

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Mecánica



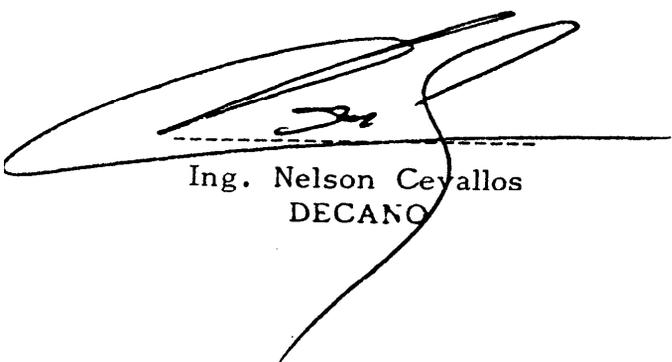
"MODIFICACION DE UN SISTEMA DE CONDENSADO
DE HEXANO DE UNA PLANTA ACEITERA"

INFORME TECNICO
Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO

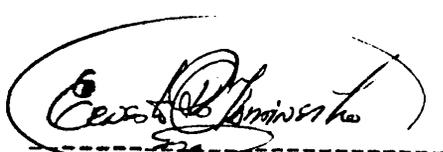
Presentado por:
Luis Eduardo Morales Díaz



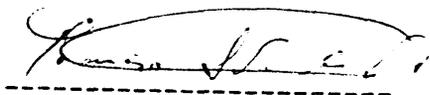
Guayaquil - Ecuador
1989



Ing. Nelson Ceyallos
DECANO



Ing. Ernesto Martinez L.
DIRECTOR INFORME



Ing. Francisco Santelli
MIEMBRO TRIBUNAL

R E S U M E N

La extracción del aceite de una **semilla** oleaginosa por medio de un **solvente**, es un procedimiento que se **usa** en la casi totalidad de **las** plantas que trabajan estos productos. Uno de los solventes de **mayor** uso es **el hexano (C₆H₁₄)**, un **hidrocarburo** saturado y uno de los más **aptos** para la **extracción** de **aceite**.

Nuestra planta utiliza hexano como solvente y las **semillas** que se procesan son : **soya** y **palmiste**, y **eventualmente** algodón.

Un **proceso de extracción en general** se lo puede esquematizar como **se ve en la figura 1**.

Considerando que el **hexano es inflamable** y sus vapores forman una mezcla detonante con el aire, éste **debe** ser recuperado eficientemente. Además, siendo **una materia prima** de un costo considerable su **consumo no** debe exceder los **valores normales para** estos tipos de planta.

El material de mi informe se relaciona al sistema de **condensación** de **vapores** de **hexano que provienen de** la destilación de la miscela y de **solventización de la harina**. Más específicamente me concentro en los **condensadores** mismos, los problemas de **corrosión** y **erosión** que provocaba **el uso del agua del río**, los altos costos de reparación que **implicaba**, y las pérdidas de **producción** a que conducían estos problemas.

Realizo un estudio de varias alternativas e incluso aplico algunas de **ellas**, siempre buscando **tres** objetivos básicos:



