades mayores a 80 C.C, con un tiempo de operación de **24** horas por día, es decir, en centrales térmicas. También es usado en ciertas industrias que tienen calderas de mediana y gran capacidad.

5.2. Selección del Combustible a Utilizarse.

La selección del combustible deberá hacerse no solamente tomando en consideración su costo de adquisición, sino también la disponibilidad en el mercado durante todo el año, seguridad durante el transporte y almacenamiento, calidad y, su costo de operación, el cual dependerá de la facilidad de almacenamiento, mantenimiento del quemador y de los demás componentes del sistema de combustible.

Para nuestro caso, se selecciona como combustible al diesel oil ya que es el más recomendado para calderas de hasta 80 C.C; a pesar de ser uno de los combustibles más costosos, presenta la ventaja de ser de mejor calidad. En la tabla **X** se presentan las propiedades del diesel oil y fuel oil.

TABLA X
PROPIEDADES DEL DIESEL OIL Y FUEL OIL USADOS
EN ECUADOR

PROPIEDADES	DIESEL OIL	FUEL OIL
Viscosidad SSU a 100° F	36 – 45	3714 – 3805
Gravedad específica	0.849 – 0.86	0.9503 – 0.9535
Grados API	33 – 35	16.9 – 17.4
Punto de inflamación (° F)	180	285
Punto de fluidez (° F)	44	30
Poder calorífico (kcal / kg)	10700	10900
Y _o de agua y sedimentos	trazas	trazas
Contenido de azufre (%)	0.49	1.50
Contenido de vanadio (ppm)	1.5	120
Contenido de cenizas (Y _o)	-	0.04 – 0.1

5.3. Demanda de Combustible en el Generador de Vapor.

La demanda de combustible en el generador de vapor depende principalmente de la temperatura de entrada del agua de alimentación y de la cantidad de vapor que requiera el proceso industrial. En el capítulo anterior se determinó la capacidad de la caldera, la cual fue de 60 C.C, que equivale a 2008320 Btu/ h.

Esta energía total requerida tiene que ser suministrada por el combustible, para nuestro caso diesel oil, el cual entrega 138224 Btu / gal. Entonces, el caudal de combustible es calculado con la siguiente relación:

$$Q_{\text{comb}} = \text{Capacidad caldero} / \text{valor caloríf. combustible} \dots\dots(5.1)$$

$$Q_{\text{comb}} = (2008320 \text{ Btu} / \text{h}) / (138224 \text{ Btu} / \text{gal})$$

$$Q_{\text{comb}} = 14.53 \text{ GPH}$$

Considerando una eficiencia del generador de vapor de 80 %, se tiene finalmente una demanda de combustible de:

$$Q_{\text{comb}} = 14.53 \text{GPH} / 0.8$$

$$Q_{\text{comb}} = 18.16 \text{ GPH}$$

5.4. Cálculo de Capacidad del Tanque de Combustible y su Ubicación.

Los tanques de combustible usados en plantas industriales que operan con generadores de vapor pueden clasificarse de dos maneras:

- a) Según su forma.
 - Cilíndricos verticales.

- Cilíndricos horizontales.
- Rectangulares.

b) Según su ubicación.

- Sobre el piso.
- Subterráneos.

El material de construcción de estos tanques es acero, pueden ser instalados a una altura superior a la que se encuentren los quemadores del generador de vapor. El número de tanques y la capacidad de los mismos depende del consumo de combustible y del número de calderas existentes en la planta. Además del tanque de servicio diario, es recomendable disponer de tanques de reserva.

Para el generador de vapor que se seleccionó anteriormente, se usará tanques que, clasificados según su forma serán cilíndricos horizontales y, según su ubicación estarán sobre el piso. El tanque de servicio diario tendrá una capacidad de almacenamiento de combustible para dos días de trabajo, es decir, 24 horas de operación del generador de vapor, las dimensiones son determinadas en base a la tabla XI:

TABLA XI
DIAMETRO DE TANQUES DE COMBUSTIBLE
SEGUN SU CAPACIDAD

CAPACIDAD (gal)	DIAMETRO MAX. (m)	ESPESOR (inm)
Menos de 1321	1.5	3.5
1322 – 2642	1.85	4.0
2643 – 3963	2.33	4.5
3964 – 6605	2.65	5.0
6606 – 13210	3.16	6.5
13211 – 19815	4.0	8.0

$$V_{\text{comb}} = 18.16 \text{ GPH} \times 24 \text{ h}$$

$$V_{\text{comb}} = 435.84 \text{ gal}$$

$$V_{\text{tanque}} = \pi D^2 L / 4 = V_{\text{comb}} = 435.84 \text{ gal} = 1.65 \text{ m}^3$$

$$D = 1 \text{ m}$$

$$L = 2.1 \text{ m}$$

El tanque de reserva tendrá una capacidad de almacenamiento de combustible para un mes de trabajo (22 días), es decir, 264 horas

de operación del generador de vapor, las dimensiones también son determinadas en base a la tabla XI:

$$V_{\text{comb}} = 18.16 \text{ GPH} \times 264 \text{ h}$$

$$V_{\text{comb}} = 4794.24 \text{ gal}$$

$$V_{\text{tanque}} = \pi D^2 L / 4 = V_{\text{comb}} = 4794.24 \text{ gal} = 18.15 \text{ m}^3$$

$$D = 2.4 \text{ m}$$

$$L = 4.0 \text{ m}$$

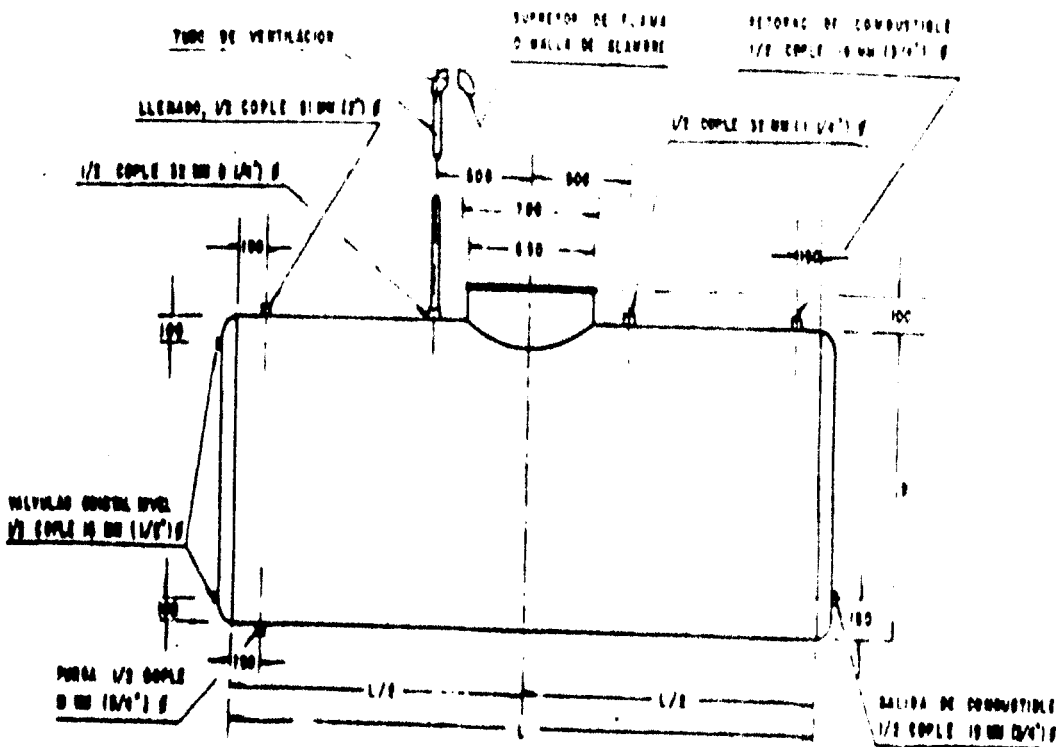


FIGURA 5.1. TANQUE DE COMBUSTIBLE PARA DIESEL

El tanque de servicio diario estará ubicado en el interior del local donde se encuentre el generador de vapor y apoyado sobre bases de bloques de hormigón. El tanque de reserva será ubicado fuera del cuarto de la caldera apoyado y encerrado también con bloques de hormigón. En la figura 5.1 se muestra con detalle un tanque de combustible para diesel.

5.5. Cálculo de la Bomba de Combustible.

La bomba de combustible de la caldera suministra diesel a presión a los quemadores para llevar a cabo el proceso de combustión en el hogar; son del tipo de desplazamiento positivo: rotativas y reciprocantes, teniendo como características principales su cabezal o altura total de descarga y su caudal volumétrico.

Para nuestro caso se selecciona una bomba de combustible de engranajes. Como el combustible a usarse es diesel oil, se recomienda que la altura total de succión de la bomba no sea mayor a 12 pulgadas de mercurio cuando no se encuentre integrada a la caldera, si está integrada a la caldera no debe sobrepasar las 10 pulgadas de mercurio.

La presión de descarga de la bomba puede fluctuar de 40 a 175 Psig, dependiendo del arreglo de las tuberías del sistema de

combustible, siendo recomendable usar 100 Psig. Con respecto al caudal de la bomba, este depende de la demanda de vapor y ya fue calculado en secciones anteriores ($Q_{comb} = 18.16 \text{ GPH}$).

La potencia necesaria para impulsar la bomba de combustible se la calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Pot} = 8.33 (Q_{comb}) (\text{TDH}) (\text{SG}) / (33000 \eta) \dots\dots\dots(5.2)$$

Donde:

Pot = Potencia, **HP**.

Q_{comb} = Caudal de combustible = 0.303 GPM.

TDH = Cabezal de descarga = 231 pies de agua.

SG = Gravedad específica del combustible = 0.86.

η = Eficiencia de la bomba = 0.8.

$$\text{Pot} = 0.019 \text{ HP}$$

Entonces, se requiere para la bomba de combustible un motor eléctrico con una potencia de salida de **1/4 HP**. En la figura 5.2 se muestra un corte de una bomba de engranajes.

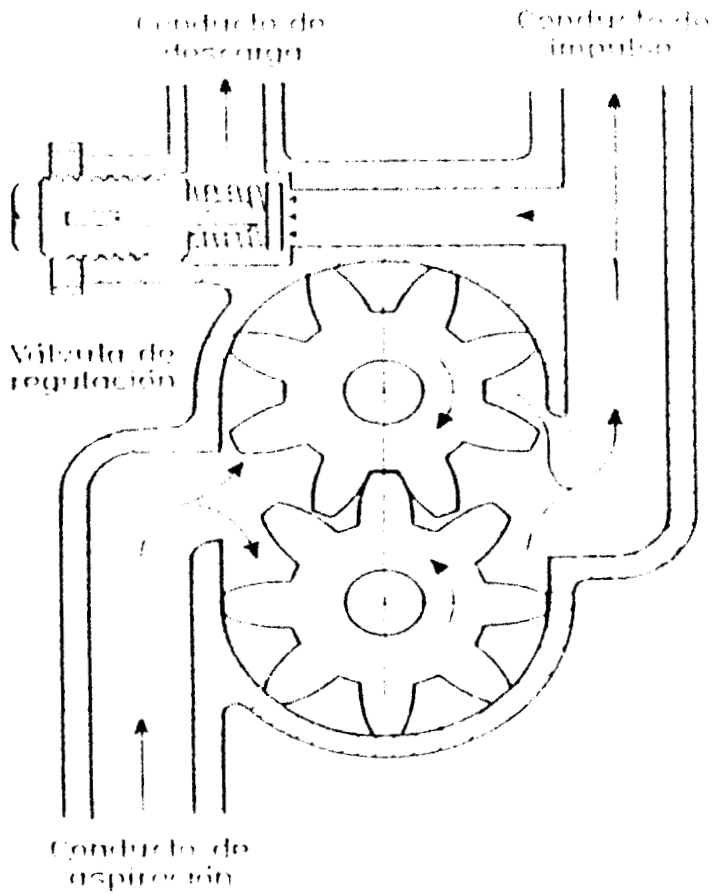


FIGURA 5.2. BOMBA DE ENGRANAJES

5.6. Quemadores de Combustible.

Los quemadores de combustible de un generador de vapor constituyen la parte final de todo sistema de combustible y se encuentran localizados en la parte frontal del hogar, siendo su función principal la de producir la atomización y regulación del combustible para quemarlo.

La atomización divide al combustible en partículas extremadamente pequeñas para asegurar así una mezcla homogénea y un mejor contacto con el oxígeno comburente, de tal forma que la proporción de éstos dos elementos suministre el máximo de eficiencia térmica.

Los quemadores de combustible de los generadores de vapor se pueden clasificar básicamente de tres maneras:

- Quemadores con atomización por vapor.
- Quemadores con atomización por aire.
- Quemadores con atomización mecánica.

Quemadores con atomización por vapor: Usan vapor como fluido motor, son siempre del tipo de alta presión, presentan desventajas ya que tienen un consumo excesivo de vapor e introducen en el hogar una cantidad adicional de agua proveniente del vapor, causando corrosión. Actualmente han caído en desuso.

Quemadores con atomización por aire: Tienen la ventaja de inyectar aire comprimido adicional, el mismo que representa un elemento útil para la combustión.

Quemadores con atomización mecánica: La atomización mecánica está basada en la expansión brutal del combustible previamente puesto bajo presión y en rápida rotación; observándose la formación de una capa cónica en la nariz del quemador.

Para el sistema de combustible del generador de vapor seleccionado, se elige un quemador con atomización por aire debido a las ventajas que éste presenta, figura 5.3.

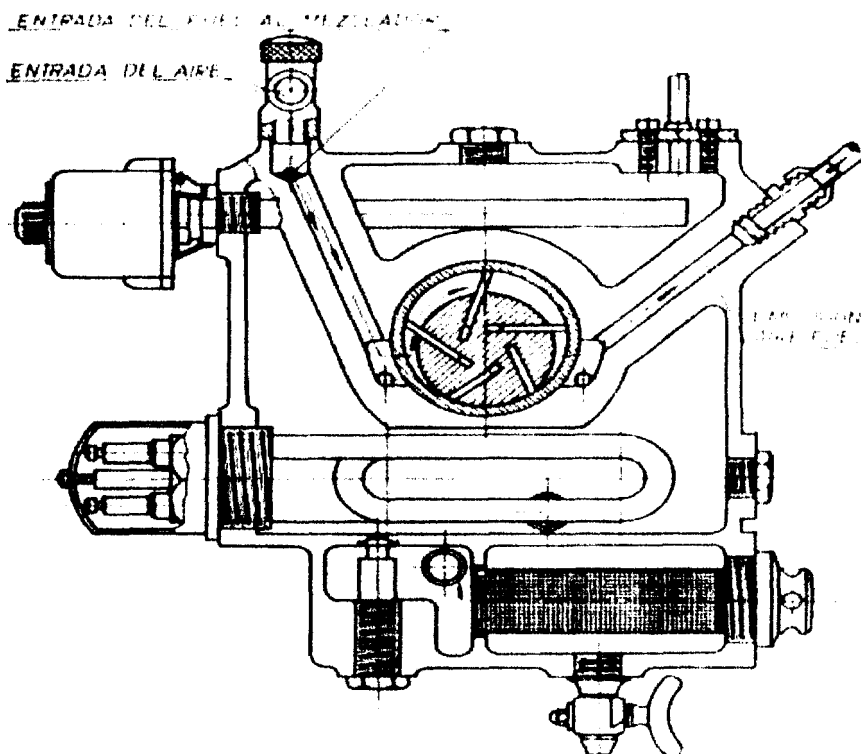


FIGURA 5.3. PRINCIPIO DE ATOMIZACION POR AIRE

La cantidad teórica de aire húmedo necesario para la combustión es de 17.71 libras por cada libra de diesel oil. Estimando en la ciudad de Guayaquil una temperatura de bulbo seco de 92 °F y una humedad relativa de 63 %, se tiene para el aire un volumen específico de 14.37 ft³ / lb. Por lo tanto, el flujo de aire teórico requerido para quemar el diesel oil en el hogar del generador de vapor es:

$$Q_{\text{aire}} = (r_{a/d}) (Q_{\text{comb}}) (\rho_d) (v_a) \dots\dots\dots(5.3)$$

Donde:

Q_{aire} = Caudal de aire, CFM.

$r_{a/d}$ = Relación aire – diesel oil = 17.71 lb_a / lb_d.

Q_{comb} = Caudal de combustible = 0.303 GPM.

ρ_d = Densidad del diesel oil = 7.16 lb_d / gal.

v_a = Volumen específico del aire = 14.37 ft³ / lb_a.

$$Q_{\text{aire}} = 552.12 \text{ CFM}$$

Los quemadores son equipos mecánicos que no operan a la perfección, por ello, para asegurar una combustión completa del diesel oil es necesario considerar una cantidad de aire adicional a la cantidad teórica requerida.

Este exceso de aire esta relacionado con el $\% \text{CO}_2$ que sale en los gases producidos en la Combustión. En la tabla XII, se presenta relaciones entre la calidad de la combustión y el $\% \text{CO}_2$ en los gases de escape.

TABLA XII
CALIDAD DE LA COMBUSTION - $\% \text{CO}_2$ EN LOS HUMOS

RANGO	COMBUSTIBLE	
	Diesel Oil	Fuel Oil
Excelente	12.8 $\% \text{CO}_2$	13.8 $\% \text{CO}_2$
Bueno	11.5 $\% \text{CO}_2$	11.5 $\% \text{CO}_2$
Regular	10.0 $\% \text{CO}_2$	13.0 $\% \text{CO}_2$
Pobre	$\leq 9.0 \% \text{CO}_2$	$\leq 12.0 \% \text{CO}_2$

Según la tabla anterior, para obtener una combustión excelente del diesel oil, los gases de escape deben contener 12.8 $\%$ de CO_2 , lo cual corresponde según la figura 5.4 a 24 $\%$ de aire en exceso.

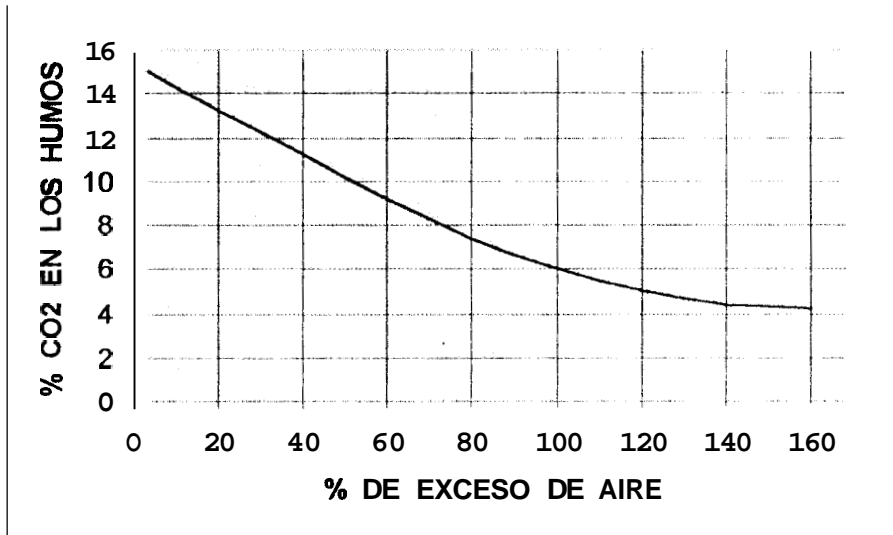


FIGURA 5.4. RELACION % CO₂ - %EXCESO DE AIRE

De esta manera, la cantidad real de aire requerida para quemar el diesel oil es:

$$Q_{\text{aire}} = 552.12 \text{ CFM} \times 1.24$$

$$Q_{\text{aire}} = 684.63 \text{ CFM}$$

5.7. Dimensionamiento de la Chimenea.

El dimensionamiento de la chimenea se refiere a la determinación de la altura y la sección transversal de la misma, las cuales deben ser las más adecuadas de tal manera que la evacuación de los gases generados en la combustión se realice de la mejor manera.

Para calcular la sección transversal de una chimenea se debe determinar primero la cantidad de gases de combustión generados, haciendo un balance de masas en el hogar, figura 5.5:



FIGURA 5.5. BALANCE DE MASAS EN EL HOGAR

Con éste balance de masas se tiene que la cantidad de gases de combustión generados en el hogar de la caldera es:

$$m_g = (r_{g/d}) (m_{comb}) \quad \text{.....} \quad (5.4)$$

Donde:

m_g = Flujo másico de los gases de escape, lb / h.

$r_{g/d}$ = Relación gases de escape – diesel oil = 22.96 lb_g / lb_d.

m_{comb} = Flujo másico de combustible = 130.05 lb_d / h.

$$m_g = 2985.95 \text{ lb / h}$$

La temperatura de salida de los gases de combustión debe ser mayor que la temperatura de rocío de los compuestos ácidos (derivados del azufre) presentes, de tal manera de evitar la condensación y por ende una corrosión acelerada de la chimenea ya que por lo general es construida de acero. Para calderas de pequeña capacidad, la temperatura promedio de salida de los humos está por los 200 °C.

Los gases de combustión siguen con bastante aproximación las leyes de los gases perfectos. Además, se puede suponer sin gran error que la densidad de estos gases es la que tendría el aire a la misma temperatura, pudiendo aplicarse la ecuación:

$$\rho_g = P / (R T_g) \dots\dots\dots (5.5)$$

Donde:

ρ_g = Densidad de los gases de escape, lb / ft³.

P = Presión atmosférica = 14.7 lbf / pulg².

T_g = Temperatura promedio de los gases de escape = 852 °R.

R = Constante específica del aire = 53.34 (lbf - ft) / (lb - °R).

$$\rho_g = 0.047 \text{ lb / ft}^3$$

Los gases de combustión deben abandonar la caldera a una velocidad tal que los costos de construcción de la chimenea y las pérdidas de tiro³ por fricción no sean elevadas; por tal motivo, las velocidades económicas recomendadas fluctúan entre 25 y 30 ft / s. Para nuestro caso se elige 25 ft / s. Aplicando la ecuación de continuidad se tiene que la sección transversal de la chimenea es:

$$A = m_g / (\rho_g V) \dots\dots\dots (5.6)$$

Donde:

A = Area transversal de la chimenea, ft².

m_g = Flujo másico de los gases de escape = 2985.95 lb / h.

ρ_g = Densidad de los gases de escape = 0.047 lb / ft³.

V = Velocidad de los gases de escape = 25 ft / s.

$$A = 0.7 \text{ ft}^2$$

Las chimeneas son construidas comúnmente de forma cilíndrica; asumiendo ésta geometría, el diámetro de la misma es:

Se entiende por tiro, la diferencia de presión producida por el flujo de aire a través del hogar, tubo de escape y chimenea.

$$D = 29 \text{ cm}$$

La altura de la chimenea depende del tiro producido en la caldera, el cual es necesario para que el suministro de aire en una cantidad suficiente asegure una buena combustión.

Para una combustión satisfactoria, sin peligro de que la llama en el hogar se apague, es recomendable un tiro promedio de 7 mm de columna de agua. Usando éste valor como tiro natural teórico, la altura de la chimenea es calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$H = \Delta p / (1.71 P (1/T_a - 1/T_g)) \dots\dots\dots (5.7)$$

Donde:

H = Altura de la chimenea, m.

Ap = Tiro natural teórico = 0.276 pulg. de agua.

P = Presión atmosférica = 14.7 Psi.

T_a = Temperatura de bulbo seco del aire = 552 °R.

T_g = Temperatura promedio de los gases de escape = 852 °R.

$$H = 17.21 \text{ m}$$

5.8. Control de la Combustión del Generador de Vapor.

El control de la combustión en los generadores de vapor es importante, se la realiza a través del análisis de los gases de escape lo cual permite establecer si el combustible se esta quemando adecuadamente o se requiere hacer correctivos.

Siempre se debe tener presente que el proceso de combustión de cualquier sustancia combustible se lleva a cabo adecuadamente o eficientemente, si son correctos cuatro factores:

- Una cantidad de comburente (aire) suficiente para suministrar el oxígeno adecuado.
- Una mezcla adecuada de combustible y comburente.
- Una temperatura de ignición apropiada para iniciar y mantener el proceso de combustión.
- Un tiempo suficiente que permita la combustión completa.

La calidad de la combustión tiene influencia directa en la eficiencia y el mantenimiento de la caldera. Uno de los principales indicadores de una Combustión incompleta es el exceso de humo generado, llegándose a producir depósitos de hollín sobre las superficies de

transferencia de calor que actúan como aislante, con pérdidas de combustible elevadas, figura 5.6.

CAPA DE HOLLIN
(mm) 4

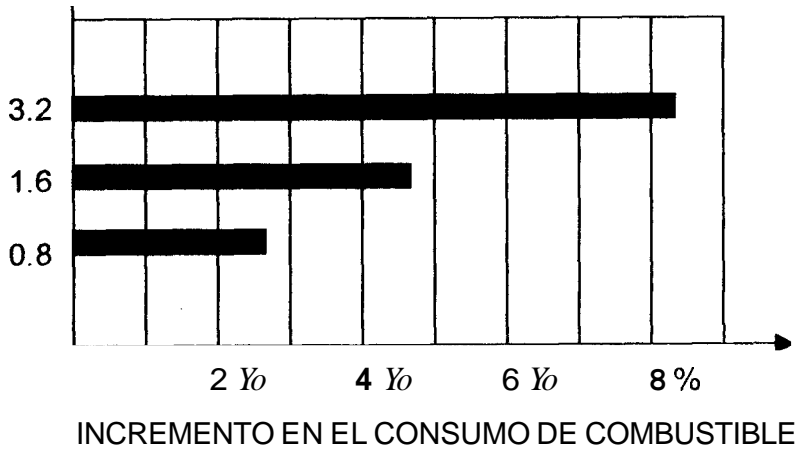


FIGURA5.6. EFECTO DEL HOLLIN EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Para reducir o eliminar el problema de exceso de humo se debe tomar ciertas medidas correctivas tales como:

- Ajuste del tiro.
- Eliminación de fugas.
- Limpieza o reemplazo de boquillas de los quemadores.

Los aparatos tradicionales más utilizados para analizar los gases de combustión de una caldera son: Orsat, Bacharach. El aparato Orsat mide directamente los porcentajes en volumen de CO_2 , O_2 , y CO en el gas seco. Cuando el combustible se quema completamente con un volumen de O_2 , se producirá un volumen de CO_2 y nada de CO .

El aparato Bacharach realiza varias pruebas de combustión, tales como:

- Prueba con termómetro de chimenea.
- Prueba con el analizador Fyrite de Bacharach para el CO_2 .
- Prueba de opacidad de humos con el medidor True-Spot de Bacharach.

Para la prueba con termómetro de chimenea, se utiliza un termómetro ubicado en el conducto de la chimenea. La temperatura de los humos deberá estar de acuerdo con las especificaciones del fabricante; para calderas de capacidades pequeñas está por los $200\text{ }^\circ\text{C}$.

El analizador Fyrite toma una muestra de los gases de combustión para efectuar la medición del CO_2 . Hay que tener en cuenta que con un 12.8% de CO_2 se logra una Combustión excelente del diesel oil.

La prueba de opacidad de humos consiste en comparar el color de la mancha que deja en un papel filtro los gases de escape, con los colores de la escala de opacidad Bacharach, la cual está numerada desde el cero, correspondiente al humo blanco, hasta el nueve, que corresponde al humo más negro. Si el papel filtro no se ennegrece más del número dos, se puede considerar que la combustión es satisfactoria, nunca se debe rebasar el número cuatro.

Con la medición de la temperatura de los gases, contenido de CO_2 y opacidad de humos, se puede realizar los ajustes necesarios en el quemador para una buena combustión.

CAPITULO VI

6. CALCULO DEL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION DEL GENERADOR DE VAPOR.

El sistema de agua de alimentación de un generador de vapor constituye la parte de mayor atención en el equipo de generación, pues una mala operación de sus componentes podría desatar consecuencias fatales. La materia prima para la generación de vapor es el agua de alimentación, por lo tanto, éste recurso debe ser suministrado ininterrumpidamente a la caldera a fin de mantener una generación constante de vapor. Los componentes básicos de un sistema de agua de alimentación de un generador de vapor son:

- Tanque de agua de alimentación.
- Bomba de agua de alimentación.
- Equipo de control.

6.1. Demanda de Agua en el Generador de Vapor.

La demanda de agua de alimentación en el generador de vapor depende directamente de la demanda de vapor. Se sabe que para satisfacer la demanda de un caballo caldera se requiere 0.07 galones americanos de agua por minuto (GPM), o sea, 0.265 l / min. Como el generador de vapor que se seleccionó tiene una capacidad de 60 C.C, la demanda de agua es:

$$Q_{\text{agua}} = (60 \text{ C.C}) (0.07 \text{ GPM} / \text{CC})$$

$$Q_{\text{agua}} = 4.2 \text{ GPM}$$

6.2. Cálculo de Capacidad del Tanque de Agua de Alimentación.

El tanque de almacenamiento de agua de alimentación recibirá el condensado que se forma después de que el vapor haya transferido calor en los diferentes procesos térmicos para los cuales fue destinado. En el procesamiento de concentrado de maracuyá las pérdidas de vapor y condensado en el sistema pueden ser consideradas nulas.

Es recomendable disponer de agua de reserva en el tanque de alimentación, lo suficiente como para sostener la evaporación en el generador de vapor por lo menos durante 60 minutos:

$$V_{\text{agua}} = (4.2 \text{ GPM}) (60 \text{ min})$$

$$V_{\text{agua}} = 252 \text{ gal.}$$

El tanque de almacenamiento de agua de alimentación nunca debe estar totalmente lleno, sino que es recomendable que este se encuentre siempre con un nivel de agua que cubra el 70 % de la capacidad del tanque. Por lo tanto:

$$V_{\text{tanque}} = V_{\text{agua}} / 0.7 = 252 \text{ gal} / 0.7$$

$$V_{\text{tanque}} = 360 \text{ gal}$$

El tanque de agua de alimentación será de acero inoxidable, de forma cúbica, con las siguientes dimensiones:

$$V_{\text{tanque}} = a^3 = 360 \text{ gal} = 1.36 \text{ m}^3$$

$$a = 1.1 \text{ m}$$

6.3. Cálculo y Selección de la Bomba de Agua de Alimentación.

La bomba de agua de alimentación succiona del tanque agua para llevarla hasta la caldera para generar vapor. Para seleccionarla es necesario considerar los siguientes criterios:

- Operación continua o intermitente.

- Temperatura del agua a la succión.
- Capacidad.
- Presión de descarga.
- Carga neta de succión positiva requerida.

Para generadores de vapor de tubos de fuego, la operación de la **bomba** de agua de alimentación es en la mayoría de los casos intermitente, arrancando o parando dependiendo del nivel de agua, debiendo dirigirse la tubería de descarga directamente hacia la caldera sin restricción en ésta línea. Los rangos de temperatura del agua a la succión de la bomba pueden variar aproximadamente entre 88 y 104 °C.

La presión de descarga de la bomba de agua de alimentación es siempre mayor que la presión de operación del generador de vapor. Un valor entre 0.35 y 1.76 kg / cm² por encima de la presión de operación de la caldera es un valor razonable a adoptar, para nuestro caso tomaremos 1.76 kg / cm² :

$$P_{\text{descarga}} = 10.54 \text{ kg / cm}^2 + 1.76 \text{ kg / cm}^2$$

$$P_{\text{descarga}} = 12.3 \text{ kg / cm}^2 = 175 \text{ Psig}$$

La carga neta de succión positiva (NPSH) es la altura total absoluta de succión corregida al eje impulsor menos la presión de vapor del líquido, en centímetros o pies absolutos. Es un análisis de las condiciones de succión de la bomba, para saber si el agua se vaporizara o no en el punto de menor presión, ya que se debe mantener el fluido en estado líquido para obtener un buen funcionamiento de la bomba evitando la cavitación.

Existen dos tipos de bombas usadas para el agua de alimentación de generadores de vapor: tipo turbina y tipo centrífuga. Generalmente, la bomba **tipo** turbina es seleccionada para operación intermitente, con una capacidad de 1.5 a 2 veces la capacidad de evaporación de la caldera.

Para nuestro caso, se elige una bomba tipo turbina, figura 6.1, y se tomara el valor de 2 para determinar el flujo volumétrico de la misma:

$$Q_{\text{agua}} = (2) (4.2 \text{ GPM})$$

$$Q_{\text{agua}} = 8.4 \text{ GPM}$$

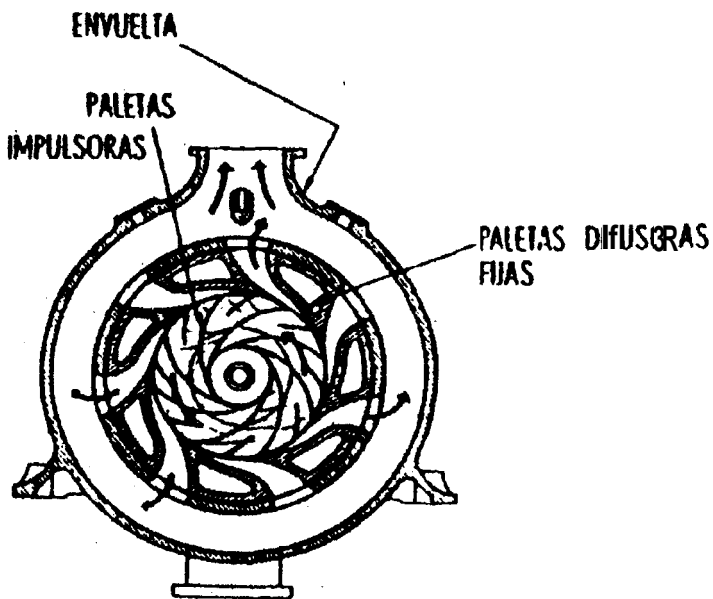


FIGURA 6.1. BOMBA TIPO TURBINA

Para calcular la potencia necesaria para impulsar la bomba de agua de alimentación se usa la misma ecuación (5.2) empleada para la bomba de combustible:

$$\text{Pot} = 8.33 (Q_{\text{agua}}) (\text{TDH}) (\text{SG}) / (33\,000 \eta)$$

Donde:

Q_{agua} = Caudal de agua = 8.4 GPM.

TDH = Cabezal de descarga = 404.25 pies de agua.

SG = Gravedad específica del agua = 1.

η = Eficiencia de la bomba = 0.8.

Pot = 1.07 HP

Entonces, se requiere para la bomba de agua de alimentación un motor eléctrico con una potencia de salida de $1\frac{1}{4}$ HP. En el apéndice H se presentan las especificaciones técnicas de bombas tipo turbina.

6.4. Problemas Existentes en el Agua de Generadores de Vapor.

El agua por ser un solvente universal no se encuentra en estado puro en la naturaleza; por tal motivo, toda fuente de suministro de agua va a contener sustancias extrañas, denominadas impurezas, las cuales son perjudiciales debido a que ocasionan inconvenientes durante el funcionamiento del generador de vapor, teniendo que ser tratadas química o mecánicamente para su remoción o eliminación.

Las impurezas en el agua de alimentación están constituidas por sustancias disueltas y suspendidas, de origen orgánico e inorgánico, las mismas que causan en la caldera problemas de incrustaciones, corrosión, fragilidad cáustica, espumeo y arrastre. En la tabla XIII se describen las principales impurezas encontradas en el agua de alimentación para calderas.

TABLA XIII
IMPUREZAS QUIMICAS MAS COMUNES EN EL AGUA
DE CALDERAS

NOMBRE	FORMULA	EFEECTO QUE CAUSA
Carbonato de calcio	CaCO_3	Incrustación
Sulfato de calcio	CaSO_4	Incrustación
Cloruro de calcio	CaCl_2	Corrosión
Sulfato de magnesio	MgSO_4	Incrustación y corrosión
Cloruro de magnesio	MgCl_2	Corrosión
Nitrato de magnesio	NO_3Mg	Corrosión
Cloruro de sodio	NaCl	Electrólisis
Dióxido de silicio	SiO_2	Incrustación
Sulfato de sodio	Na_2SO_4	Incrustación

Incrustaciones: Son depósitos de sólidos indeseables en las partes de la caldera **que** están en contacto con el agua, se originan a partir de la vaporización de ésta y se deben a impurezas presentes ya sea en forma de sólidos en suspensión o en forma de sólidos disueltos. Estas impurezas generalmente son sales de calcio, magnesio y silicio que se presentan como cloruros, sulfatos y carbonatos.

Para prevenir la formación de incrustaciones es necesario controlar la dureza del agua, es decir, el contenido de impurezas, ya sea empleando filtros o agregando al agua ciertos químicos solubles.

La concentración del total de sólidos disueltos y de sólidos en suspensión no debe exceder de 3500 y 200 ppm respectivamente.

Corrosión: La corrosión por el lado de agua de un generador de vapor es causada principalmente por la acción química del agua sobre el metal, haciendo que éste pierda gradualmente sus características físicas y estructurales. La corrosión se debe a la presencia de sustancias en el agua tales como: oxígeno disuelto, dióxido de carbono, cloruro de sodio, ácidos orgánicos e inorgánicos.

La corrosión se puede controlar manteniendo el pH del agua por arriba de 7 (agua alcalina). Las pruebas de alcalinidad se deben hacer diariamente en las calderas que están en servicio. El oxígeno es eliminado generalmente por medio de desaireadores.

Fragilidad Cáustica: Es una forma de corrosión intergranular que se produce cuando el metal del generador de vapor se somete a un esfuerzo más allá del límite elástico y a la vez se encuentra en

contacto con soluciones cáusticas (hidróxido de sodio) calientes de alta concentración.

La fragilidad cáustica es una de las situaciones más peligrosas en una caldera, dado que no es detectable de ninguna manera, a tal grado que, sin previo aviso, por efecto de la presión interna de la caldera se presentan serias explosiones. Para evitar la fragilidad cáustica se puede usar tanto inhibidores orgánicos (sulfatos y taninos) como inorgánicos (fosfatos y nitratos de sodio).

Espurneo y Arrastre: El espurneo en el agua de calderas se debe a una muy alta concentración de sales disueltas, grasa y aceite de origen animal y vegetal, materia orgánica que flota en el agua, lo cual produce pequeñas burbujas estables en forma de espuma.

El espurneo en el agua se puede controlar por medio de la aplicación de sustancias antiespumantes, las cuales están constituidas por compuestos orgánicos complejos de alto peso molecular caracterizados por la presencia de poliamidas o grupos polióxidos.

El arrastre es el fenómeno por el cual, pequeñas gotas de agua y sólidos son arrastradas con el vapor. **Es** provocado por:



- Niveles de agua excesivamente altos.
- Agua contaminada con aceites.
- Contenido excesivo de sólidos disueltos.
- Demandas súbitas y excesivas de vapor.
- Defectos de diseño de la caldera.

6.5. Tratamiento del Agua del Generador de Vapor.

Siendo una caldera un equipo de generación de vapor muy costoso, es importante preservarlas para que funcionen con eficiencia y tengan una larga vida, esto depende fundamentalmente del tipo de agua con que operen y del tratamiento que ésta reciba.

Debido a los problemas que ocasionan en las calderas las impurezas del agua, ésta es tratada tanto externamente como internamente. **El** tratamiento interno del agua se realiza en la caldera mientras ésta se encuentra en proceso de producción de vapor, es un tratamiento químico que involucra lógicamente la utilización de compuestos químicos.

El tratamiento externo del agua se realiza antes de que ésta entre al generador de vapor; existen diferentes métodos, siendo uno de los más empleados el de ablandamiento.

El tratamiento del agua por ablandamiento consiste en eliminar las impurezas conocidas con el nombre de durezas y reemplazarlas por otras impurezas que no revisten este carácter (sodio soluble). Este tratamiento se lo efectúa por medio de reacciones del tipo químico. El dispositivo frecuentemente usado para el ablandamiento de agua de caldera es el intercambiador iónico ciclo sódico.

Capacidad del Ablandador de Agua: El cálculo de la capacidad del ablandador antes mencionado (ciclo sódico) se hace en base a los siguientes datos:

- Horas de operación por día del ablandador.
- Porcentaje de agua de reposición.
- Dureza del agua de alimentación expresada en ppm de CaCO_3 .

Para la caldera que se seleccionó, se tiene que ésta deberá generar 939 kg / h de vapor (60 C.C). El ablandador trabajará 4 horas por día, el agua de alimentación será tomada de la red de distribución de la ciudad de Guayaquil, la cual tiene una dureza de 90 ppm de CaCO_3 . Si bien es cierto que en el procesamiento de concentrado de maracuyá se recupera todo el condensado, se va a asumir que se pierde el 30 % de éste con la finalidad de disponer de un ablandador de agua en la planta. Los cálculos se detallan a continuación:

Agua de reposición = $(0.3)(939 \text{ kg/h}) = 281.7 \text{ kg/h} = 1.24 \text{ GPM}$

Dureza por eliminar = $(281.7 \text{ kg/h})(90 \text{ ppm/kg})(4 \text{ h})$

Dureza poreliminar = $101412 \text{ ppm} = 101412 \text{ mg/l}$

Dureza por eliminar = 5911.2 granos / gal

Por lo tanto, la capacidad del ablandador estará dada por la cantidad de dureza a eliminar, es decir, 5911.2 granos / gal. En la figura 6.2 se muestra este tipo de ablandador.

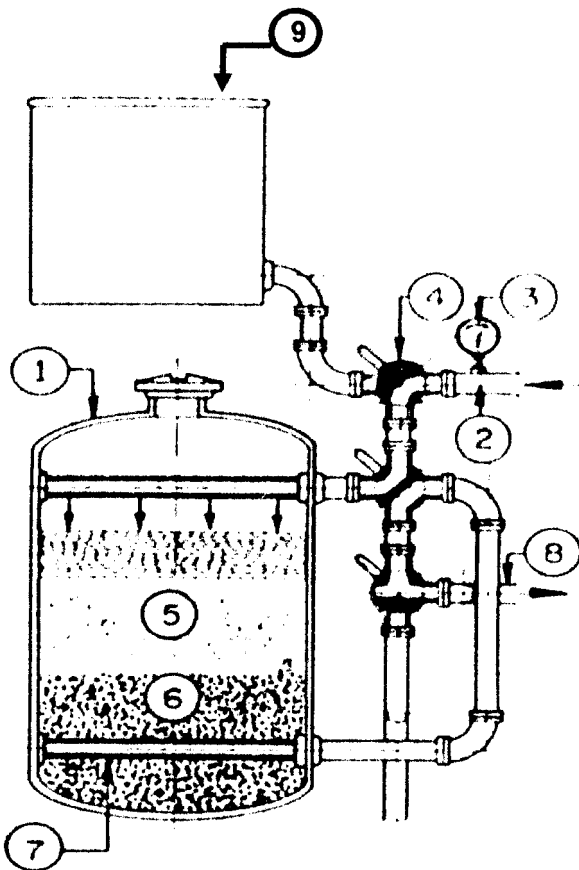


FIGURA 6.2. ABLANDADOR DE AGUA

Donde:

- (1) Tanque del ablandador.
- (2) Entrada del agua dura.
- (3) Medidor de la presión del agua.
- (4) Válvula de tres vías.
- (5) Resina sintética ablandadora.
- (6) Capas de filtración de grava y de arena sílica
- (7) Colector perforado.
- (8) Tubería de agua ablandada.
- (9) Tanque con salmuera saturada.

6.6. Control del Tratamiento del Agua del Generador de Vapor.

El control de la calidad del agua de los generadores de vapor se lo realiza a través de análisis químicos, cuyos resultados son comparados con los valores máximos permisibles dados por los fabricantes de calderas o empresas químicas.

A fin de preparar una caldera para que pueda operar eficientemente, es imprescindible chequear la calidad de su agua cada 24 horas mediante extracciones o purgas en las siguientes partes del sistema:

- **En** la caldera y línea de retorno de condensado.
- En el sistema de agua de alimentación.

Las pruebas que más se realizan al agua de los generadores de vapor son: dureza, alcalinidad P (Fenolftaleína) o parcial, alcalinidad M (Anaranjado de Metilo) o total, cloruros, fosfatos, sólidos disueltos, sulfito de sodio, sílice y pH. En la tabla **XIV** se presentan valores recomendados para estas pruebas y en el apéndice I conceptos relacionados con el tratamiento de el agua.