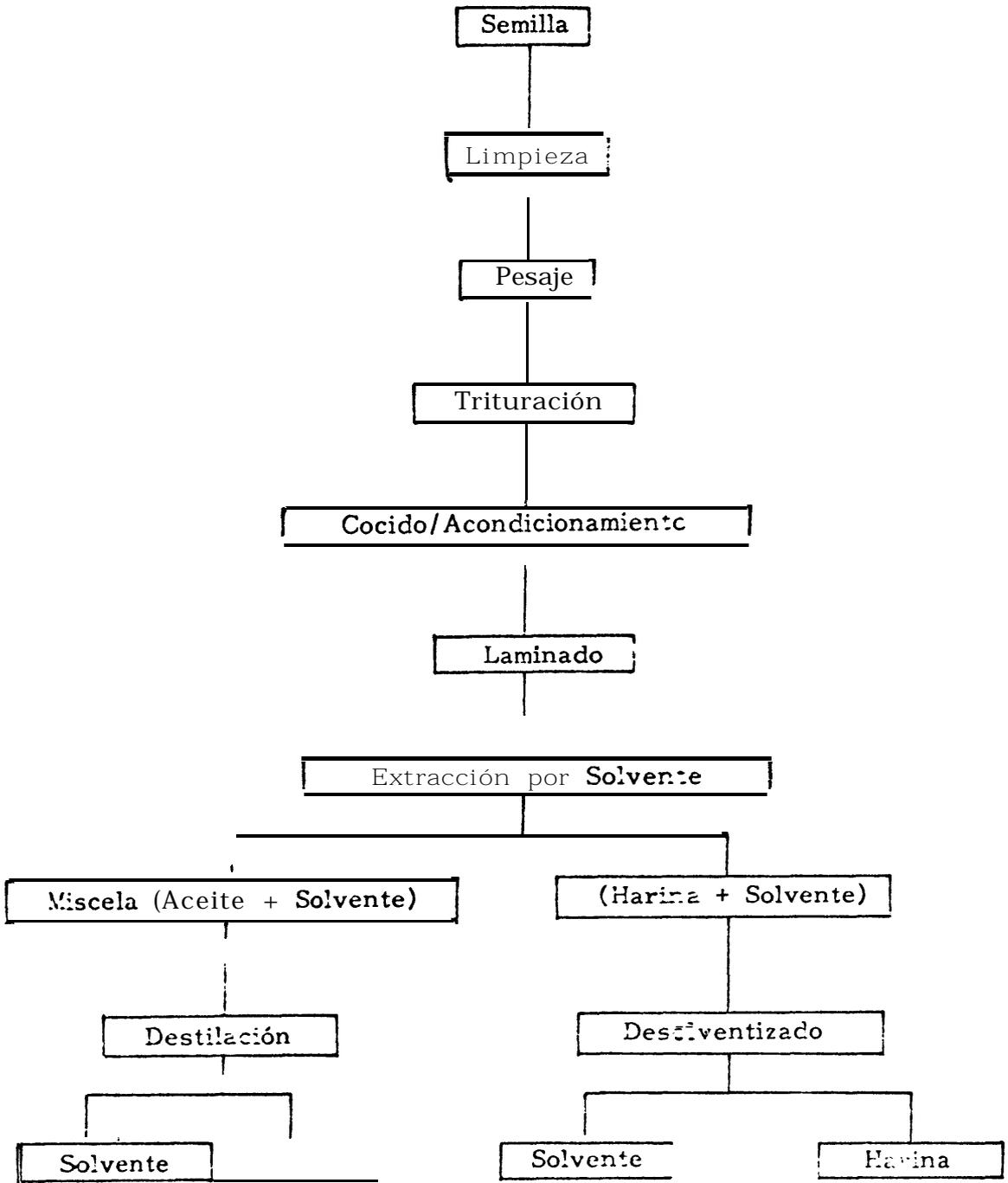


FIGURA Nº 1



I N D I C E G E N E R A L

	Pág,
RESUMEN	VII
INDICE GENERAL	X
ANTECEDENTES	12
I. DESCRIPCION DEL SISTEMA	14
1.1. Función de los equipos	14
1.1.1. Proceso de Extracción	14
1.1.2. La Desolventización	16
1.2. Problemas de Funcionamiento	21
1.3. Costos de Reparación	24
II. ALTERNATIVAS DE SOLUCION	27
2.1. Modificación de los Condensadores	27
2.2. Tratamiento Anticorrosivo	32
2.1.1. Tratamiento del agua de río	32
2.1.2. Protección anticorrosiva	35
2.3. Reparaciones Periódicas	36
2.4. Condensación mediante el uso de agua potable	36
III. CONSIDERACIONES TECNICAS DEL USO DEL AGUA	
POTABLE.*	38
3.1. Cálculo del Circuito	38
3.2. Dimensionamiento de una Torre de Enfriamiento	45
3.3. Dimensionamiento del equipo de Bombeo	50
3.4. Consideraciones de Montaje	55

	Pág.
IV. EVALUACION DE LA SOLUCION PROPUESTA	61
4.1. Inversiones efectuadas	61
4.2. Costo actual Ce Mantenimiento	62
4.3. Análisis de Resultados	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
APENDICES	72
BIBLIOGRAFIA	76

A N T E C E D E N T E S

La utilización del solvente (**hexano**) en plantas aceiteras **requiere** de mucho cuidado, debido **al** riesgo que entraña su utilización.

El consumo de solvente es un factor importante en el balance **Cr explotación** de una instalación de **este** tipo, tomando en cuenta **su** costo considerable.

La capacidad máxima de producción de esta planta es de 200 **tons/día** de **soya** y 80 **tons/día** de **palmiste**, y el trabajo debe ser **continuo**. **Resulta** inconveniente **paralizar** la producción, debido a que los **aceites** obtenidos son de suma importancia para la elaboración de **productos** como aceite y manteca, que son de primera necesidad, **así** como la **harina** de **soya**, que por su alto contenido proteínico tiene **buena demanda** para la elaboración de **balanceados**. **Esto** se acentúa más en los meses de cosecha, puesto **que** se necesita procesar la mayor cantidad al más corto tiempo, a fin de poder **receptar al** máximo la **semilla** cosechada.