TABLA XIV
CARACTERISTICAS RECOMENDADAS PARA EL AGUA DE
GENERADORES DE VAPOR

ITEM	RANGO RECOMENDADO
Durezas totales	0 ppm.
Alcalinidad M	340 – 855 ppm de CaCO ₃
Alcalinidad P	67 % de la alcalinidad M
Cloruros	5 ppm de CaCO ₃
Fosfatos	30 – 60 ppm como fosfatos
Sulfitos	25 – 60 ppm como sulfitos
Hierro	menos de 5 ppm
Sílice	menos de 125 ppm
pH	10- 11
Total de Sólidos Disueltos (TDS)	Máximo 3500 ppm.
Retorno línea de condensado	5 ppm TDS. pH = 7.5 – 8.5

CAPITULO VII

.CALCULO DE TUBERIAS DE VAPOR / CONDENSADO Y DE TRAMPAS DE VAPOR.

La red de distribución de vapor, junto con los reguladores de presión y temperatura, constituye la parte central de una instalación para generación de vapor; es la encargada de conducir precisamente el vapor generado en la caldera hacia los diferentes puntos de demanda existentes en el proceso industrial. Sus dimensiones deben ser las adecuadas de tal modo que el vapor llegue a los equipos térmicos a las condiciones requeridas.

Por otro lado, las tuberías de retorno de condensado son las que se encargan de conducir al tanque de condensado el agua caliente que resulta de la transferencia de calor latente del vapor al producto que está siendo procesado. Además, en estas tuberías se encuentran instaladas

también trampas de vapor, las cuales se encargan de extraer el aire y el condensado formado.

7.1. Parametros Necesarios Para Dimensionar Tuberías de Vapor.

Cuando las tuberías de vapor son dimensionadas e instaladas incorrectamente, el vapor no llega a los equipos a las condiciones de presión y temperatura deseadas. Por tal motivo, es necesario considerar ciertos parámetros indispensables para un correcto dimensionamiento:

Caudal másico: Es la cantidad de vapor que fluye a través de la tubería de vapor que se quiere dimensionar.

Presión de vapor: Es aquella presión que se registra al comienzo de la tubería que se va a dimensionar.

Caída de presión máxima admisible: Es la máxima caída de presión que se puede admitir en el tramo de tubería que se está dimensionando.

Longitud total de la tubería: Es la longitud de la tubería horizontal más la longitud equivalente por la presencia de accesorios en la misma (válvulas, codos, conexiones, etc.).

Las observaciones más importantes que hay que tener presente para el cálculo de las tuberías de vapor son:

- Mientras más baja sea la presión del vapor, mayor tamaño de tubería se requerirá debido al incremento del volumen específico.
- A mayor caudal (mayor velocidad) se incrementa la caída de presión para un determinado diámetro de tubería. Además, se puede producir ruidos intensos.
- Debido a las altas velocidades que acompañan a toda caída de presión, el vapor erosionará más fácilmente las tuberías especialmente en los codos y en los cambios de dirección.

7.2. Distribución de las Tuberías de Vapor.

La distribución de las tuberías de vapor depende de la cantidad de equipos que operen con vapor y de su ubicación dentro de la planta procesadora. Deberá elegirse la distribución **más** Óptima de tal modo que asegure un buen funcionamiento del sistema, no se produzcan caídas **de** presión significativas, evite pérdidas excesivas de calor por radiación y convección y, minimice costos de instalación.

En la figura 7.1 se muestra gráficamente la distribución de las tuberías de vapor principales y secundarias con sus respectivas válvulas reguladoras, filtros y demás accesorios.

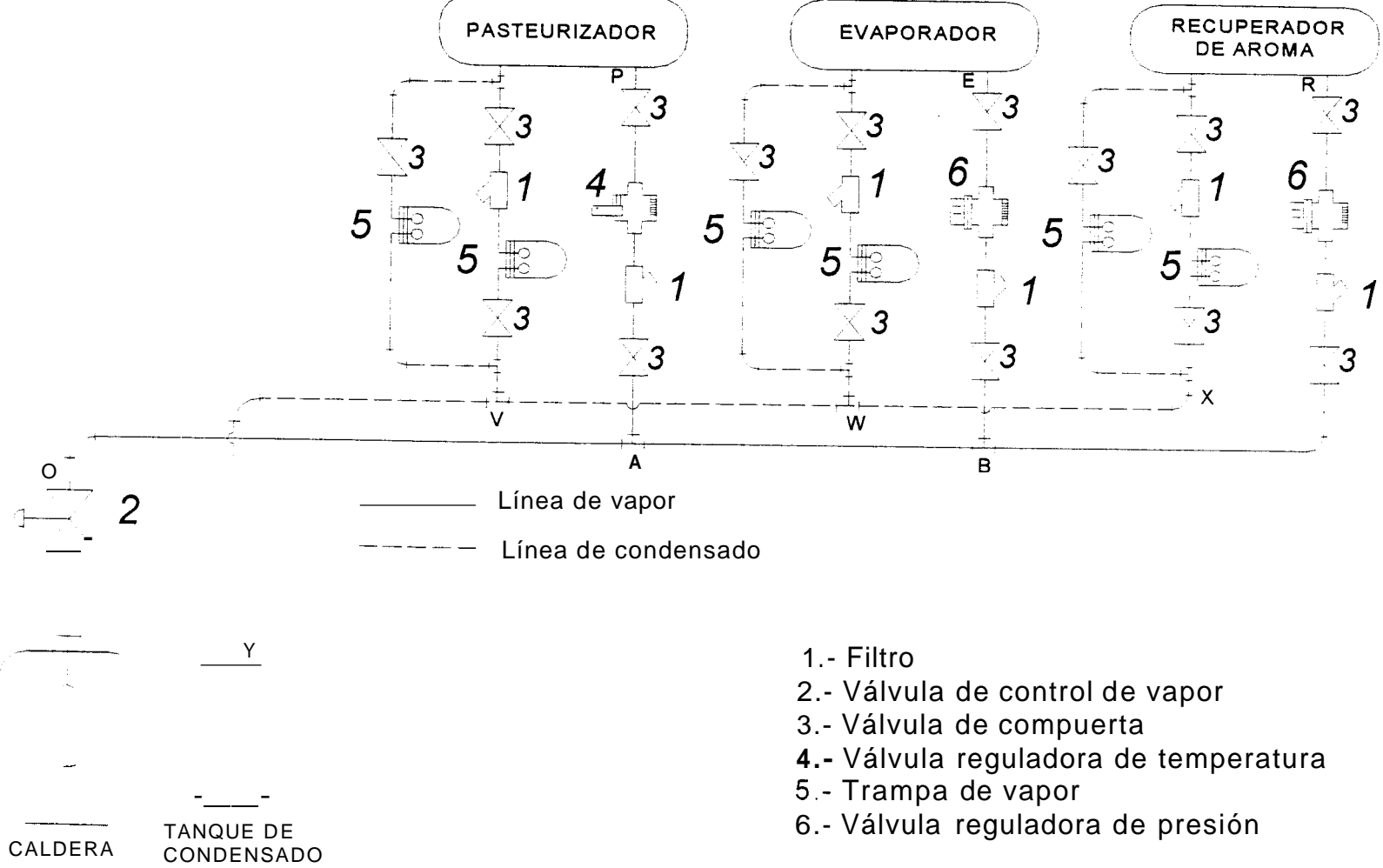


FIGURA 7.1. DISTRIBUCION DE TUBERIAS DE VAPOR Y CONDENSADO

7.3. Cálculo y Dimensionamiento de las Tuberías de Vapor.

Para dimensionar tuberías de vapor generalmente se sigue un procedimiento en el cual se emplean diagramas experimentales, los mismos que sirven para instalaciones de vapor de poca magnitud como aquellas encontradas en plantas industriales de capacidades medianas.

Las velocidades recomendadas para tuberías de vapor fluctúan entre 2000 y 12000 ft / min. Normalmente en tuberías principales de distribución se recomienda velocidades elevadas que van desde 5000 hasta 12000 ft / min; para tramos de conexión a equipos, en cambio se recomienda velocidades bajas que van desde 2000 hasta 5000 ft / min.

La tubería a ser utilizada en nuestro sistema de distribución de vapor es la recomendada por la Cleaver Brooks y las normas **ASTM** es del tipo acero al carbono 53 - **A** Schedule **40**, la cual resiste presiones de hasta 570 Psig.

Procedimiento de Cálculo: Se debe de especificar primero el tramo de tubería de vapor a dimensionar y los valores de los cuatro parámetros necesarios para el dimensionamiento (sección 7.1). Los pasos a seguir son:

Paso 1: Se entra a la figura 7.2 por la parte inferior izquierda con el caudal de vapor que va a circular por el tramo de tubería. Luego es necesario desplazarse horizontalmente hacia la derecha hasta interceptar la línea de presión que corresponda a dicho caudal.

Paso 2 A partir de este punto de intersección se asciende verticalmente en el diagrama hasta interceptar con una línea de velocidad (la de menor valor) que se encuentre dentro del rango recomendado.

Paso 3: Inmediatamente se deberá leer el diámetro de la tubería, el cual se indica en las líneas inclinadas. Si el punto de intersección se encuentra entre dos de estas líneas, se deberá tomar el diámetro inmediato superior.

Paso 4: Posteriormente, se calcula la caída de presión empleando la figura 7.3. Para dicho efecto, se entra al diagrama por la parte inferior con el caudal de vapor, luego se asciende verticalmente hasta interceptar la línea inclinada correspondiente al diámetro de la tubería escogida anteriormente.

Paso 5: A partir de este punto de intersección es necesario desplazarse horizontalmente hacia la izquierda para leer la caída de presión por cada 100 pies de tubería.

Paso 6: Luego hay que multiplicar esta caída de presión por la longitud de la tubería recta, recordando que es recomendable adicionar un 10 % más de longitud para incluir las caídas de presión debidas a los accesorios (codos, válvulas, etc.). La figura 7.3 está hecha para vapor saturado a 100 Psig, para otras presiones se debe multiplicar la caída de presión obtenida por el factor de corrección.

faso 7. Si la suma de caídas de presión en cada uno de los tramos de tubería resulta superior a la máxima permisible, se deberán repetir los pasos a base de velocidades inferiores, con lo que se tendría tuberías de mayor diámetro.

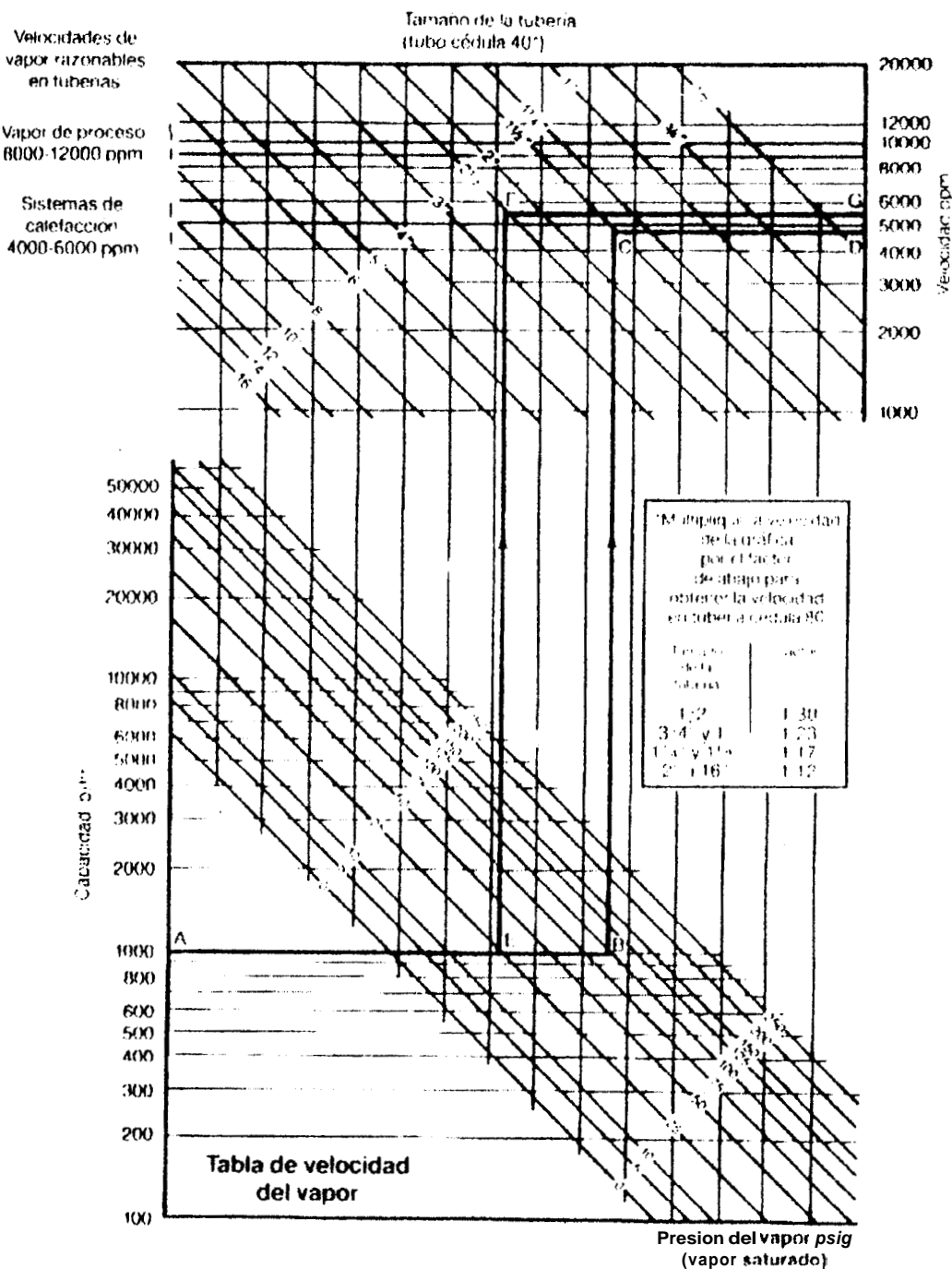


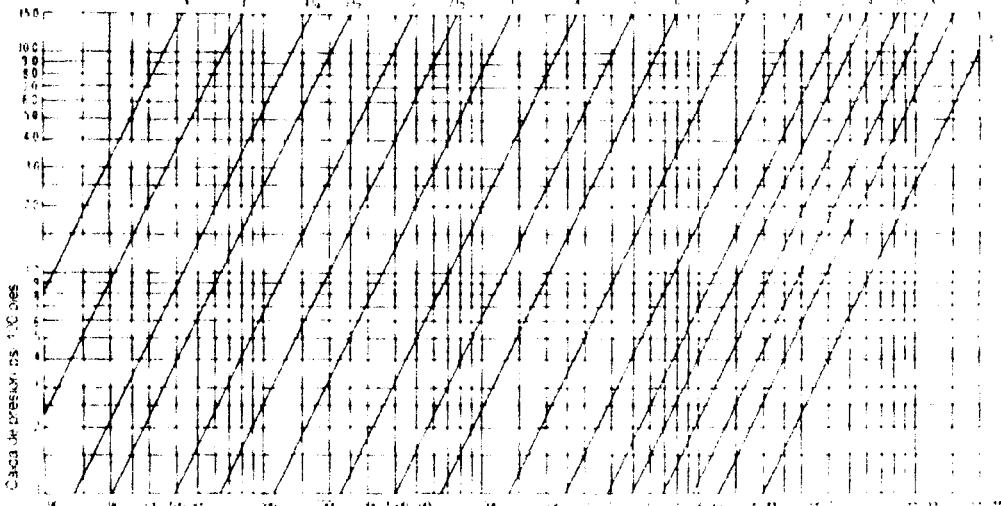
FIGURA 7.2. DIAGRAMA PARA DIMENSIONAR TUBERIAS DE VAPOR

CAIDA DE PRESION EN TUBERIA Sch-40 (0.1 a 150 psi)

VAPOR SATURADO A 100 PSIG

Para otras presiones, usar el factor de corrección

PSI	0	2	5	10	15	20	30	40	60	75	90	100	110	125	150	175	200	225	250	300	350	400	500	600
FACTOR	6.9	6.0	5.2	4.3	3.6	3.1	2.4	2.0	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1



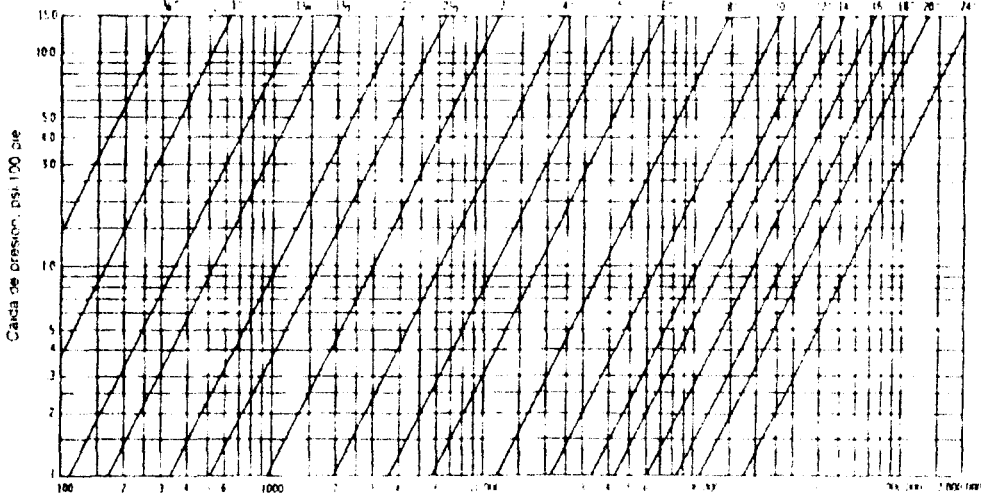
Flujo de vapor en lb/h

CAIDA DE PRESION EN TUBERIA Sch-80 (0.1 a 150 psi)

VAPOR SATURADO A 100 PSIG

Para otras presiones, usar el factor de corrección

PSI	0	2	5	10	15	20	30	40	60	75	90	100	110	125	150	175	200	225	250	300	350	400	500	600
FACTOR	6.9	6.0	5.2	4.3	3.6	3.1	2.4	2.0	1.5	1.3	1.1	1.0	0.92	0.83	0.76	0.62	0.54	0.45	0.38	0.31	0.25	0.19	0.14	0.11



Flujo de vapor en lb/h

FIGURA 7.3. DIAGRAMA PARA CALCULAR CAIDAS DE PRESION EN TUBERIAS DE VAPOR

De acuerdo a la figura 7.1, el circuito de distribución de vapor está compuesto por cinco tramos, dos principales y tres para conexiones a equipos (secundarios). Los tramos principales son: Tramo O – A y tramo A – B. Los tramos secundarios son: Tramo A – P, tramo B – E y tramo B – R. Los cálculos del diámetro y caídas de presión de cada tramo se detallan a continuación:

Tuberías de Vapor Principales:

Tramo O – A:

Caudal de vapor = 1721.5lb / h

Presión del vapor al inicio del tramo = 130 Psig

Velocidad, permisible = 5000 - 12000 ft / min

Longitud del tramo = 12 m

De la figura 7.2 se tiene:

Diámetro de la tubería = 1 ¼”

Velocidad del vapor = 8000 ft / min

De la figura 7.3 se tiene:

Factor de corrección = 0.804

Caída de presión = (15 Psig/ 30.48 m) (0.804) = 0.40 Psig/ m

Presión final del vapor = 130 Psig - (0.40 Psig/ m) (12 + 1.2) m

Presión final del vapor = 124.72 Psig

Tramo A – B:

Caudal de vapor = 645.5 lb / h

Presión del vapor al inicio del tramo = 124.72 Psig

Velocidad permisible = 5000 - 12000 ft / min

Longitud del tramo = 8 m

De la figura 7.2 se tiene:

Diámetro de la tubería = 1"

Velocidad del vapor = 5500 ft / min

De la figura 7.3 se tiene:

Factor de corrección = 0.83

Caída de presión = (9.2 Psig / 30.48 m) (0.83) = 0.25 Psig / m

Presión final del vapor = 124.72 Psig - (0.25 Psig / m) (8 + 0.8) m

Presión final del vapor = 122.52 Psig

Tuberías de Vapor Para Conexiones a Equipos:

Tramo A – P:

Caudal de vapor = 1076 lb / h

Presión del vapor al inicio del tramo = 124.72 Psig

Velocidad permisible = 2000 – 5000 ft / min

Longitud del tramo = 15 m

De la figura 7.2 se tiene:

Diámetro de la tubería = 1½”

Velocidad del vapor = 4000 ft / min

De la figura 7.3 se tiene:

Factor de corrección = 0.83

Caída de presión = (2.7 Psig / 30.48 m) (0.83) = 0.074 Psig / m

Presión final del vapor = 124.72 Psig - (0.074 Psig / m)(15 + 1.5)m

Presión final del vapor = 123.50 Psig

Tramo B – E:

Caudal de vapor = 495.8 lb / h

Presión del vapor al inicio del tramo = 122.52 Psig

Velocidad permisible = 2000 - 5000 ft / min

Longitud del tramo = 12 m

De la figura 7.2 se tiene:

Diámetro de la tubería = 1”

Velocidad del vapor = 4429 ft / min

De la figura 7.3 se tiene:

$$\text{Factor de corrección} = 0.845$$

$$\text{Caída de presión} = (5.5 \text{ Psig} / 30.48 \text{ m}) (0.845) = 0.15 \text{ Psig} / \text{ m}$$

$$\text{Presión final del vapor} = 122.52 \text{ Psig} - (0.15 \text{ Psig} / \text{ m}) (12 + 1.2) \text{ m}$$

$$\text{Presión final del vapor} = 120.54 \text{ Psig}$$

Tramo B– R:

$$\text{Caudal de vapor} = 149.7 \text{ lb} / \text{ h}$$

$$\text{Presión del vapor al inicio del tramo} = 122.52 \text{ Psig}$$

$$\text{Velocidad permisible} = 2000 - 5000 \text{ ft} / \text{ min}$$

$$\text{Longitud del tramo} = 18 \text{ m}$$

De la figura.7.2 se tiene:

$$\text{Diámetro de la tubería} = \frac{3}{4} \text{ ''}$$

$$\text{Velocidad del vapor} = 2167 \text{ ft} / \text{ min}$$

De la figura 7.3 se tiene:

$$\text{Factor de corrección} = 0.845$$

$$\text{Caída de presión} = (1.85 \text{ Psig} / 30.48 \text{ m}) (0.845) = 0.051 \text{ Psig} / \text{ m}$$

$$\text{Presión final del vapor} = 122.52 \text{ Psig} - (0.051 \text{ Psig} / \text{ m}) (18 + 1.8) \text{ m}$$

$$\text{Presión final del vapor} = 121.51 \text{ Psig}$$

En estas tuberías de vapor se encuentran instaladas válvulas reguladoras de temperatura, presión y flujo, las cuales se muestran en los apéndices **K**, **L** y **M**. En la tabla XV se resumen los cálculos realizados anteriormente para el circuito de distribución de vapor:

TABLA XV
DIMENSIONES DE LAS TUBERIAS DE VAPOR

Tramo	Longitud (m)	Caudal (lb / h)	Diámetro (pulg)	Velocidad (ft / min)	Caída de Presión (Psi)
O – A	12	1721.5	1%	8000	5.28
A – B	8	645.5	1	5500	2.20
A – P	15	1076	1½	4000	1.22
B – E	12	495.8	1	4429	1.98
B – R	18	149.7	¾	2167	1.01

7.4. Selección del Espesor y Aislante de la Tubería de Vapor.

El aislamiento térmico en las tuberías, por cuyo interior circula un fluido a una temperatura mayor que la del ambiente, tiene por objeto retardar el flujo de calor hacia el exterior, evitando que la eficiencia de la planta térmica disminuya considerablemente. Para efectuar la selección deben tomarse en cuenta las siguientes observaciones:

- **El aislante debe tener alta resistencia a la transferencia de calor.**
- El material aislante debe ser capaz de soportar la temperatura máxima de operación del fluido que circula por la tubería.
- El aislante debe acoplarse adecuadamente sobre la superficie de la tubería y formar una buena unión.
- De preferencia el aislante debe ser impermeable; caso contrario, debe ir protegido con un revestimiento si fuere necesario.
- El material aislante debe ser de fácil adquisición en el mercado.

Materiales aislantes: Los aislantes térmicos para tuberías de vapor y condensado pueden ser de dos formas: flexibles y rígidos. En el mercado existe una amplia variedad de aislantes térmicos empleados en plantas térmicas entre los cuales tenemos:

- Lana de vidrio.
- Magnesia plástica⁴ 85 %.
- Cerámicas.
- Polímeros.
- Silicatos de calcio hidratado.
- Fibra de asbesto, papel de asbesto.

Contiene 85 % de carbonato de magnesio con 15 % de fibra de asbesto.

Espesor del aislante térmico: El grosor que se requiere de aislamiento para cualquier aplicación específica depende de las características del material aislante; aumenta según aumente el diámetro de la tubería y la temperatura del fluido que circula por el interior de la misma.

Para nuestro caso, se aislará la tubería de vapor y de retorno de condensado. Con la ayuda del apéndice J, el aislante que se utilizará es lana de vidrio rígida (cañuelas) con un laminado de aluminio; las características son las siguientes:

Temperatura de Operación: - 84 °C a 454 °C

Conductividad térmica a 24 °C: 0.0346 w / m °C

Densidad: 68.23 kg / m³

En la tabla **XVI se** muestran los espesores seleccionados del aislante (lana de vidrio) de acuerdo al diámetro nominal de la tubería y temperatura de operación:

TABLA XVI

**ESPESOR DEL AISLANTE (LANA DE VIDRIO) PARA LAS
TUBERIAS DE VAPOR Y CONDENSADO**

Diámetro de tubería (pulg)	Temperatura de operación (°C)	Espesor del aislante (pulg)
½	120	1
¾	180	1
1	180	1½
1	120	1½
1½	180	1½
1½	180	2
2	120	2

7.5. Distribución de las Tuberías de Retorno de Condensado.

Una vez que el vapor ha cedido el calor requerido en el proceso, retorna en forma de condensado, por un sistema de tuberías, conocido con el nombre de sistema de retorno de condensado. En la mayoría de los casos, la distribución de estas tuberías de retorno de condensado siguen el mismo recorrido de las tuberías de vapor.

Para nuestro caso, la distribución y longitudes de las tuberías de retorno de condensado desde los equipos hasta el tanque de almacenamiento de agua se muestra en la figura 7.1.

7.6. Cálculo y Dimensionamiento de las Tuberías de Retorno de Condensado.

Las tuberías de retorno de condensado no se pueden dimensionar como si se tratara simplemente de tuberías de agua, el principal problema reside en el efecto de revaporizado. El condensado antes de ser descargado por las trampas de vapor, es agua caliente a la presión de trabajo de la instalación; una vez descargado pasa a ser agua caliente a la presión de la línea de condensado, más cierta cantidad de revaporizado.

No obstante, para casos prácticos y como aproximación se puede seguir un procedimiento de cálculo basado en los tres períodos de funcionamiento de la planta de vapor:

Puesta en marcha: Periodo durante el cual el aire y el condensado frío son descargados a través de las trampas de vapor.

Pre calentamiento: La trampa de vapor descarga gran cantidad de condensado frío (de 2 a 3 veces el de régimen) debido a que la

instalación no llega a la temperatura de régimen. Durante este periodo, se tiene una gran caída de presión en el aparato, por lo que se producirá una cantidad muy pequeña de revaporizado.

Régimen: Es cuando realmente se alcanza el caudal operativo de la caldera. La instalación alcanza la temperatura normal de trabajo y el caudal de condensado se reduce al normal de régimen, pero como el condensado tiene ahora una temperatura próxima a la del vapor, se tendrá revaporizado.

La experiencia indica que si se diseñan **las** tuberías de retorno de condensado como si se trataran de tuberías de agua con el caudal correspondiente a las condiciones de precalentamiento (2 veces el caudal de régimen), serán capaz de transportar el condensado y revaporizado de régimen.

Para el dimensionamiento de las tuberías de retorno de condensado se recomienda usar una velocidad de 5000 ft / min, con la finalidad de que la mezcla condensado - revaporizado circule sin producir presiones excesivas y deterioro en la tubería.

Por otro lado, para no reducir la capacidad de descarga de las trampas de vapor, especialmente en el momento de la puesta en

marcha (bastante condensado y poca presión), se recomienda dimensionar las tuberías de retorno de condensado con caídas de presión menores a 0.1 kg / cm^2 (1.42 Psig) por cada 100 metros de recorrido.

La tubería a ser utilizada en nuestro sistema de recuperación de condensado es de la misma calidad que la utilizada en vapor, es decir, acero al carbono, Schedule 40.

Procedimiento de Cálculo: Se debe de especificar primero el tramo de tubería de condensado a dimensionar. Los datos necesarios para el dimensionamiento son:

- Caudal de condensado.
- Presión de vapor.
- Presión en la tubería de retorno.
- Velocidad permisible en la tubería de retorno (5000 ft / min)

Los pasos a seguir son:

Paso 1: Se debe encontrar la velocidad en el sistema (ft / min) por cada 100lb / h de condensado, esto es:

$$V_{\text{sistema}} = \text{Veloc. permisible} \times 100 / \text{caudal de cond. (lb / h)} \dots (7.1)$$

Paso 2: Con el dato de la presión de vapor (de suministro) y la presión de retorno de condensado, se entra a la figura 7.4 para encontrar el factor de escala.

Paso 3: A la velocidad obtenida en el paso 1 se la corrige dividiéndola para el factor de escala, obteniendo la velocidad en ft / min por cada 100 lb / h de condensado.

Paso 4: Con el valor de la velocidad corregida se entra a la figura 7.4 para encontrar el punto de intersección que forme con el dato de la presión de vapor, leyéndose el diámetro de tubería. Si el punto de intersección se encuentra entre dos de estas líneas de diámetros, se deberá tomar el diámetro inmediato superior.

Paso 5: Posteriormente, se calcula la caída de presión empleando la figura 7.5. Para dicho efecto, se entra al diagrama por la parte derecha con el caudal de condensado, luego hay que desplazarse horizontalmente hasta interceptar la línea inclinada correspondiente al diámetro de la tubería escogida anteriormente.

Paso 6 A partir de este punto de intersección es necesario desplazarse verticalmente hacia arriba para leer la caída de presión por cada 100 metros de tubería.

Paso 7. Luego hay que multiplicar esta caída de presión por la longitud de la tubería recta, recordando que es recomendable adicionar un 10 % más de longitud para incluir las caídas de presión debidas a los accesorios (codos, válvulas, etc.).

Paso 8: Si la suma de caídas de presión en cada uno de los tramos de tubería resulta superior a la máxima permisible, se deberán repetir los pasos a base de velocidades inferiores, con lo que se tendría tuberías de mayor diámetro.

Para otras tuberías multiplique
 la vel. de la tubería de 3 por:
 Factor
 1.5
 2.0
 2.5
 3.0
 4.0
 5.0
 10

cuando se desee que a una presión mayor
 se le suministre el multiplicar la veloci-
 dad por el factor correspondiente por
 la presión de suministro y descarga.

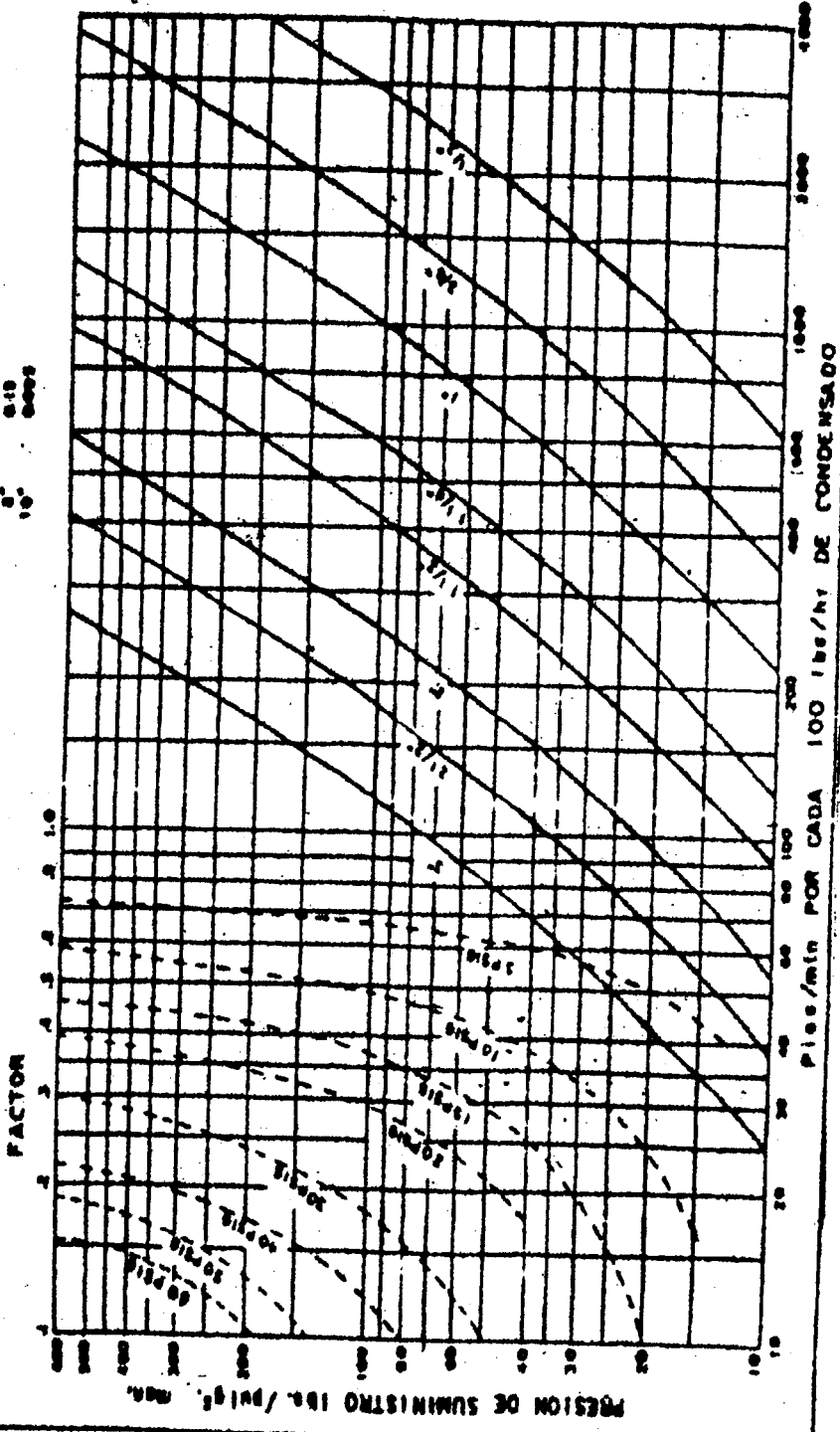


FIGURA 7.4. DIAGRAMA PARA DIMENSIONAR TUBERIAS DE CONDENSADO

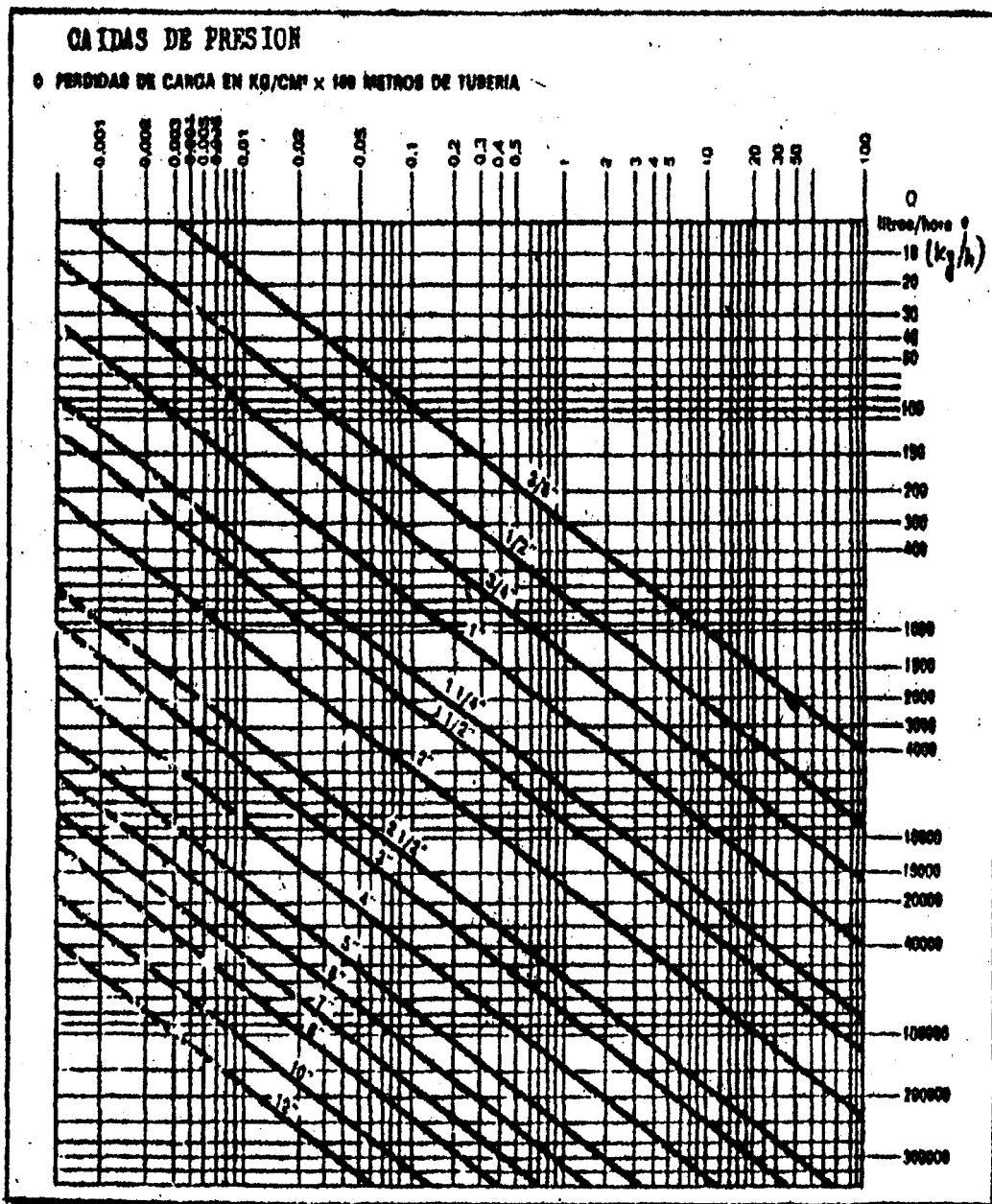


FIGURA 7.5. DIAGRAMA PARA CALCULAR CAIDAS DE PRESION EN TUBARIAS DE CONDENSADO

De acuerdo a la figura 7.1, el circuito de retorno de condensado está compuesto por tres tramos: X – W, W – V y V – Y. Los cálculos del diámetro y caídas de presión de cada tramo se detallan a continuación:

Tramo X – W:

$$\text{Presión de vapor} = 29 \text{ Psig} = 2.04 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Presión en la tubería de retorno} = 10 \text{ Psig} = 0.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Caudal de condensado} = 149.7 \text{ lb/h} \times 2 = 299.4 \text{ lb/h} = 136.1 \text{ kg/h}$$

$$\text{Velocidad permisible} = 5000 \text{ ft/min}$$

$$\text{Longitud del tramo} = 6 \text{ m}$$

Aplicando el procedimiento de calculo se tiene:

$$V_{\text{sistema}} = (5000 \text{ ft/min}) \times 100 / (299.4 \text{ lb/h})$$

$$V_{\text{sistema}} = 1670.0 \text{ ft/min} / 100 \text{ lb/h de condensado}$$

De la figura 7.4 se tiene:

$$\text{Factor de escala} = 0.33$$

$$V_{\text{corregida}} = (1670.0 \text{ ft/min}) / 0.33$$

$$V_{\text{corregida}} = 5060.61 \text{ ft/min} / 100 \text{ lb/h de condensado}$$

$$\text{Diámetro de la tubería} = \frac{1}{2} \text{ ''}$$

De la figura 7.5 se tiene:

$$\text{Caída de presión} = 0.05 \text{ kg/cm}^2 / 100 \text{ m} = 0.0005 \text{ kg/cm}^2 / \text{m}$$

$$\text{Caída de presión} = (0.0005 \text{ kg/cm}^2 / \text{m}) (6 + 0.6) \text{ m}$$

$$\text{Caída de presión} = 0.0033 \text{ kg/cm}^2 = 0.047 \text{ Psig}$$

Tramo W– V:

$$\text{Presión de vapor} = 72.6 \text{ Psig} = 5.1 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Presión en la tubería de retorno} = 10 \text{ Psig} = 0.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Caudal de condensado} = 645.5 \text{ lb/h} \times 2 = 1291 \text{ lb/h} = 586.8 \text{ kg/h}$$

$$\text{Velocidad permisible} = 5000 \text{ ft/min}$$

$$\text{Longitud del tramo} = 10 \text{ m}$$

Aplicando el procedimiento de cálculo se tiene:

$$V_{\text{sistema}} = (5000 \text{ ft/min}) \times 100 / (1291 \text{ lb/h})$$

$$V_{\text{sistema}} = 387.3 \text{ ft/min} / 100 \text{ lb/h de condensado}$$

De la figura 7.4 se tiene:

$$\text{Factor de escala} = 0.46$$

$$V_{\text{corregida}} = (387.3 \text{ ft/min}) / 0.46$$

$$V_{\text{corregida}} = 841.9 \text{ ft/min} / 100 \text{ lb/h de condensado}$$

$$\text{Diámetro de la tubería} = 1''$$

De la figura 7.5 se tiene:

$$\text{Caída de presión} = 0.075 \text{ kg/cm}^2 / 100 \text{ m} = 0.00075 \text{ kg/cm}^2 / \text{m}$$

$$\text{Caída de presión} = (0.00075 \text{ kg/cm}^2 / \text{m}) (10 + 1) \text{ m}$$

$$\text{Caída de presión} = 0.0083 \text{ kg/cm}^2 = 0.12 \text{ Psig}$$

Tramo V – Y:

$$\text{Presión de vapor} = 120 \text{ Psig} = 8.43 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Presión en la tubería de retorno} = 10 \text{ Psig} = 0.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Caudal de condensado} = 1721.5 \text{ lb/h} \times 2 = 3443 \text{ lb/h} = 1565 \text{ kg/h}$$

$$\text{Velocidad permisible} = 5000 \text{ ft/min}$$

$$\text{Longitud del tramo} = 21 \text{ m}$$

Aplicando el procedimiento de cálculo se tiene:

$$V_{\text{sistema}} = (5000 \text{ ft/min}) \times 100 / (3443 \text{ lb/h})$$

$$V_{\text{sistema}} = 145.22 \text{ ft/min} / 100 \text{ lb/h de condensado}$$

De la figura 7.4 se tiene:

$$\text{Factor de escala} = 0.5$$

$$V_{\text{corregida}} = (145.22 \text{ ft/min}) / 0.5$$

$$V_{\text{corregida}} = 290.44 \text{ ft/min} / 100 \text{ lb/h de condensado}$$

$$\text{Diámetro de la tubería} = 2''$$

De la figura 7.5 se tiene:

$$\text{Caída de presión} = 0.0177 \text{ kg/cm}^2 / 100 \text{ m} = 0.000177 \text{ kg/cm}^2 / \text{m}$$

$$\text{Caída de presión} = (0.000177 \text{ kg/cm}^2 / \text{m}) (21 + 2.1) \text{ m}$$



$$\text{Caída de presión} = 0.0041 \text{ kg/cm}^2 = 0.058 \text{ Psig}$$

En la tabla XVII se resumen los cálculos realizados anteriormente para el circuito de retorno de condensado:

TABLA XVII

DIMENSIONES DE LAS TUBERIAS DE CONDENSADO

Tramo	Longitud (m)	Caudal (lb/h)	Diámetro (pulg)	Velocidad (ft/min)	Caída de Presión (Psi)
X - W	6	299.4	½	5000	0.047
W - V	10	1291	1	5000	0.12
V - Y	21	3443	2	5000	0.058

7.7. Selección de Trampas de Vapor.

Una trampa de vapor es prácticamente una válvula automática, es un elemento mecánico necesario en las instalaciones de vapor, pues con ella se consigue extraer el condensado que se forma, eliminar el aire y los gases condensables e impedir la pérdida de vapor en el sistema.