El solvente (hexano) entra en contacto directo con la **semilla** y luego es separado por evaporación y recuperado, **condensándolo** en un **circuito** cerrado.

La condensación se realiza en un banco de cuatro condensadores, en los cuales el medio de **enfriamiento** es agua del río. El **daño** que sufre **enfrián** los condensadores, **especialmente** los tubos de los mismos, debido a varios factores como corrosión, erosión o **taponamiento** por **acumulación** de lodo no fueron pocos, y los gastos y pérdidas **eran** eleva

dos. Con esto, el costo de mantenimiento de esta Planta se vio incrementado en los últimos **años**, pasando **los niveles presupuestados** para un trabajo que siempre se quiere **lo más económico** posible.

Lo anterior es **el** motivo de este informe; **lo cual** es un estudio de **los** problemas y las alternativas a **solucionarlos**.



CAPITULO I

DESCRIPCION DEL SISTEMA

1.1 FUNCION DE LOS EQUIPOS

1.1.1 PROCESO DE EXTRACCION

Nos concentraremos aquí a hacer una breve **descripción** general del proceso de extracción de aceite a partir de la **semilla**, para comprender **mejor** el papel que cumplen los equipos para condensado del solvente y su **importancia** dentro del Proceso.

La **semilla** es **tratada** en extracción **directa** después de una preparación **adecuada**, la cual consta de **cuatro** pasos **básicos**: limpieza, **trituración**, cocido y laminado. No se entrará en **detalle** en estos procesos pero se debe **hacer** notar que **son** factores **importantes** en el rendimiento de la extracción del aceite de la semilla.

El **proceso** básico de extracción se muestra en la figura 1.1. La **semilla pretratada** entra en el extractor mismo (3) y **circula** en una cinta transportadora **lenta** y de velocidad **regulable**. Encima de la cinta **o tapiz** existen unos dispositivos para rociado. Debajo de la cinta hay una **serie** de tolvas que recogen la **mezcla** de hexano y aceite (**miscela**) y **cada** tolva tiene su propia bomba de reciclado. Durante todo el **trayecto** la **semilla** es intensivamente bañada con **miscela** cada vez más **pobre** en aceite (**rica** en solvente) con la ayuda de las bombas de cada tolva. Finalmente, la semilla **que ya** contiene **poco** aceite es lavada **con solvente** fresco.