Las trampas de vapor tienen una gran diversidad de aplicaciones industriales; por tal motivo, se han logrado fabricar diferentes tipos de acuerdo a las necesidades, clasificándolas de la siguiente manera:

- Trampas tipo termostáticas: de presión equilibrada, para expansión líquida, bimetálicas.
- Trampas tipo mecánicas: de flotador termostática, de balde invertido, de balde abierto.
- Trampas de impulso.
- Trampas termodinámicas.

Para especificar adecuadamente una trampa de vapor se tiene que conocer del sistema de retorno de condensado los siguientes parámetros:

- Factor de seguridad recomendado.
- Caudal de condensado que va a separar la trampa de vapor.
- Presión máxima permitida.
- Presión diferencial entre la entrada y la salida de la trampa.

Para equipos de proceso, la trampa de vapor a utilizar se determina en base a la aplicación particular; para aquello, la tabla XVIII sirve de guía para seleccionar el tipo de trampa adecuada.

TABLA XVIII

GUIA DE SELECCION DE TRAMPAS PARA VAPOR

Aplicación	Primera Opción						Segunda Opción					
	Flotador Termostático	Termo- námica	Presión Balanceada	Binética	Expansión líquida	Bal- de inverti	Flotador Termostático	Termo- námica	Presión Balanceada	Binética	Expansión líquida	Bal- de invertido
Taberías de Vapor	Hasta 30 psig ✓											✓
	30-400 psig	✓										✓
	Hasta 600 psig	✓										✓
	Hasta 900 psig	✓										✓
	Hasta 2000 psig	✓										✓
	Con vapor recalentado	✓								✓		✓
Separadores	✓											✓
Línea de Tracing	Critico	✓						✓				
	No Critico		✓					✓				
Equipo de calentamiento												
Intercambiadores de calor de carcasa y tubos	✓											✓
Serpentines	✓											✓
Calentadores de aire por convección	✓											✓
Intercambiadores de calor de placas	✓											✓
Radadores			✓									
Equipo de procesos generales												
	Hasta 30 psig	✓										✓
	Hasta 200 psig	✓										✓
	Hasta 465 psig	✓										✓
	Hasta 600 psig											✓
	Hasta 900 psig											✓
	Hasta 2000 psig											✓
Equipo de Hospitales												
Autoclaves	✓									✓		
Esterilizadores	✓									✓		
Calentamiento de fuel oil												
Tanques de almacenamiento			✓				✓					
Calentadores en línea	✓											
Tanques												
Tanques de almacenamiento			✓				✓					
Tanques de proceso	✓											
Prensas vulcanizadoras		✓					✓					
Vaporadores	✓											✓
Ebullidores	✓											✓
Molinos rotativos	✓											✓
Protección contra anegamiento					✓							

Para nuestro caso, en el pasteurizador y recuperador de aroma (intercambiadores de calor de carcaza y tubos) y en el evaporador se debe instalar como alternativa preferible trampas de vapor tipo flotador termostáticas, las cuales se muestran el en apéndice N. Como segunda opción se puede usar trampas de vapor de balde invertido. **Los** parámetros necesarios para la selección **se** detallan a continuación:

Trampa del Pasteurizador:

Factor de seguridad recomendado = 2

Caudal de condensado = $1076 \text{ lb / h} \times 2 = 2152 \text{ lb / h} = 978.2 \text{ kg / h}$

Presión máxima permitida = 125 Psig = 8.61 bar

Presión diferencial = $125 \text{ Psig} - 10 \text{ Psig} = 115 \text{ Psig} = 7.92 \text{ bar}$

Trampa del Evaporador:

Factor de seguridad recomendado = 2

Caudal de condensado = $495.8 \text{ lb/h} \times 2 = 991.6 \text{ lb/h} = 450.7 \text{ kg/h}$

Presión máxima permitida = 75 Psig = 5.17 bar

Presión diferencial = $75 \text{ Psig} - 10 \text{ Psig} = 65 \text{ Psig} = 4.48 \text{ bar}$

Trampa del Recuperador de Aroma:

Factor de seguridad recomendado = 2

Caudal de condensado = $149.7 \text{ lb / h} \times 2 = 299.4 \text{ lb / h} = 136.1 \text{ kg / h}$

Presión máxima permitida = 30 Psig = 2.1 bar

Presión diferencial = 30 Psig - 10 Psig = 20 Psig = 1.38 bar

Las tuberías de entrada y salida de las trampas de vapor serán por lo menos del diámetro de las conexiones de las trampas; si las tuberías hasta y desde las trampas tienen más de 1.2 metros de largo, deberán ser de un diámetro mayor que las trampas.

7.8. Localización de las Trampas de Vapor.

Para un óptimo funcionamiento de las trampas de vapor, éstas deben ser ubicadas en los lugares más idóneos; para aquello, se debe tener presente las siguientes observaciones:

- Las trampas deben estar debajo del equipo o de la tubería que se quiere drenar para permitir al condensado fluir con gravedad.
- Las trampas deben estar cerca de los equipos que se desea drenar.
- Las trampas deben estar cerca del piso para facilitar su mantenimiento.

CAPITULO VIII

1. ANALISIS DE COSTOS.

Para llevar a cabo un proyecto de inversión, una de las primeras actividades que se realiza es el análisis de los costos involucrados en el mismo, a fin de poder conseguir la fuente de financiamiento necesaria para su ejecución.

Si bien es cierto que, para elaborar concentrado de maracuyá se necesita una serie de maquinaria y equipos, en este capítulo solo se realizará el análisis de costos de aquellos involucrados únicamente con el sistema de vapor, ya que constituye el objetivo principal de estudio de esta Tesis.

Respecto a la mano de obra, se presentarán los costos involucrados con la instalación de todo el sistema de vapor. Además se hará un análisis de **costos** de materia prima, es decir, del agua utilizada para generar vapor.

8.1. Costos de Maquinarias y Equipos.

Los costos de maquinaria y equipos pertenecientes al sistema de vapor se detallan en la tabla XIX. Estos valores están expresados en dólares y han sido cotizados en la ciudad de Guayaquil en Julio de 2001, en la empresa LA LLAVE S.A, la cual distribuye productos marca Spirax - Sarco.

TABLA XIX
COSTOS DE MAQUINARIA Y EQUIPOS
(US\$)

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
A				
1	Caldera Cleaver Brooks, de 60 CC, pirotubular, 4 pasos	1	35000	35000
2	Tanque de combustible de uso diario, acero, 435 gal	1	300	300
3	Tanque de combustible de reserva, acero, 4794 gal	1	1250	1250
4	Tubería para combustible, acero, cédula 40, de 1¼"	70 m	3.7	259
5	Tanque de condensado, de acero inoxidable, de 360 gal	1	350	350
6	Tubería para agua de alimentación, acero, cedula 40, 1¼"	6 m	3.7	22.2
7	Ablandador de Agua, de 7.5 GPM, 20500 granos / gal	1	936.41	936.41
8	Chimenea, H = 17.21m, D = 29 cm, espesor = 5 mm	1	500	500
	SUB-TOTAL A			38617.61

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
B	DISTRIBUCION DE VAPOR			
1	Tubería para vapor, de acero, cédula 40, de 1 1/2"	15 m	4.2	63
2	Tubería para vapor, de acero, cédula 40, de 1 1/4"	12 m	3.7	44.4
3	Tubería para vapor, de acero, cédula 40, de 1"	20 m	2.72	54.4
4	Tubería para vapor, de acero, cédula 40, de 3/4"	18 m	2.38	42.84
5	Válvula de Control del Vapor, Serie LE, de 1 1/4"	1	1200	1200
6	Válvula reguladora de temperatura, 25T, de 1 1/4"	1	1542.15	1542.15
7	Válvula reguladora de presión, 25P, de 3/4"	1	1176.26	1176.26
8	Válvula reguladora de presión, 25P de 1/2"	1	968.82	968.82
9	Válvula de compuerta, T - 134 - A, de 1 1/2"	2	60.45	120.9
10	Válvula de compuerta, T - 134 - A, de 1"	2	36.34	72.68
11	Válvula de compuerta, T - 134 - A, de 3/4"	2	27.76	55.52
12	Filtro IT, de 1 1/2"	1	36.6	36.6
13	Filtro IT, de 1 1/4"	1	27.23	27.23
14	Filtro IT, de 1"	1	22.63	22.63
15	Filtro IT, de 3/4"	1	17.92	17.92
16	Codo, de acero, 1 1/2" x 90	2	3.05	6.1
17	Codo, de acero, 1 1/4" x 90	2	1.64	3.28
18	Codo, de acero, 1" x 90	1	1.3	1.3
19	Codo, de acero, 3/4" x 90	2	0.92	1.84
20	Te, de acero, de 1 1/4"	1	2.53	2.53
21	Te, de acero, de 1"	1	1.64	1.64
22	Reducción, de acero, de 1 1/2" x 1 1/4"	2	1.85	3.7
23	Reducción, de acero, de 1 1/4" x 1"	1	1.45	1.45
24	Reducción, de acero, de 1" x 3/4"	3	1.21	3.63
25	Reducción, de acero, de 3/4" x 1/2"	2	0.83	1.66

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
26	Aislante térmico, Fiberglas, cañuela. de 1 1/2"	15 m	6.26	93.9
27	Aislante térmico, Fiberglas, cañuela. de 1 1/4"	12 m	5.69	68.28
28	Aislante térmico, Fiberglas, cañuela, de 1"	20 m	5.08	101.6
29	Aislante térmico, Fiberglas, cañuela, de 3/4"	18 m	5	90
				5826.26
C	RETORNO DE CONDENS.			
1	Tubería para condensado, de acero, cédula 40, de 2"	21 m	5.68	119.28
2	Tubería para condensado, de acero, cédula 40, de 1"	10 m	2.72	27.2
3	Tubería para condensado, de acero, cédula 40, de 1/2"	6 m	1.98	11.88
4	Trampa de flotador termostática, FT - 125, 1 1/2"	2	256.71	513.42
5	Trampa de flotador termostática, FT - 75, 1"	2	396.61	793.22
6	Trampa de flotador termostática, FT - 30, 1/2"	2	181.51	363.02
7	Válvula de compuerta, T - 134 - A, de 1 1/2"	3	60.45	181.35
8	Válvula de compuerta, T - 134 - A, de 1"	3	36.34	109.02
9	Válvula de compuerta, T - 134 - A, de 1/2"	3	23.51	70.53
10	Filtro IT, de 1 1/2"	1	36.6	36.6
11	Filtro IT, de 1"	1	22.63	22.63
12	Filtro IT, de 1/2"	1	15.73	15.73
13	Codo, de acero, 2" x 90	2	4.92	9.84
14	Codo, de acero, 1 1/2" x 90	3	3.05	9.15
15	Codo, de acero, 1" x 90	3	1.3	3.9
16	Codo, de acero, 1/2" x 90	4	0.56	2.24
17	Te, de acero, de 2"	1	5.05	5.05
18	Te, de acero, de 1 1/2"	2	3.46	6.92
19	Te, de acero, de 1"	3	1.64	4.92
20	Te, de acero, de 1/2"	2	0.75	1.5

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
21	Reducción, de acero, de 2" x 1 1/2"	1	2.69	2.69
22	Reducción, de acero, de 2" x 1"	1	2.96	2.96
23	Reducción, de acero, de 1" x 1 1/2"	1	1.35	1.35
24	Aislante térmico, Fiberglas, cañuela, de 2"	21 m	7.25	152.25
25	Aislante térmico, Fiberglas, cañuela, de 1"	10 m	5.08	50.80
26	Aislante térmico, Fiberglas, cañuela, de 1 1/2"	6 m	4.92	29.52
	SUB-TOTAL C			2546.97
	TOTAL A + B + C			46990.84

8.2. Costos de Mano de Obra.

Los costos generados por mano de obra se van a referir a pagos que hay que hacer al personal para llevar a cabo la instalación del sistema de vapor para el procesamiento de concentrado de maracuyá. Estos valores están expresados en dólares, han sido cotizados en la ciudad de Guayaquil en Julio de 2001 y se detallan a continuación en la tabla XX.

TABLA XX
COSTOS DE MANO DE OBRA
(US\$)

DESCRIPCION	COSTO TOTAL
Transporte de Maquinaria y Equipos	1200
Instalación de Tuberías de Vapor, de Condensado y Accesorios	1500
Instalación del Generador de Vapor, incluyendo materiales	6000
TOTAL	8700

8.3. Costos de Materia Prima.

El agua constituye la materia prima en todo sistema de generación de vapor. En la ciudad de Guayaquil, el metro cúbico de agua está costando aproximadamente 20 centavos de dólar (Julio de 2001). Tomando como base este valor y con las pérdidas de vapor y condensado asumidas en el capítulo VI (281.7 kg / h), se tiene que durante las 12 horas de trabajo de la caldera, es necesario tomar de la red de distribución de agua potable 3.38 m³ por cada día de trabajo, lo cual equivale a un costo de 67.6 centavos de dólar.

Por otro lado, si bien es cierto que el combustible consumido en la generación de vapor no es considerado como materia prima, es

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

1. El Ecuador es uno de los mayores productores de concentrado de maracuyá en el mundo, lo que ha generado en la última década grandes ingresos económicos para el país. Las estadísticas indican una tendencia creciente de las exportaciones a través de los años, lo cual es un indicador de la existencia de mercado por abastecer.
2. De acuerdo a las proyecciones futuras de la venta de Concentrado de maracuyá del Ecuador, es rentable la instalación de una planta mediana de concentrado de maracuyá con una capacidad de procesamiento de cuatro toneladas métricas por hora, con una jornada de trabajo de cinco días a la semana y doce horas diarias.
3. Para procesar una tonelada métrica de concentrado de maracuyá se requiere de 6.5 C.C en el pasteurizador, 3 C.C en el evaporador y 0.9 C.C en el recuperador de aroma, es decir, un total de 10.4 C.C.

importante hacer mención de los gastos que representa éste. Del capítulo **V** se tiene que el consumo de combustible (diesel oil) de la caldera sera de 18.16 **GPH**; considerando las 12 horas de trabajo durante el día y un precio de 0.8 dólares por cada galón de diesel (Julio de 2001), los costos equivaldrían a 174.34 dólares diarios.

4. Según los requerimientos de vapor en el proceso y las condiciones de presión y temperatura en cada equipo térmico, el generador de vapor más adecuado resultó ser uno tipo pirotubular, marca Cleaver Brooks, horizontal, a diesel, de cuatro pasos, con una presión de operación de 150 Psig, con 85% de eficiencia y una capacidad real de generación de vapor de 60 C.C (939 kg / h).

5. El combustible más adecuado para la operación del generador de vapor en nuestro medio es el Diesel oil por las diversas ventajas que éste ofrece. Estará almacenado en dos tanques: uno de servicio diario de 435.84 galones y otro de reserva de 4794.24 galones.

6. La potencia requerida de la bomba de combustible es de 1/4 HP, de engranajes, con una capacidad de 18.16 GPH y una presión de descarga de 100 Psig, la cual alimentará a un quemador de combustible con atomización por aire, con una capacidad real de manejo de aire de 684.63 CFM.

7. Se requiere de una chimenea de 17.21 metros de altura con un diámetro de 29 centímetros, con una capacidad de evacuación de gases de escape de 2985.95 lb / h.

La caldera demanda 4.2 GPM de agua, que será almacenada en un tanque de condensado de 360 galones y bombeada con una bomba tipo turbina con una potencia de 1¼ HP, funcionando intermitentemente, con una capacidad de 8.4 galones por minuto y una presión de descarga de 175 Psig.

Las tuberías a usar son de acero, cédula 40. Para tuberías principales de vapor los diámetros son: Tramo O - A, 1¼"; tramo A - B, 1". Para tuberías de vapor que conectan a equipos los diámetros son: Tramo A - P, 1½"; tramo B - E, 1" y; tramo B - R, ¾". Para tuberías de retorno de condensado los diámetros son: Tramo X - W, ½"; tramo W - V, 1" y; tramo V - Y, 2".

Para un mejor aprovechamiento de la energía térmica, el material aislante más adecuado es la lana de vidrio rígida, de varios diámetros y espesores dependiendo de la tubería, estará sometida a una temperatura de trabajo máxima de 180 °C.

Las trampas de vapor que se deben usar en los equipos térmicos utilizados para procesar concentrado de maracuyá son las tipo flotador termostática como primera opción. Como segunda opción se pueden utilizar las de balde invertido.

2. Los costos de maquinaria, equipos y mano de obra relacionados con el sistema de vapor de una planta procesadora de concentrado de maracuyá ascienden a 55690.84 dólares.

3. Esta Tesis representa una guía de consulta interesante para las personas que laboran en la industria del concentrado de maracuyá, y en especial, para aquellos interesados en incursionar en esta área mediante la instalación de una planta para procesar maracuyá a nivel industrial.

RECOMENDACIONES:

1. Para asegurar un producto de calidad, se debe mantener la presión del vapor en el pasteurizador en 120 Psig, en el evaporador en 72.6 Psig y en el recuperador de aroma en 29 Psig.
2. Para que la caldera no trabaje a su máxima capacidad, ésta debe de ser seleccionada con una potencia inmediata superior a la requerida.

El agua de alimentación debe estar a una temperatura lo más alta posible con la finalidad de evitar problemas de dilatación, contracciones y choques térmicos en la caldera.

Disponer de agua de reserva en el tanque de condensado, lo suficiente como para sostener la evaporación en la caldera por lo menos durante 60 minutos.

Para evitar problemas de corrosión, incrustaciones, espumeo y arrastre, el agua de alimentación de la caldera debe ser tratada.

Para un buen funcionamiento de la caldera, controlar la calidad del agua de caldera realizando un análisis químico diario.

7. Colocar el tanque de combustible a una altura mayor que el quemador con la finalidad de tener un cabezal estático positivo en la bomba.

Para lograr una excelente combustión, es aconsejable usar 24% de aire en exceso con respecto al teórico.

8. Mantener la temperatura de los gases de escape mayor a 200 °C para evitar la condensación de los compuestos corrosivos.

9. Para controlar la eficiencia de la caldera, es aconsejable realizar un análisis a los gases de escape cada seis meses.

10. Para evitar deterioros de las tuberías, las velocidades del vapor en líneas principales deben fluctuar entre 5000 y 12000 ft / min, en tuberías para conexiones a equipos deben fluctuar entre 2000 y 5000 ft / min y, en tuberías de retorno de condensado 5000 ft / min.

11. Colocar un filtro antes de una válvula o antes de una trampa de vapor para evitar el deterioro inmediato de los mismos.

12. Para evitar pérdidas excesivas de calor, se debe cuidar que el aislamiento seleccionado para nuestro sistema se mantenga en buenas condiciones.

4. Los diámetros de la tubería de condensado deben ser por lo menos del diámetro de las conexiones de la trampa, con una pendiente de 1 a 2% por cada 100 metros de tubería para permitir que el condensado fluya por gravedad.

5. En caso de la ejecución de este proyecto, es aconsejable que la instalación de la planta se realice en la Costa ecuatoriana debido a la mayor disponibilidad de materia prima y por su cercanía a los puertos de embarque.

APENDICES

APENDICE A

**PAISES CONSUMIDORES DE CONCENTRADO DE MARACUYA EN
PEQUEÑA PROPORCION, PERIODO 1990 - 2000**

PAIS	CONSUMO (TM)	VALOR (US\$)
SUDAFRICA	400.6	1 115 580
REPUBLICA DOMIN.	367.2	1 144 520
JAPON	348.25	1 186 080
CHILE	330.72	463 870
COLOMBIA	273.4	422 160
AUSTRALIA	267.92	560 700
ISRAEL	225	443 390
REINO UNIDO	188.01	288 870
NUEVA ZELANDIA	95.88	213 230
BARBADOS	94.75	94 130
CANADA	82.94	226 050
ESPAÑA	75.28	97 980
SUIZA	74.43	175 630
HAITI	74	84 000
MEXICO	69.73	242 740
MARTINICA	67.5	198 840
JAMAICA	53.78	37 780
COSTA RICA	50.13	54 450

PAIS	CONSUMO (TM)	VALOR (US\$)
BELGICA – LUXEMB.	46.99	8690
TAILANDIA	37.53	162 370
DOMINICA	35.9	39 880
ARGENTINA	25.84	57 830
MOZAMBIQUE	24.62	34 950
ESLOVENIA	24	33 600
HONDURAS	24	9580

JOR

APENDICE B

ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL DE EMBALAJE

ONDAS DE POLIETILENO

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACIONES
Peso	Balanza	406 +/- 5.1 g
Peso	Flexómetro	159 +/- 0.2 cm
Ancho	Flexómetro	97 +/- 0.3 cm
Espesor	Micrómetro	0,176 +/- 0.032 mm
Resistencia	Manual	Buena
Variación	Visual	Normal
Color	Visual	Blanco o transparente

AMBORES DE METAL CON DOS RODONES

ANALISIS	METODO	ESPECIFICACIONES
Peso	Balanza	18 +/- 0.5 kg
Diámetro interno	Flexómetro	57 +/- 0.5 cm
Diámetro externo	Flexómetro	59 +/- 0.5 cm
Capacidad	Manual	55 galones
Altura	Flexómetro	88 cm
Hermeticidad	Visual	Excelente
Color	Visual	Amarillo

APENDICE C

PARAMETROS DE CONTROL

RECEPCION DE LA FRUTA

Porcentaje de fruta defectuosa:	Máx. 4 %
Porcentaje de rendimiento:	Mín. 25 %
Brix:	Mín. 14
pH:	2.9 +/- 0.1

LAVADO Y SELECCIÓN

Limpieza:	Fruta limpia
Frescura:	Máx. defectos 0.5 %

JUGO FRESCO

Brix:	Mín. 14
pH:	2.9 +/- 0.1
Acidez:	25 a 50 g / l
Densidad:	1.049 a 1.074 g / cc
Mohos:	Máx. 30 000 col / g
Levaduras:	Máx. 30 000 col / g
Gérmenes totales:	Máx. 30 000 col / g
Análisis organoléptico:	Normal

JUGO CLARIFICADO

Partículas negras:	Ninguna
Porcentaje de pulpa:	Mín. 16 %
Pureza:	Jugo claro

JUGO PASTEURIZADO

Brix:	Mín. 13
pH:	2.9 +/- 0.1
Acidez:	25 a 50 g / l
Densidad:	1.060 +/- 0.002 g / cc
Hojos:	Máx. 100 col / g
Levaduras:	Máx. 100 col / g
Hérmenes totales:	Máx. 1500 col / g
Partículas negras:	Ninguna

JUGO CONCENTRADO

Brix:	Mín. 50 +/- 0.5
pH:	2.8 +/- 0.1
Acidez:	138.64 +/- 6 g / l
Hojos:	Máx. 100 col / g
Levaduras:	Máx. 100 col / g
Hérmenes totales:	Máx. 1500 col / g
Partículas negras:	Ninguna
Porcentaje de pulpa:	Mín. 16 %

Análisis organoléptico: Normal

ENVASADO

Temperatura: Mín. 50 +/- 0.5

Temperatura de llenado: Máx. 10 °C

Contenido del tambor: Jugo, 200 kg

Concentrado, 250 kg

Embalaje: Dos fundas interiores

Una funda exterior

APENDICE D
PRUEBA DE CALIFICACIONES

Pruebe estas muestras de acuerdo a: Color y apariencia, aroma y, sabor. Junto a cada muestra, ubique una calificación de acuerdo al puntaje que aparece en la hoja de calificación (el apéndice E) y a su criterio. Por favor, pruebe las muestras en el siguiente orden:

MUESTRA 1
.....

MUESTRA 2
No

COMENTARIOS:

	Muestra 1	Muestra 2
Color y apariencia:

Observaciones:

.....

APENDICE E

TABLA DE PUNTAJE (NORMA ALEMANA)

OR Y APARIENCIA.

TAJE

- 4 Color fuerte, transparente o turbio.
- 3 Color normal, transparente o turbio.
- 2 Color fuerte o normal, claro o turbio
color leve o profundo (Cambios oxidativos)
- 1 Fuerte o normal, etiquetelo limpio, pero la pulpa de fruta
está precipitada o mal color (pálido u oscuro).

MA

TAJE

- 6 Aroma excepcional.
- 5 Aromático, bastante aroma de fruta.
- 4 Con olor a fruta, tiene aroma.
- 3 Aroma de fruta presente, pero poco.
- 2 Aroma de fruta alterada.
- 1 Aroma raro o defectuoso

ABOR

UNTAJE

- 10 Sabor excepcional.
- 9 Mucho sabor a fruta, libre de aromas extraños.
- 8 Con sabor a fruta, libre de aromas extraños.
- 7 Presencia de sabor a fruta.
- 6 Sabor a fruta presente, libre de aromas extraños.
- 5 Sabor a fruta, ligero sabor a viejo.
- 4 Sabor a fruta, pero anormal.
- 3 Sabor anormal.
- 2 Libre de sabor.
- 1 Falta completamente de sabor a fruta.



FACTORES DE EVAPORACION

TEMP 'C	PRESION (Psi)															
	5	10	20	50	70	90	100	110	130	150	170	190	200	225	250	
0	1.19	1.19	1.2	1.214	1.219	1.223	1.225	1.226	1.229	1.231	1.233	1.235	1.236	1.237	1.239	
4.4	1.18	1.18	1.19	1.206	1.211	1.215	1.217	1.218	1.221	1.223	1.225	1.227	1.227	1.229	1.231	
10	1.17	1.17	1.18	1.196	1.201	1.205	1.206	1.208	1.211	1.213	1.215	1.216	1.217	1.219	1.22	
15.6	1.16	1.16	1.17	1.185	1.19	1.194	1.196	1.198	1.2	1.202	1.204	1.206	1.207	1.209	1.21	
21.1	1.15	1.15	1.16	1.175	1.18	1.184	1.186	1.187	1.19	1.192	1.194	1.196	1.196	1.198	1.2	
26.7	1.14	1.14	1.15	1.162	1.17	1.174	1.176	1.177	1.18	1.182	1.184	1.185	1.186	1.188	1.189	
32.2	1.13	1.13	1.14	1.154	1.16	1.164	1.165	1.167	1.17	1.172	1.173	1.175	1.176	1.178	1.179	
37.8	1.12	1.12	1.13	1.144	1.149	1.153	1.155	1.156	1.159	1.161	1.163	1.165	1.166	1.167	1.169	
43	1.11	1.11	1.12	1.134	1.139	1.143	1.145	1.146	1.149	1.151	1.153	1.155	1.155	1.157	1.159	
49	1.1	1.1	1.11	1.124	1.129	1.133	1.134	1.136	1.139	1.141	1.143	1.144	1.145	1.147	1.148	
54	1.09	1.09	1.1	1.113	1.118	1.123	1.124	1.126	1.128	1.13	1.132	1.134	1.135	1.137	1.138	
60	1.08	1.08	1.09	1.103	1.108	1.112	1.114	1.115	1.118	1.12	1.122	1.124	1.125	1.126	1.128	
66	1.07	1.08	1.08	1.093	1.098	1.102	1.104	1.105	1.108	1.11	1.112	1.114	1.114	1.116	1.118	
71	1.06	1.07	1.07	1.082	1.088	1.092	1.093	1.095	1.097	1.1	1.102	1.103	1.104	1.106	1.107	
77	1.05	1.05	1.06	1.072	1.077	1.081	1.083	1.084	1.087	1.089	1.091	1.093	1.094	1.095	1.097	
82	1.04	1.04	1.05	1.062	1.067	1.071	1.073	1.074	1.077	1.079	1.081	1.083	1.083	1.085	1.087	
88	1.03	1.03	1.04	1.052	1.057	1.061	1.062	1.064	1.066	1.069	1.071	1.072	1.073	1.075	1.076	
93	1.02	1.02	1.03	1.041	1.047	1.05	1.052	1.053	1.056	1.058	1.06	1.062	1.063	1.064	1.066	
99	1.01	1.01	1.02	1.031	1.036	1.04	1.042	1.043	1.046	1.048	1.05	1.052	1.052	1.054	1.056	

Caballaje		Dim.	50	60	70	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700		
DIMENSIONES	Longitudes	A	3.3 m	3.1 m	4.3 m	4.3 m	4.8 m	4.4 m	5.0 m	6.0 m	5.1 m	5.8 m	21.8 m	5.2 m	6.1 m	7.0 m	7.9 m	7.9 m	
	Anchuras	A	1.6 m	1.6 m	1.6 m	1.6 m	1.6 m	1.9 m	1.9 m	1.9 m	2.4 m	2.5 m	2.5 m	2.9 m	2.9 m	2.9 m	2.9 m	2.9 m	
	Alturas	A	1.9 m	1.49 m	1.9 m	1.9 m	1.9 m	2.1 m	2.1 m	2.1 m	2.7 m	2.7 m	2.7 m	3.2 m	3.2 m	3.2 m	3.2 m	3.2 m	3.2 m
MINIMO ESPACIO LIBRE	Giro de puerta trasera	DD	1.4 m	1.4 m	1.4 m	1.4 m	1.4 m	0.8 m	0.8 m	0.8 m	1.0 m	1.0 m	1.0 m	1.3 m	1.3 m	1.3 m	1.3 m	1.3 m	
	Giro de puerta delantera	EE	1.4 m	1.4 m	1.4 m	1.4 m	1.4 m	1.7 m	1.7 m	1.7 m	2.3 m	2.3 m	2.3 m	2.7 m	2.7 m	2.7 m	2.7 m	2.7 m	
	Remoción del tubo, atrás	FF	2.1 m	2.1 m	3.1 m	3.1 m	3.6 m	2.9 m	3.5 m	4.3 m	3.3 m	3.9 m	4.7 m	3.4 m	4.3 m	5.2 m	6.0 m	6.0 m	
	Remoción del tubo, adelante	GG	1.9 m	1.9 m	2.9 m	2.9 m	3.3 m	2.6 m	3.2 m	4.0 m	2.9 m	3.6 m	4.3 m	3.0 m	3.8 m	4.7 m	5.5 m	5.5 m	
HIMENEA	Diámetro (Conexión bridada)	BB	25 cm	25 cm	30 cm	30 cm	30 cm	40 cm	40 cm	40 cm	50 cm	50 cm	50 cm	61 cm	61 cm	61 cm	61 cm	61 cm	
	Brida del aro delantero al tubo (LC)	OC	15 cm	15 cm	18 cm	18 cm	18 cm	23 cm	23 cm	23 cm	28 cm	28 cm	28 cm	33 cm	33 cm	33 cm	33 cm	33 cm	
CAPACIDADES NIVEL DEL MAR HASTA 914 m.	Capacidad clasificada en kg. vapor/hora (100°C)		782	939	1.095	1.252	1.565	1.956	2.347	3.129	3.912	AA95	5.477	6.259	7.825	9.389	10.954	12.605	
	Energía en BTU de salida (1000 BTU / hora)		1.674	2.009	2.343	2.670	3.3 a	4.184	5.021	6.695	8.369	10.043	11.716	13.390	16.738	20.085	23.432	26.780	
	EDR - vapor bruto, en m2 (EDR=Radiación directa equivalente)		1.665	3.796	4.427	5.062	6.327	7.915	9.489	12.655	15.830	18.983	22.144	25.310	31.638	37.966	44.289	50.622	
CONSUMO APROXIMADO DE COMBUSTIBLE	Aceite liviano - l/hora		56,8	68,1	79,5	90,8	113,5	141,9	170,3	227,1	282,0	338,8	395,5	452,3	565,9	679,4	791,1	904,7	
	Aceite pesado - l/hora		53,0	62,4	73,8	85,1	106,0	132,5	159,0	211,9	263,0	316,0	369,0	422,0	528,0	634,0	740,0	844,1	
	Gas m3 / hora		118,6	142,2	165,9	189,7	237,0	296,2	355,7	474,0	592,4	711,1	829,7	948,7	1.185,1	1.421,6	1.659,5	1.897,4	
	500 BTU - lab. 800 BTU - mezclado 1000 BTU - natural Gas (Therms por hora)		74,0 59,3 21,0	88,9 71,1 25,1	103,8 82,9 29,3	118,6 94,9 33,5	148,2 118,5 41,9	185,2 148,1 52,3	222,3 177,8 62,8	296,2 237,0 83,7	370,4 296,2 104,6	444,4 355,5 125,5	518,6 414,8 146,5	593,0 474,3 167,5	740,7 592,6 209,3	888,5 710,8 251,0	1.036,8 829,7 293,0	1.184,9 948,7 335,0	
REQUERIMIENTOS DE POTENCIA	Motor soplador, HP Todos los modelos excepto gas Modelos de gas solamente		2	2	2	2	3	5 5	7-1/2 5	10 10	7-1/2 7-1/2	10 7-1/2	15 15	10	15	20	30	50	
	Motor de bomba de aceite, HP Acc. No. 2 Aceite No. 4 Aceites No. 5 y No. 6		1/3 1/2 1/3	1/3 1/2 1/3	1/3 1/2 1/3	1/3 1/3 1/3	1/3 1/2 1/3	1/2* 1/2 1/2	1/2* 1/2 1/2	1/2* 1/2 1/2	1/2* 1/2 1/2	3/4 1/2 1/2	3/4 1/2 1/2	3/4 3/4 3/4	3/4 3/4 3/4	3/4 3/4 3/4	1 3/4 3/4	1 3/4 3/4	
	Calentador de aceite, kw Aceite No. 4 Aceites No. 5 y No. 6		3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5	3 5
	Motor de compresor de aire - HP (Alimentado por aceite solamente)		2	2	2	2	2	Compresor de aire accionado por correa desde el motor soplador						5	5	7,5	7,5	7,5	
NIVEL DE INTENSIDAD DEL SONIDO	LLAA, dBA (Abreviaciones: LLBA, dBA LLB= Llanta baja dBA=decibel A LLG= Llanta alta LLAG, dBA LLB= Llanta baja LLBG, dBA LLG= Llanta alta)		79 78 77 72	79 78 77 73	79 78 78 74	79 78 78 75	81 79 77 75	83 81 80 78	83 82 81 77	83 81 82 78	88 86 84 81	88 86 86 82	89 85 86 83	83 80 82 80	83 82 82 81	83 82 82 81	85 82 85 82	88 84 87 84	

+ Aceite No. 6
 ± Aceite No. 5
 1/3 HP en Canadá
 ** 10 kw vapor y agua caliente de baja presión
 *** Modelo de alto rendimiento - para detalles vea el modelo

Nota 1: Panel de control reubicado en calderas mayores de 250 hp.
 Nota 2: Compresor de aire accionado por correa desde el motor soplador en modelos de 125 a 350 hp.
 Nota 3: Modelo del compresor de aire en modelos de 50 a 100 hp y de 400 a 700 hp.
 (Modelos fabricados en Canadá. Modelos de 50 a 100 hp usan compresor de aire accionado por correa. Refiérase a la Forma CP-3314 para los requerimientos de potencia).

METODO DE PRUEBA DEL NIVEL DE INTENSIDAD DEL SONIDO:
 Los niveles de presión del sonido arriba tabulados fueron obtenidos de pruebas efectuadas de acuerdo con el "Código de Pruebas ABMA para la Medición del Sonido de Calderas Tipo Paquete."
 De acuerdo con este código, los niveles de intensidad del sonido reportados anteriormente fueron tomados en la línea central de la caldera, a 1,4 m verticalmente encima de las travesaños de la base y 0,9 m horizontalmente en frente del extremo del motor soplador o superficie delantera del gabinete eléctrico.

APENDICE H

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE BOMBAS PARA AGUA,

TIPO TURBINA, MARCA HIDROMAC

D)	TAPAS	DN 1	DN 2	CAUDAL GPM	CABEZA PIES	POTENCIA (HP)		MAX. PRES SUCC (Psi)
		Succ.	Desc.			MAX	MIN	
	1	1 1/4"	1 1/4"	10	230	1.2	0.4	75
	1	1 1/4"	1 1/4"	18	270	2	1	75
	2	1 1/4"	1 1/4"	9	350	2	1	75
	2	1 1/4"	1 1/4"	10	450	3	1	75
	2	1 1/4"	1 1/4"	18	510	4	1	150
	2	1 1/4"	1 1/4"	30	400	4	2	75
	2	1 1/4"	1 1/4"	17	600	5	2.5	150
	2	1 1/4"	1 1/4"	31	890	10	5	150
	2	1 1/4"	1 1/4"	24	1190	20	10	150
	2	1 1/4"	1 1/4"	38	990	20	10	150
	2	2 1/2"	2"	60	960	25	3	275
	2	2 1/2"	2"	65	800	20	6	275
	2	2 1/2"	2"	90	800	30	3	275
	2	3"	2 1/2"	160	520	30	4	300
	2	3"	2 1/2"	190	520	28	7	300

Velocidad: 1750 RPM

Presión recomendada en el trabajo continuo: 300 Psi

Temperatura del líquido a bombear: 88 °C

APENDICE I

CONCEPTOS BASICOS RELACIONADOS CON EL TRATAMIENTO DEL AGUA DE CALDERAS

AGUA DE ALIMENTACION

es el total de agua que se introduce a la caldera. Comprende el agua de condensado reciclada más el agua nueva o de reposición.

AGUA DE CONDENSADO

es el agua producida por la condensación del vapor en los diferentes puntos de extracción del mismo.

AGUA DE REPOSICION

es el agua nueva que se suministra al sistema de agua de alimentación para reemplazar la que se haya perdido por fugas en el sistema o por extracciones no autorizadas a la caldera para su tratamiento.

PORCENTAJE DE PURGA

es la relación en forma de porcentaje, de agua eliminada por la purga con respecto al volumen de agua total alimentado a la caldera.

PURGA O EXTRACCION

es el agua eliminada del sistema por la descarga a la línea de purga. Sirve para eliminar los sólidos acumulados dentro de la caldera.

SÓLIDOS SUSPENDIDOS

son las impurezas totales en suspensión (no disueltas) en el agua de calderas.

ZA

impureza contenida en el agua, originada por sales de calcio y magnesio en
era de **sus** formas.

ES POR MILLON (ppm)

medida de cantidad o concentración de impurezas, la cual corresponde a 1
mo por cada litro de agua.

ALCALINIDAD

medida de concentración de sales ionizadas que liberan oxidrilos. Son
estos reguladores del Ph. **A** mayor alcalinidad, mayor Ph.

logaritmo decimal de la inversa de la concentración de los iones hidrógeno

medida de la acidez o alcalinidad, su rango de variación es de 0 a **14**

DE SOLIDOS DISUELTOS (TDS)

omina **así** al total de impurezas disueltas en el agua y se expresa en ppm

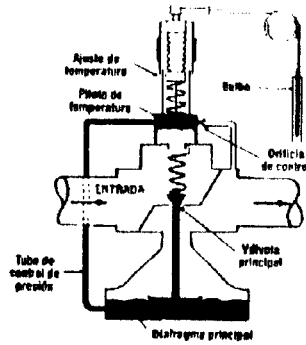
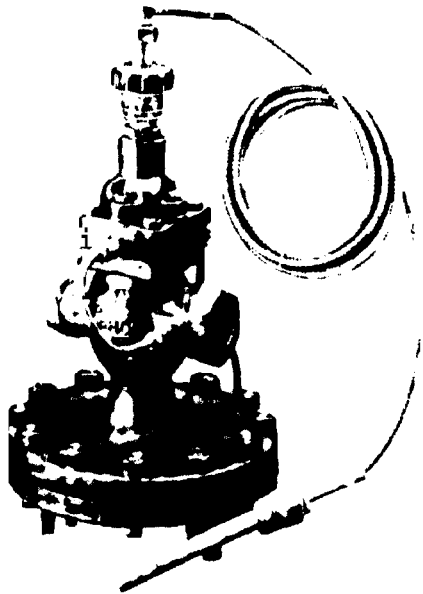
APENDICE J

FORMA FISICA E IDONEIDAD EN GENERAL DE LOS MATERIALES AISLANTES

Forma física	Tuberías	Bridas, válvulas, soportes
Rígida	Se recomienda para el uso en general	Aconsejable
Grano Suelto	No se recomienda	No se recomienda
Flexible	Solo se recomienda cuando va a utilizarse envoltura metálica	Se recomienda especialmente cuando se requiere un acceso frecuente
Rígida Flexible	Solo se recomienda para las instalaciones muy pequeñas y para trabajos temporales	No se recomienda
Plástico	Solo se recomienda para los pequeños sistemas	Se recomienda para válvulas pequeñas cuando van a usarse materiales rígidos para el resto del sistema
Lámina	No se recomienda	No se recomienda

APENDICE K

REGULADOR DE TEMPERATURA 25T



25T

El Regulador de Temperatura 25T donde se usa vapor para calentamiento regulador de este tipo, operado por piloto y asegura un control sensible y preciso.

25T es completamente auto-operado, no necesita electricidad ni aire comprimido.

Aplicaciones Típicas

- Calentadores-almacenadores de agua
- Intercambiadores de calor instantáneos
- Radiadores para calentamiento de aire
- Calentamiento de tanques enchufados y con semillas
- Molinos y prensas de platos

Funcionamiento de la 25T

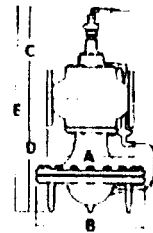
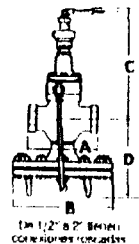
Antes del arranque la válvula principal está cerrada y la válvula piloto está abierta por la fuerza de resorte. De esta forma, el vapor pasa a través de la válvula del piezo hacia la cámara inferior de diafragma y parte sale por el orificio de control. Como el flujo hacia la cámara es mayor que el flujo por el orificio el incremento de la presión de control en la cámara hace abrir la válvula principal. Cuando el medio que está siendo calentado se aproxima a la temperatura preestablecida, el líquido en el tubo se expande a través del tubo capilar hacia el fuelle del piloto para empezar a cerrar la válvula piloto. En la cámara del diafragma se mantiene una presión de control para posicionar la válvula principal, de modo que entregue el flujo requerido de vapor.

Cuando no se requiere calor, la presión en el diafragma se disipa a través del orificio de control y la válvula principal cierra. La temperatura puede fijarse cuando el dial de ajuste está calibrado.

25T				
	250 psig		300 psig	
Diámetro	1/2" a 2"	2" a 3", 4" y 6"	1/2" a 2"	2" a 3", 4"
Conexiones	NPT	Bridas ANSI 125	NPT	Bridas ANSI 300
Instrucción	Hidrofundido		Anodizado	
Conexiones	Bridas ANSI 250		Bridas ANSI 150	
	Para información sobre Bujías ver pág. 3.21			

25T Dimensiones (nominales) en pulgadas									
Diámetro	ANSI 125		ANSI 250		ANSI 300		PESO		
	A	A1	B	C	D	E	Ho Fo	Ao Fo	
3/4"	5.5	-	7.8	9.8	8.2	16.0	27 lb	30 lb	
1"	6.0	-	8.6	9.75	8.75	16.5	34 lb	37 lb	
1", 1-1/2"	7.25	-	8.8	10.3	7.1	17.4	39.5 lb	43 lb	
1-1/2"	8.5	-	10.6	10.9	8.2	19.1	64 lb	70 lb	
2"	-	10.9	11.5	13.6	11.7	19.9	152.5 lb	166 lb	
3"	-	11.75	12.5	13.6	11.6	14.4	26.5	183.5 lb	200 lb
4"	-	13.8	14.5	15.6	12.8	16.1	29.9	279.5 lb	304 lb
6"	-	18.1	19.0	19.75	13.5	16.7	26.25	590 lb	

Para información sobre dimensionamiento ver pág. 3.22



Válvulas Reguladoras 25-T, 25-TE, 25-E, 25-PT, 25-PTE

Dimensionamiento de la Válvula

Para un adecuado dimensionamiento de la válvula consulte la siguiente información:

1. La capacidad de vapor requerida para la aplicación en libras por hora
2. Presión de suministro de entrada del vapor tomada inmediatamente antes de la válvula
3. Presión de vapor a la salida, teniendo en cuenta la caída permisible a través de la válvula

Cuando no sea posible calcular la caída de presión, se puede usar como una aproximación:

razonable un 35% a un 40% de la presión nominal de suministro. El nivel del líquido en la medida con la caída de presión instalada la válvula con la medida de tubería adecuada.