La **semilla desaceitada** o harina, cae en una tolva de descarga y es

EXTRACCION
EXTRACTION

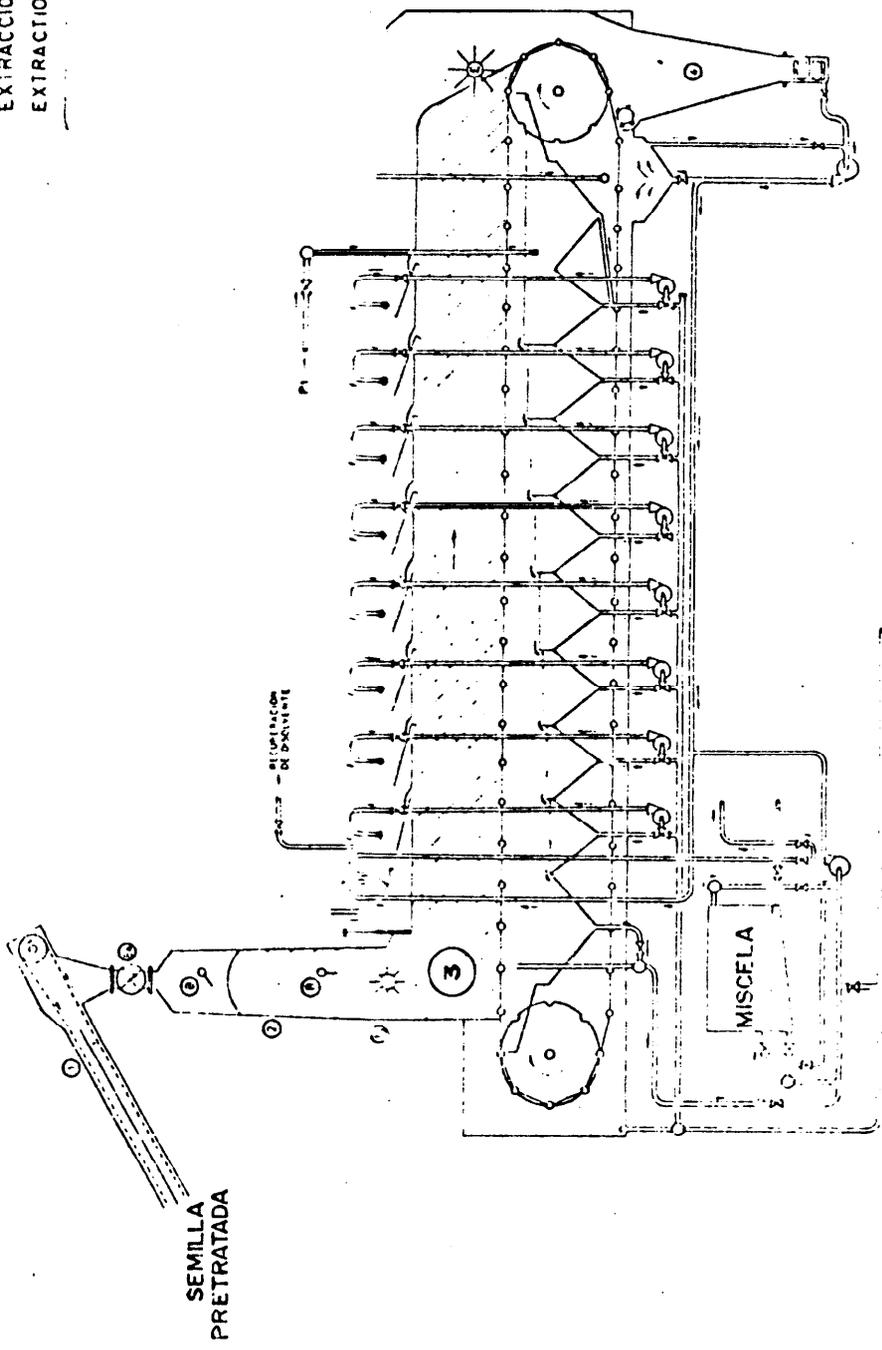


FIGURA 1.1

evacuada por un transportador.

Tanto la miscela (solvente + aceite), como la harina, necesitan ser desolventizadas, esto es, eliminado todo vestigio de solvente. La finalidad de esto es obtener aceites y harinas comerciables y de buena calidad.

A continuación se dará una tabla que muestra la performance normal de operación de la planta de extracción cuando trabaja con soya y palmiste, obviando el proceso de algodón que en los últimos dos años no se ha procesado y no representa un caso especial en el desarrollo de este informe.

TABLA 1.1 RENDIMIENTO NORMAL DE LA EXTRACCION

	Soya	Palmiste
Contenido de aceite (%)	17.5	48
Cantidad procesada (Tm/ día)	185	80
Contenido de solvente en la harina (%)	30	30
Contenido de aceite en la harina (%)	1	1.5
Cantidad de miscela obtenida (lt/ hr)	10.000	9.500

1.1.2 LA DESOLVENTIZACION

Como se anotó en la sección anterior, este proceso es tanto para la miscela como para la harina, sin embargo, en el caso de la miscela, se llama destilación y para la harina desolventización propiamente dicha.

El solvente es recuperado de la harina en equipos conocidos como de -

solventizadores, que es una torre con varias bandejas calentadas con vapor de agua. La harina es removida por la acción de palas giratorias y cae hacia la bandeja inferior y así sucesivamente hasta llegar a la última. Se recurre adicionalmente a la inyección de vapor directo a fin de recuperar al máximo las últimas trazas de solvente de la harina. Los vapores extraídos del desolventizador se recogen por vacío en un sistema de lavado (29) (ver figura 1.2) con agua caliente, la finalidad de esto es la de arrastrar por lavado partículas finas de harina que pueden escapar junto con los vapores, y, separar por condensación la mayor cantidad de vapor de agua.

De la tabla 1.1 se puede tener una idea de cuánto solvente por hora es necesario recuperar en el caso de la soya:

$$185 \text{ (Tm/día)} \times (1 - 0.175) \times 0.3 \times (1.000/24) = 1.908 \text{ Kg/hr}$$

Una aceptable desolventización asegura entre un 0.1 a un 0.4 % de solvente en la harina final:

$$185 \times (1 - 0.175) \times (1.000/24) \times 0.004 = 25 \text{ Kg/hr de solvente no recuperado.}$$

De lo anterior se puede estimar que la cantidad de solvente que sale del lavador 29 es $1.908 - 25 = 1.883 \text{ Kg/hr}$.