Ejemplo:

Determinar el tamaño de una reguladora 25-T para controlar un intercambiador de calor calentando 20 GPM de agua desde 80 a 160°F. La presión de suministro de vapor es de 75 psi. La caída permisible a través de la válvula es de 20 psi.

Solución:

Usando la fórmula para el calentamiento de agua libras de vapor por hora

$$= \frac{GPM \times \text{aumento de temperatura} \times F \times 1}{2} \\ = \frac{20 \times 100 \times 1.1}{2} = 1100 \text{ lb/h}$$

En la gráfica de capacidades ubique en la primera columna la presión de entrada de 75 psi en la segunda columna busque la presión de salida de 55 psi (20 psi en la escala menor 20 psi de caída permisible). siga en línea horizontal hasta la sexta columna donde encontrará que una válvula de 1" es necesaria para suministrar no menos de 1100 libras por hora.

Nota: Para un dimensionamiento apropiado de las tuberías de conexión, consulte la gráfica de la página 908.

Cuando se da un rango para la presión de salida, por 0.4H, quiere decir que la capacidad será la misma para cualquier presión que se leales dentro de ese rango.

Capacidades en lbs/h de vapor saturado

Presión de entrada de vapor en psi	Presión de salida de vapor en psi	Medida Nominal de la Válvula											
		1/2"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	6"	
		1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	16"	
Ca Factores =	0.7	1.14	1.40	1.65	18.5	14	20	35	58	74	114	160	
1	2	15	19	24	28	35	48	81	131	164	249	354	
3	0	19	24	30	35	42	57	96	157	196	293	427	
5	2	23	29	36	42	50	68	111	184	233	351	512	
7	4	27	34	42	49	58	80	128	217	278	422	605	
10	5	29	37	46	54	64	88	141	246	312	471	679	
12	7	32	41	50	59	70	96	155	271	344	515	742	
15	8	37	47	57	67	80	110	181	314	395	580	832	
17	5	41	51	62	72	86	118	195	343	432	626	904	
20	10	47	58	70	81	98	135	224	393	497	717	1032	
25	15	54	66	80	92	111	153	256	444	566	818	1185	
29	20	62	75	91	104	125	173	292	514	650	938	1351	
35	25	71	85	103	118	142	195	331	593	747	1082	1570	
40	30	81	96	116	133	160	220	375	680	859	1252	1805	
45	35	91	107	129	148	178	245	417	767	974	1417	2043	
50	40	102	119	143	164	200	275	469	860	1103	1611	2307	
55	45	113	132	158	181	221	303	517	957	1243	1816	2613	
60	50	125	145	174	200	244	333	569	1050	1378	2010	2880	
65	55	138	160	191	220	269	366	628	1167	1547	2228	3160	
70	60	152	176	210	241	295	400	693	1291	1724	2498	3550	
75	65	167	193	231	264	324	436	768	1431	1926	2758	4020	
80	70	183	211	253	290	355	475	831	1589	2171	3072	4470	
85	75	200	230	276	317	388	516	917	1766	2404	3382	4900	
90	80	218	249	299	344	421	557	1000	1961	2676	3736	5310	
95	85	237	270	324	372	454	600	1100	2181	2963	4163	5850	
100	90	257	292	350	401	490	645	1217	2429	3281	4613	6450	
105	95	278	315	377	431	526	698	1351	2706	3634	5063	7100	
110	100	300	339	405	462	564	750	1502	3013	4018	5533	7750	
115	105	323	364	434	494	602	804	1670	3351	4446	6123	8500	
120	110	348	391	464	527	641	858	1863	3727	4934	6773	9400	
125	115	374	419	505	572	694	928	2082	4143	5469	7513	10500	
130	120	401	448	539	609	738	1000	2327	4600	6033	8283	11600	
135	125	429	477	572	645	782	1060	2598	5103	6669	9213	12900	
140	130	458	508	607	684	830	1120	2895	5652	7404	10193	14300	
145	135	488	539	642	722	877	1180	3218	6249	8193	11373	15900	
150	140	519	572	679	763	928	1250	3567	6894	9048	12683	17700	
155	145	551	606	717	805	980	1320	3942	7587	10077	14003	19800	
160	150	584	641	756	848	1025	1400	4344	8320	11006	15343	21400	
165	155	618	676	795	891	1085	1480	4774	9193	12157	16743	23600	
170	160	653	715	838	938	1140	1560	5234	10168	13349	18373	26000	
175	165	689	753	880	985	1205	1640	5724	11250	14691	20403	28700	
180	170	726	792	920	1030	1265	1730	6244	12443	16163	22683	31800	
185	175	764	832	964	1079	1325	1820	6794	13750	17815	25133	35500	
190	180	803	873	1012	1127	1390	1910	7374	15173	19677	27733	39500	
195	185	843	915	1059	1179	1455	2000	7984	16723	21859	30533	43800	
200	190	884	958	1110	1234	1520	2100	8624	18403	24391	33733	48500	
205	195	926	1003	1163	1292	1590	2200	9294	20223	27113	37333	53700	
210	200	969	1058	1220	1365	1670	2310	10004	22203	29133	40533	59500	
215	205	1014	1116	1281	1445	1760	2430	10754	24343	31413	44233	65800	
220	210	1060	1174	1346	1535	1860	2560	11644	26653	34013	48333	72500	
225	215	1107	1234	1416	1635	1970	2700	12584	29143	36913	52833	80000	
230	220	1156	1296	1491	1745	2090	2850	13584	31823	40113	57833	88500	
235	225	1207	1361	1571	1865	2230	3010	14644	34703	43713	63333	98500	
240	230	1260	1429	1656	1995	2390	3180	15774	37803	47713	70033	110000	
245	235	1315	1500	1746	2140	2560	3370	16984	41143	52113	77033	123000	
250	240	1372	1574	1842	2300	2750	3580	18284	44743	56913	85533	138000	
255	245	1431	1652	1944	2475	2960	3810	19684	48603	62213	94533	155000	
260	250	1492	1734	2052	2665	3180	4060	21194	52743	68113	104533	175000	
265	255	1555	1820	2166	2870	3420	4330	22824	57183	74713	116033	198000	
270	260	1620	1910	2286	3090	3680	4630	24584	61943	81913	129533	224000	
275	265	1687	2004	2412	3330	3960	4950	26484	67043	89713	144533	253000	
280	270	1756	2102	2544	3585	4260	5300	28524	72503	98213	161533	286000	
285	275	1827	2204	2682	3855	4580	5670	30714	78343	107513	180533	323000	
290	280	1900	2310	2826	4150	4920	6070	33064	84583	117713	199533	365000	
295	285	1975	2420	2976	4470	5280	6490	35584	91243	128913	220533	412000	
300	290	2052	2534	3132	4815	5660	6940	38284	98343	141113	243533	465000	

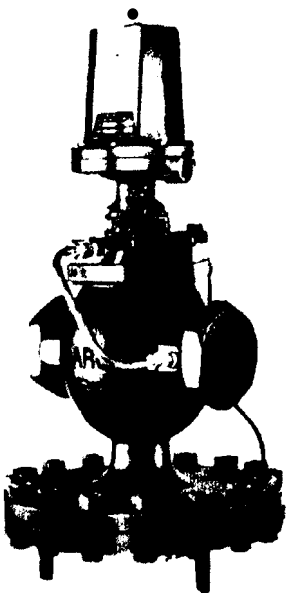
* Especificar el punto de baja presión para las medidas de 2 1/2", 3" y 4" cuando la presión de entrada sea igual o menor a 15 psi.

Los de 6" no se recomiendan para presiones menores de 15 psi.

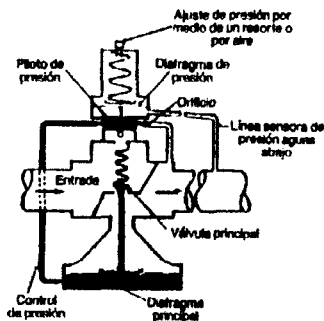
* La construcción de acero fundido se requiere para presiones arriba de 270 psi.

APENDICE L

REGULADOR DE PRESION TIPOS 25P Y 25PA, 25PA4, 25PA6



25P



Funcionamiento de las 25P, PA, PA4, PA6

Las posiciones normales, antes del arranque, son con la válvula principal cerrada y la válvula del piloto abierta, por el resorte o el aire. El vapor pasa por la válvula de piloto y, una parte, sale por el orificio de control. La mayor parte pasa hacia la cámara inferior del diáfragma, abriendo la válvula principal. A medida que el vapor pasa por esta válvula, el incremento en la presión se retroalimenta, por la línea sensora, hacia el diáfragma del piloto. Cuando la fuerza por debajo del diáfragma hace que la fuerza del resorte, la válvula del piloto se cierra. La presión de control mantenida en la cámara del diáfragma inferior posiciona la válvula principal de tal modo que el vapor sólo la cantidad de vapor necesaria para mantener la presión reducida deseada. El ajuste del resorte o de la presión del aire, cambia el punto de calibración de la presión reducida. Cuando no se necesita vapor, aumenta la presión aguas abajo de la reguladora. Esta presión realimentada por la línea sensora, cierra la válvula principal y el vapor de la cámara se drena por el orificio de control. Esto permite mantener la presión reducida en el valor deseado.

una operación más económica el vapor usarse a la presión más baja que cumpla la temperatura requerida en la aplicación. Los reguladores 25P, PA, PA4 y PA6 son confiables y precisos para reducir la presión del vapor a un valor más bajo y eficiente, y proteger equipos costosos de altas presiones. Los serpentines de vapor, recipientes encamisados, cilindros transportadores de tornillo, etc. se pueden utilizar con vapor regulado por una 25P a la presión y temperatura que hacen la operación mucho más eficiente.

resortes codificados por color, de acuerdo a la presión aguas abajo. Los colores son:

filb

3 a 30 psig
20 a 100 psig
80 a 290 psig

Control de Aire

Los modelos PA, PA4 y PA6 controlan la regulación usando aire comprimido.

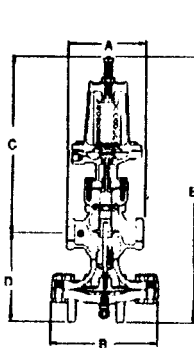
Presiones máximas de aire son:

1/2" para PA
1/2" para PA4
1/2" para PA6

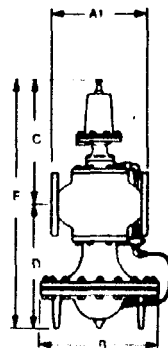
Relación de Presiones Reducidas en función de la Presión de Aire

1 a 35 psig (relación aprox. 1:1)
0 a 120 psig (relación aprox. 4:1)
0 a 200 psig (relación aprox. 6:1)

PAO	250 psig		300 psig	
Tamaño	1/2" a 2"	2 1/2", 3", 4" y 6"	1/2" a 2"	2 1/2", 3", 4"
Conexiones	NPT	Bridas ANSI 125	NPT	Bridas ANSI 300
Construcción	Hierro fundido		Acero fundido	
Opciones	Bridas ANSI 250		25PA4 y 25PA6 en Ao F o No disponibles modelos ANSI 150	



1/2" a 2" 25P



2-1/2" a 6" 25P

Tamaño	25P Dimensiones (nóminas) en pulgadas				Peso				
	ANSI 125	ANSI 200	ANSI 300	B	C	D	E	No Fo	Ao Fo
1/2", 3/4"	5.5	-	-	7.8	12.2	6.2	18.4	32 lb	36 lb
1"	6.0	-	-	8.8	12.1	6.75	18.0	39 lb	43 lb
1-1/4", 1-1/2"	7.25	-	-	8.6	12.7	7.1	19.75	44 lb	48 lb
2"	8.5	-	-	10.6	13.3	8.2	21.5	69 lb	76 lb
2-1/2"	-	10.9	11.5	13.6	14.0	13.9	27.9	157 lb	171 lb
3"	-	11.75	12.5	13.8	13.9	14.4	29.4	188 lb	205 lb
4"	-	13.9	14.5	15.8	15.25	16.1	31.4	264 lb	309 lb
6"	-	18.1	19.0	19.75	11.75	16.7	28.6	560 lb	-

Para información sobre dimensionamiento ver Pág. 3.23 / 3.24

reguladores de Presión Tipo 25-F, S-PE, 25-PA, PA4, PA6 y todas las combinaciones

dimensionamiento de la Válvula

Para un dimensionamiento adecuado de la válvula se necesita la información siguiente:

La capacidad de vapor requerida en libras por hora

La presión de suministro de vapor a la entrada, tomada inmediatamente antes de la válvula

1. La presión de vapor de salida, de acuerdo a la máxima caída de presión permisible

Nota:

1. Cuando se da un rango para la presión de salida, por 0.40 que sea, debe indicarse la capacidad de la válvula será la misma para cualquier presión localizada dentro de este rango

2. Cuando la reducción total de presión tiene una relación mayor de 10 a 1 deben usarse dos válvulas en serie

Ejemplo:

- 1.- Capacidad requerida: 1000 lb/h
- 2.- Presión de entrada: 100 psig
- 3.- Presión de salida: 45 psig

Buscar 100 psig en la primera columna de la tabla de capacidad. En la segunda columna ubicar una presión de 45 psig. Seguir, por esa fila horizontalmente, hasta la columna donde se encuentra que una válvula de 3" es suficiente para dejar pasar 1000 lb/h

Referirse al álgebra de la página 9.08 para dimensionar las tuberías de entrada y salida de las válvulas Serie 25 para asegurarse velocidades razonables.

Capacidades en lbs/h de vapor saturado

Presión de entrada de vapor psig	Presión en salida de vapor psig	Medida Nominal de la Válvula									
		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"
15	10	95	128	165	205	245	305	355	415	475	535
	5	115	155	205	255	305	365	425	485	545	605
20	10	135	185	245	305	365	425	485	545	605	665
	5	155	205	265	325	385	445	505	565	625	685
25	10	155	205	265	325	385	445	505	565	625	685
	5	175	225	285	345	405	465	525	585	645	705
30	10	175	225	285	345	405	465	525	585	645	705
	5	195	245	305	365	425	485	545	605	665	725
40	10	215	265	325	385	445	505	565	625	685	745
	5	235	285	345	405	465	525	585	645	705	765
50	10	235	285	345	405	465	525	585	645	705	765
	5	255	305	365	425	485	545	605	665	725	785
60	10	255	305	365	425	485	545	605	665	725	785
	5	275	325	385	445	505	565	625	685	745	805
75	10	275	325	385	445	505	565	625	685	745	805
	5	295	345	405	465	525	585	645	705	765	825
90	10	295	345	405	465	525	585	645	705	765	825
	5	315	365	425	485	545	605	665	725	785	845
100	10	315	365	425	485	545	605	665	725	785	845
	5	335	385	445	505	565	625	685	745	805	865
125	10	335	385	445	505	565	625	685	745	805	865
	5	355	405	465	525	585	645	705	765	825	885
150	10	355	405	465	525	585	645	705	765	825	885
	5	375	425	485	545	605	665	725	785	845	905
200	10	375	425	485	545	605	665	725	785	845	905
	5	395	445	505	565	625	685	745	805	865	925
250	10	395	445	505	565	625	685	745	805	865	925
	5	415	465	525	585	645	705	765	825	885	945
300	10	415	465	525	585	645	705	765	825	885	945
	5	435	485	545	605	665	725	785	845	905	965
400	10	435	485	545	605	665	725	785	845	905	965
	5	455	505	565	625	685	745	805	865	925	985
500	10	455	505	565	625	685	745	805	865	925	985
	5	475	525	585	645	705	765	825	885	945	1005
600	10	475	525	585	645	705	765	825	885	945	1005
	5	495	545	605	665	725	785	845	905	965	1025
700	10	495	545	605	665	725	785	845	905	965	1025
	5	515	565	625	685	745	805	865	925	985	1045
800	10	515	565	625	685	745	805	865	925	985	1045
	5	535	585	645	705	765	825	885	945	1005	1065
900	10	535	585	645	705	765	825	885	945	1005	1065
	5	555	605	665	725	785	845	905	965	1025	1085
1000	10	555	605	665	725	785	845	905	965	1025	1085
	5	575	625	685	745	805	865	925	985	1045	1105

APENDICE M

VALVULA DE CONTROL DE FLUJO SERIE LE

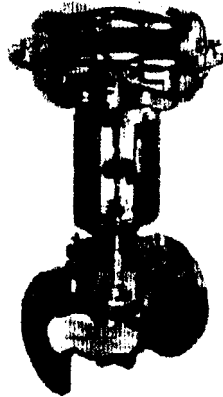
Las válvulas de Control de flujo LE con los actuadores PN 3000 y PN 4000 han sido diseñadas específicamente teniendo en cuenta las necesidades de los fabricantes y de equipos. El rango de válvulas es amplio para sistemas de vapor, gases o líquidos y contiene muchas características y opciones normalmente asociadas con válvulas de mayor costo. Entre estas podemos mencionar:

- Empaquetadura para alta temperatura
- Paso reducido
- Obturador On-Off
- Asientos blandos

Tipos disponibles:

- Válvulas de dos vías y asiento sencillo:
- E31 DN15 a DN50 (con conexiones roscadas) E33 DN15 a DN100 (conexiones con bridas)
- Estas válvulas son aptas para usar con actuadores neumáticos o eléctricos. En el primer caso que es el más común se tienen dos opciones:
- 3000: Resorte cierra la válvula, normalmente cerrada
- 4000: Resorte cierra la válvula, normalmente abierta.

En la tabla siguiente se resumen las principales características de las válvulas



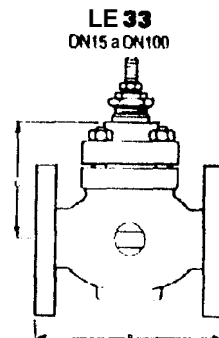
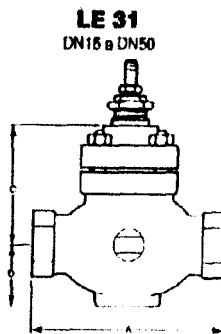
Tipo LE

Datos Técnicos

Material del cuerpo	Hierro fundido GG25	Material del trim	Acero inoxidable 431 S 29
Conexiones roscadas	BSP o NPT	Características del flujo	Igual porcentaje
Conexiones de Bridas	PN16, ANSI 125, JIS 10 y KS 10		Apertura rápida
Rating de presión	PN16		Chevron 250 °C
Tipos de Asiento	Asiento Metal Metal 0.01% de Kv (ANSI clase VI)	Señal del vástago	Grafito de alta temp. 300 °C
	Asiento blando ANSI clase VI		Fuelles 300 °C

Tamaño de la válvula	Conexión		Características de igual porcentaje												Dimensiones (aproximadas en mm)		Diagrama
	Rosca	Brida	04	1.0	1.6	4.0	6.3	10	16	25	36	63	100	160	A	B	
15	•	•	•	•	•	•									130	334	
20	•	•		•	•	•									150	334	
25	•	•			•	•	•								180	343	
32	•	•				•	•	•	•						180	348	
40	•	•					•	•	•	•					200	370	
50	•	•						•	•	•	•				230	374	
65		•							•	•	•	•			290	446	
80		•								•	•	•	•		310	453	
100		•									•	•	•	•	350	459	

BS4904 PN16						
N	A	B	C	D	LE31	LE33
88	130	90	38		2.9 kg	3.6 kg
106	150	90	38		2.8 kg	4.2 kg
134	180	99	51		4.0 kg	7.0 kg
144	180	104	51		5.0 kg	9.2 kg
190	200	104	62		7.0 kg	10.2 kg
180	230	106	71		8.6 kg	12.5 kg
	290	141				19.5 kg
	310	148				25.3 kg
	350	169				36.4 kg

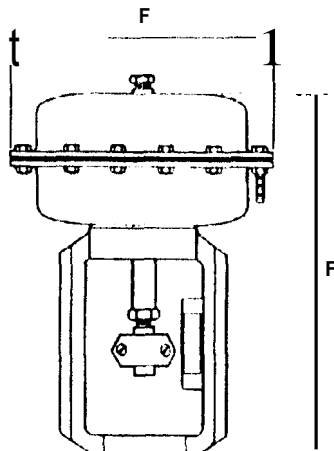


ACTUADORES NEUMATICOS SERIE 3000

Tamaño válvula	DN15	DN20	DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100
Carrera mm	20				30				
Kvs estándar	4	6,3	10	16	25	36	63	100	160

Modelo	Carrera (mm)	Kvs	Presión de trabajo (bar)	Presión de respuesta	Presión diferencial máxima (bar)									
					18,0	11,2	5,8	2,6	-	-	-	-	-	-
PN 3225	0,2	1	1,2	Opcional	18,0	11,2	5,8	2,6	-	-	-	-	-	-
PN 3225	0,4	2	2,5	Si	16,0	16,0	13,6	6,6	3,6	2,0	-	-	-	-
PN 3320	0,2	1	1,2	Opcional	18,0	16,0	13,3	6,5	3,5	1,9	-	-	-	-
PN 3325	0,4	2	2,5	Si	18,0	16,0	16,0	14,3	8,2	4,8	-	-	-	-
PN 3326	1	3	3,5	Si	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	13,6	-	-	-	-
PN 3420	0,2	1	1,2	Opcional	-	-	16,0	10,3	5,8	3,4	-	-	-	-
PN 3425	0,4	2	2,5	Si	-	-	16,0	18,0	12,8	7,7	-	-	-	-
PN 3428	1	3	3,5	Si	-	-	16,0	16,0	16,0	16,0	-	-	-	-
PN 3430	0,2	1	1,2	Opcional	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-
PN 3435	0,4	2	2,5	Si	-	-	-	-	-	-	4,1	2,5	1,4	-
PN 3436	1	3	3,5	Si	-	-	-	-	-	-	12,1	7,7	4,8	-
PN 3520	0,2	1	1,2	Opcional	-	-	-	15,8	9,1	5,4	-	-	-	-
PN 3525	0,4	2	2,5	Si	-	-	-	18,0	16,0	11,8	-	-	-	-
PN 3524	0,8	1,5	2,3	Si	-	-	-	16,0	16,0	16,0	-	-	-	-
PN 3530	0,2	1	1,2	Opcional	-	-	-	-	-	-	2,7	-	-	-
PN 3535	0,4	2	2,5	Si	-	-	-	-	-	-	6,6	4,1	2,5	-
PN 3534	0,8	1,5	2,3	Si	-	-	-	-	-	-	14,4	9,2	5,8	-
PN 3620	0,2	1	1,2	Opcional	-	-	-	13,1	7,9	-	-	-	-	-
PN 3625	0,4	2	2,5	Si	-	-	-	16,0	16,0	-	-	-	-	-
PN 3624	0,8	1,5	2,3	Si	-	-	-	16,0	16,0	-	-	-	-	-
PN 3630	0,2	1	1,2	Opcional	-	-	-	-	-	-	4,2	2,8	-	-
PN 3635	0,4	2	2,5	Si	-	-	-	-	-	-	9,7	6,1	3,8	-
PN 3034	0,8	1,5	2,3	Si	-	-	-	-	-	-	16,0	13,3	8,4	-

Dimensiones (aproximadas en mm.)			
Actuador	E	F	Peso
PN 3200/4200	217	324	6,0 kg
PN 3300/4300	251	330	9,3 kg
PN 3420/4420	305	367	16,0 kg
PN 3430/4430	305	367	16,0 kg
PN 3520/4520	405	400	26,0 kg
PN 3530/4530	405	400	26,0 kg
PN 3620/4620	465	400	36,0 kg
PN 3630/4630	465	400	36,0 kg



APENDICE N

TRAMPAS DE VAPOR TIPO FLOTADOR TERMOSTATICAS

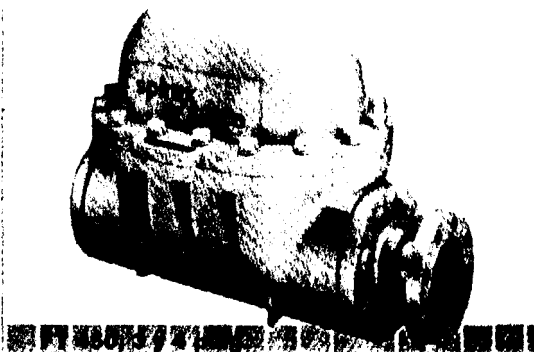
Características y Beneficios

La válvula del mecanismo de flotador modula automáticamente y continuamente para desalojar el condensado a la temperatura del vapor.

Debido a que la válvula no cicla entre las posiciones abierta y cerrada, con una trampa bien dimensionada nunca se eliminará el espacio de vapor.

La operación modulante impide las variaciones súbitas de la presión de vapor que podrían perturbar el control de temperatura.

Los gases no condensables son descargados por un venteo independiente del mecanismo principal, resistente a los golpes de ariete y al vapor recalentado.



Notas:

Venteeo termostático de aire y elemento SLR

Todas las trampas de flotador Spirax Sarco tienen como venteeo una cápsula BP99 que resiste 99°F de recalentamiento, corrosión y golpe de ariete. Ver pag 5 03

Las trampas FT 14 de 1/2, 3/4 y 1 pulgada con una combinación de venteador de aire y elemento SLR (eliminador de sello de vapor) se designan con la letra "C". Este elemento SLR también está disponible en algunos de los otros modelos de trampas de flotador.

Modelo	Serie	Máxima presión de operación (psi)	Tamaños disponibles	Material del cuerpo	Conexiones disponibles
FT 15 FT 30 FT 75 FT 125	Conexiones en Paralelo	15 30 75 125	3/4", 1", 1 1/4" 1 1/2", 2"	Hierro fundido	Rosca NPT
FT 150 FT 200		150 200	3/4", 1", 1 1/4", 1 1/2"		
FTI 15 FTI 30 FTI 75 FTI 175 FTI 200	Conexiones en Línea	15 30 75 125 200	1/2", 3/4", 1"	Hierro Ductil	Rosca NPT Horizontal
FTI 4.5		65	1/2", 3/4", 1"		
FT14 - 10 FT14 - 14		145 200	1/2", 2"	Hierro Fundido	Rosca NPT Horizontal
FT16 - 4.5 FT16 - 10 FT16 - 14		65 145 200	1/2", 2"		
FTB 20 FTB 30 FTB 125 FTB 175	Super Capacidad Conexiones en Paralelo	20 30 125 175	2" 2" 2 1/2" 1 1/2", 2", 2 1/2"	Hierro Fundido	Rosca NPT
FTB - 125 FTB - 175		125 175	2-1/2"		
FT450 - 4.5 FT450 - 10 FT450 - 14 FT450 21 FT450 - 32	Alta presión Alta capacidad (3 y 4 pulg.) Conexiones en Línea	65 145 200 300 465	3/4", 1", 1 1/2", 2", 3" y 4"	Acero al Carbono	Rosca, SW, Bida horizontal
FT46 4.5 FT46 10 FT46 14 FT46 - 21		65 145 200 300	1/2", 3/4", 1", 1-1/2", 2"		

Capacidades en ltr de condensado caliente

Presión Diferencial	FT, FTI-15 *				FT, FTI-30 *				FT, FTI-75 *				FT, FTI-125 *				FTI-200	
psi bar	1/2", 3/4", 1", 1-1/4"	1-1/2"	2"		1/2", 3/4", 1", 1-1/4"	1-1/2"	2"		1/2", 3/4", 1", 1-1/4"	1-1/2"	2"		1/2", 3/4", 1", 1-1/4"	1-1/2"	2"		1/2", 3/4", 1"	
1/4 .017	279	600	1100	2400	279	375	1100	1300	160	550	550	850	100	400	400	550		50
1/2 .035	369	770	1700	2800	369	500	1300	1800	213	725	725	1100	135	520	520	675		75
1 .07	489	980	2400	3600	489	690	1700	2500	280	960	960	1500	175	680	680	880		115
2 .14	650	1240	3300	4650	650	910	2300	3400	365	1300	1300	2000	230	890	890	1225		180
5 .35	785	1640	5000	6900	785	1200	3400	5200	520	1900	1900	3100	330	1300	1300	1950		230
10 .69	1000	2000	6600	9000	1000	1500	4600	6800	700	2650	2650	4150	415	1700	1700	2600		305
15 1.0	1075	2340	7600	10900	1075	1680	5500	7800	795	3050	3050	4750	500	2050	2050	3000		365
20 1.4					1210	1800	6000	8600	875	3400	3400	5200	565	2300	2300	3250		415
30 2.1					1370	2000	7000	10000	970	4000	4000	5800	665	2700	2700	3800		495
40 2.8									1120	4400	4400	6400	750	3000	3000	4200		530
50 3.5									1230	4750	4750	6800	830	3700	3700	4600		575
75 5.2									1450	5400	5400	7700	970	3800	3800	5500		680
100 6.9													1110	4200	4200	6100		750
125 8.6													1190	4500	4500	6600		820
150 10.3																		895
175 12.0																		930
200 13.8																		985

Para Kg/h, multiplicar por .454

Diámetro del Orificio

en	218	312	500	625	218	228	390	500	.166	.312	.312	.421	125	246	246	332		.100
mm	5.54	7.92	12.7	15.9	5.54	5.79	9.91	12.7	4.22	7.92	7.92	10.69	3.18	6.25	6.25	8.43		2.54

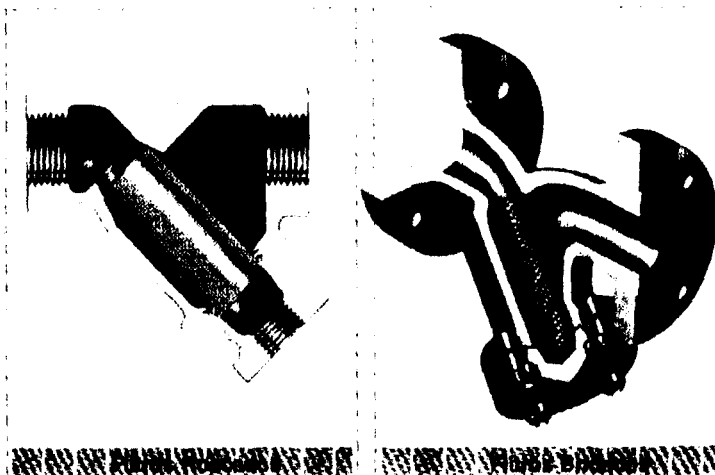
FT: 3/4" a 2"

FTI: 1/2", 3/4", 1"

APENDICE O

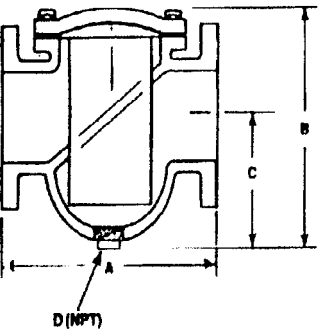
FILTROS PARA TUBERIAS, TIPO V. TIPO CANASTA

Para proteger contra el sucio, las incrustaciones, oxidación de hierro, escoria y otras partículas extrañas comunes en sistemas de tuberías, Spirax Sarco ofrece su línea de filtros para ese uso indispensable requerido por su equipo. Al atrapar o simplemente al remover la bacteria, proporcionan un seguro efectivo que evita reparaciones costosas o pérdidas de producción. El rango de filtros de Spirax Sarco es desde angulares tipo "Y" hasta los tipos estándar, con cuerpos de hierro, acero, bronce o aluminio, tamaños de 1/4" hasta 3" roscados, 2" soldables tipo enchufe y de 1/2" a 20" diámetros. Presiones hasta de 1480 psig. Tienen además un amplio surtido de mallas y tamaños.

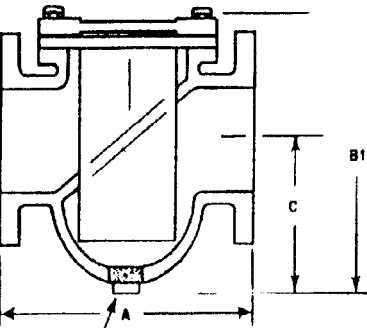


Modelo	Tamaño	Conexiones	Materiales	Máxima Presión del Vapor Saturado	Líquidos. Aceite a 180°F. Presión Max	Tamaño del codazo estándar, Perforaciones o Malla
IF	1/4" a 3"	Roscadas	Hierro fundido	250 psig	300 psi	Malla 20
BT/TBI	1/4" a 3"	Roscadas Soldadura Autógena	Bronce	250 psig	400 psi	
CT	1/2" a 2"	Roscadas Soldadura de Enchufe	Acero fundido	984 psig	1480 psi	2" 3" 20 Malla 20
CI - 125	2" a 8"	Bridadas. ANSI 125	Hierro fundido	147 psig	200 psi	
F - 125	10" a 12"			125 psig	150 psi	
	14" a 18"			100 psig		4" 18" - 1/8" Perf
CI - 250	2" a 4"	Bridadas. ANSI 250	Hierro fundido	280 psig	500 psi	2" 3" 1/32"
F - 250	5" a 12"			250 psig	400 psi	
	14" a 18"			200 psig	300 psi	4" a 8" - 1/8" Perf
Fig. - 36	1/2" a 2"	Bridadas. ANSI 150	Acero Inoxidable	197 psig	255 psi	1/32" Perf
		Bridadas. ANSI 300		491 psig	670 psi	
CSS	2-1/2" a 14"	Bridadas. ANSI 150	Acero Inoxidable	197 psig	255 psi	2-1/2" a 8" 3/84" Perf
		Bridadas. ANSI 300		491 psig	670 psi	10" a 14" - 1/16" Perf

Filtros para Tuberías de Tipo Enchufe						
33C - 125	2 - 16"	ANSI 125	H ₂ O		150 psi	2" a 4", 0.125, más de 6" 156
33 - 125	2 - 20"	ANSI 125		125 psi	150 psi	
33 - 250	2 - 20"	ANSI 250	Acero al Carbono		200 psi	1-1/2" a 8" 0.125 Vapor
34 - 150	1 1/2" a 16"	ANSI 150		203 psig	285 psi	10" a 20" 0.125 Vapor
34 - 300		ANSI 300	604 psig	740 psi	1-1/2" a 3" 0.063 Lq más de 4" 0.125 Lq.	
36 - 150	1-1/2" - 16"	ANSI 150	Acero Inox. fundido	198 psig	275 psig	Común a todos los modelos excepto al 733C - 125
36 - 300		ANSI 300	491 psig	720 psig		



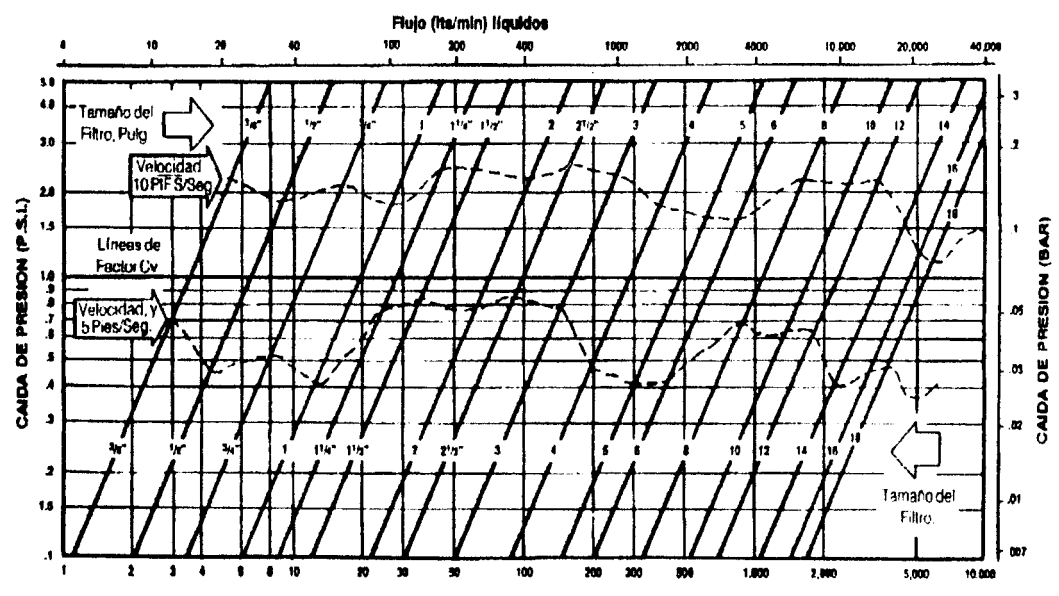
Tipo 733, 734, 736



Tipo 733 C

Medida	ANSI 125		ANSI 250		NPT		Peso		
	A	A	B	B1	C	D	ANSI 125 733	ANSI 250 733C	ANSI 250 733
2	0.63	0.63	10.3	11.63	5.88	1.2	32 lb	35 lb	40 lb
2 1/2"	7.6	8.4	9.2	10.6	5.4	3/4	28 lb	32 lb	30 lb
3"	8.8	9.6	10.4	11.9	5.3	3/4	37 lb	40 lb	52 lb
4"	11.2	11.5	13.3	15.4	8.0	1	63 lb	70 lb	90 lb
6"	14.0	15.5	16.0	19.3	10.4	1-1/4	122 lb	136 lb	224 lb
8"	17.1	18.1	22.5	25.1	15.5	1-1/2	198 lb	218 lb	240 lb
10"	22.0	23.3	25.3	28.4	16.0	1-1/2	350 lb	396 lb	460 lb
12"	25.3	26.5	35.4	37.7	23.8	2	716 lb	720 lb	854 lb
14"	29.7	31.3	39.0	44.3	26.8	2	1010 lb	990 lb	1182 lb
16"	31.9	33.5	42.7	48.5	29.5	2	1320 lb	1040 lb	1540 lb

Diagrama de selección de filtros para líquidos (T, BT, CT, F, CI, C85, C86)



Flujo (GPM) líquidos
 AGUA LIMPIA - MALLA STANDARD
 Nota: El factor Cv es el flujo en G.P.M. a 1 psi de caída de presión.

APENDICE P

ANÁLISIS DE COSTOS PARA EL PROCESAMIENTO DE 4 TM / H DE CONCENTRADO DE MARACUYA

COSTOS DE MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	SUELDO UNIT (US\$)	SUELDO TOT. (US\$)
Personal Administrat.			
Gerente General	1	3000	3000
Gerente de planta	1	2000	2000
Secretarias	2	140	280
TOTAL	4		5280

Personal de Produc.			
Jefe de producción	1	1200	1200
Supervisor	1	500	500
Secretarias	2	140	280
TOTAL	4		1980

Personal de Contab.			
Contador	1	400	400
TOTAL	1		400

DESCRIPCION	CANTIDAD	SUELDO UNIT (US\$)	SUELDO TOT. (US\$)
Personal de Planta			
Descargadores de fruta	6	160	960
Montacarguistas	8	160	1280
Seleccionadores	10	160	1600
Operadores de extrac.	2	160	320
Operador de clarificac.	1	160	160
Operador de pasteuriz.	1	160	160
Llenador	1	160	160
Oespachador	1	160	160
TOTAL	30		4800
Personal de Compras			
Jefe de Compras	1	300	300
Pesador de fruta	1	160	160
TOTAL	2		460
Personal de Mantenim.			
Jefe de mantenimiento	1	1200	1200
Secretaria	1	140	140
Mecánicos	2	220	440
Eléctrico	1	220	220
Calderista	1	200	200
Bodegueros	2	140	280
TOTAL	8		2480

DESCRIPCION	CANTIDAD	SUELDO UNIT (US\$)	SUELDO TOT. (US\$)
Personal de Cont. Cal.			
Operadores	2	140	280
TOTAL	2		280

Personal Auxiliar			
Servicios varios	1	120	120
Garita	1	120	120
Guardianes	3	140	420
TOTAL	5		660

COSTOS DE MATERIA PRIMA

DESCRIPCION	CANTIDAD (TM)	COSTO (US\$ / TM)	COSTO TOT. (US\$)
Demanda Diaria	576	80	46080
Demanda Mensual	12480	80	998400
Demanda Anual	149760	80	11980800

BIBLIOGRAFIA

AVILAN L, Manual de Fruticultura: Principios y Manejo de la Producción, Tomo II, Editorial América C.A, Segunda Edición, 1992.

CARRERA VICENTE, LOPEZ FAUSTO, Diseño y Construcción de un Equipo de Tratamiento de Agua Para el Caldero de la Facultad de Ingeniería Mecánica (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, 1986)

CASTILLO PRISCILA, Cinética de la Degradación de la Vitamina C en el Jugo Concentrado y Congelado de Maracuyá (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2001)

CRUZ CESAR, Instalación de Vapor Para una Planta de Bloques de Concreto (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1996).

EL UNIVERSO, Ecuador: Primer Vendedor de Concentrado Maracuyá, Guayaquil, 2 de Septiembre de 1998.

EL UNIVERSO, Maracuyá Dominó al Mundo, Guayaquil, 15 de Septiembre de 1998.

FAIRES VIRGIL, Termodinámica, Editorial Limusa, México, 1993.

GALLO GUSTAVO, Instalaciones Frigoríficas Para Cámaras de Maracuyá (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1998).

GIL BENITO, Fuel Oil: Almacenamiento, Combustión y Contaminación Atmosférica, Editorial Blume, España, 1969.

GUAMAN KLEBER, Optimización de Espesores para Sistemas de Aislamiento Térmico en Centrales de Vapor (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1984).

GUTIERREZ LIGIA, GUTIERREZ KETTY, Obtención de la Pectina a Partir de la Cáscara del Maracuyá (Tesis, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, 1990).



GUZMAN JOSE, Cultivo de la Parchita, Editorial Espasande S.R.L,
Venezuela, 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE CAPACITACION CAMPESINA, El Cultivo
del Maracuyá, Documento No 1, Editorial Serie Agrícola, Ecuador.

LASCANO RAIJL, Copiados de Análisis de Plantas, Escuela Superior
Politécnica del Litoral, 1980.

LA FERRETERA, Armstrong: Catálogo de Trampas de Vapor, 1997.

LA LLAVE, Spirax Sarco: Catálogo de Productos, Segunda Edición,
1999.

MEYER MARCO, Elaboración de Frutas y Hortalizas, Editorial Trillas,
México, 1989.

MORAN BENITO, Concentración de Jugo de Maracuyá Mediante la
Centrifugación (Tesis, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de
Guayaquil, 1993).

PALTRINIERI GAETANO, Taller de Frutas y Hortalizas, Editorial Trillas,
México, 1981.

- . ROMERO ALBITA, Informe de Prácticas Vacacionales (Programa de Tecnología en Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1989)
- . SPER VLADIMIR, Diseño Térmico y Mecánico de un Generador a Vapor Tipo Piro-tubular Posición Horizontal (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1999).
- . VALLEJO ELIZABETH, RODRIGUEZ RICARDO, Utilización de la Cáscara de Maracuyá en la Formulación de Alimentos Balanceados Para Consumo de Ganado Vacuno (Tesis, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, 1991).
- . VARGAS ANGEL, Montaje de Maquinaria Industrial, Tomo I, Editorial Series VZ, 1982.
- . VARGAS ANGEL, Mantenimiento de Calderas Industriales y Marinas, Editorial Series VZ. 1990.
- VARGAS ANGEL, Calderas Industriales y Marinas, Editorial Series VZ, Segunda Edición.
- VILLALOBOS FERNANDO, Sistema de Vapor Para una Planta de

Hormigón Asfáltico (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1996).

27. ZAMBRANO VICENTE, Proceso Tecnológico del Cultivo de Maracuyá, Ecuador, 1989.

28. [w.w.w. cleaver **brooks**.com](http://www.cleaverbrooks.com)