La miscela pasa por rebose al tanque pulmón y de éste al sistema de destilación continuo, en los cuales es fundamental la temperatura y el vacío (ver figura 1.2).

De la tabla 1.1 se puede determinar la cantidad de aceite contenida en la miscela: $185 \times 0.175 \times (1.000/24) = 1.384 \text{ Kg/hr}$.

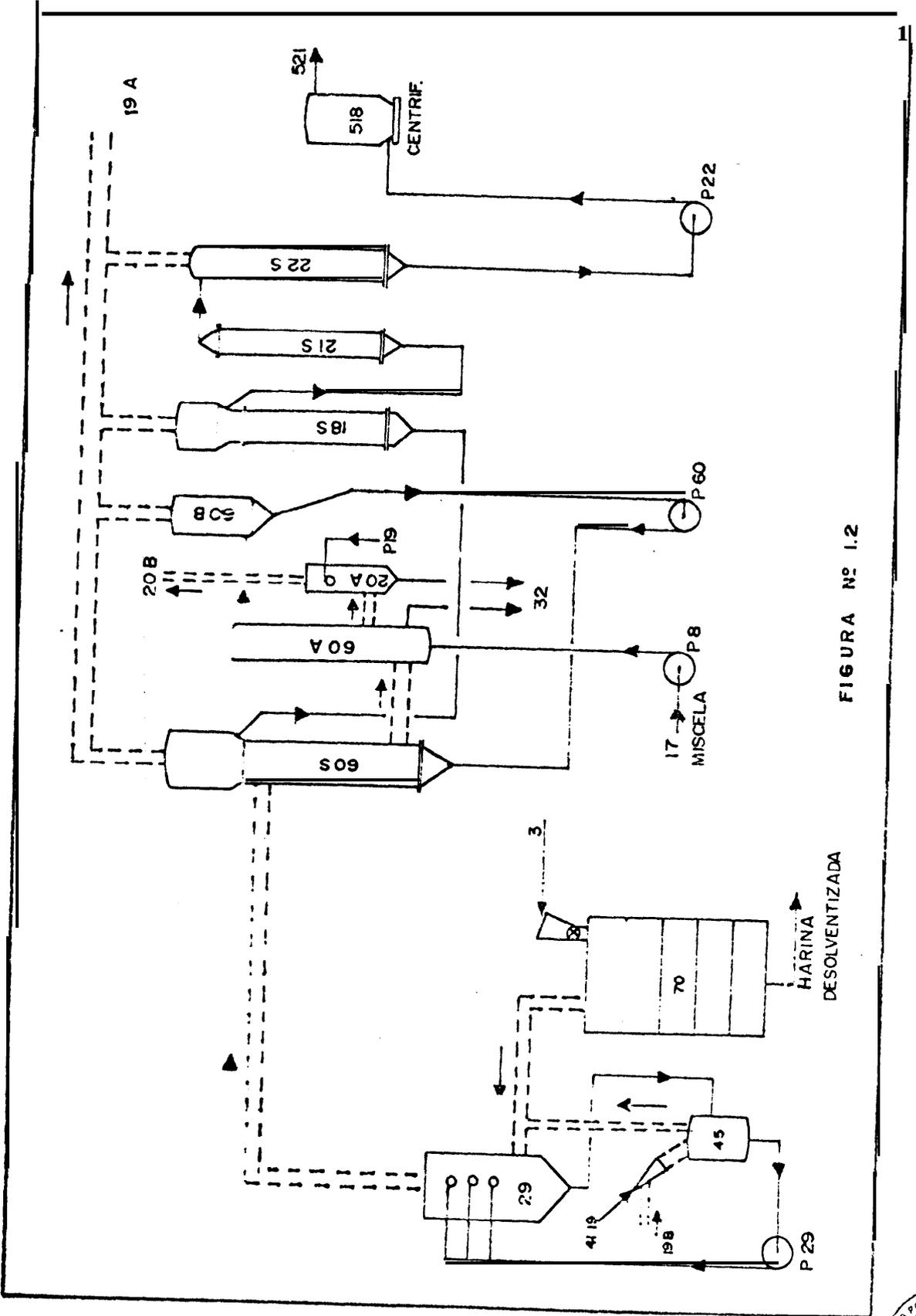


FIGURA Nº 1.2



No todo el aceite puede ser extraído de la harina, ésta normalmente sale con un 1 % de aceite, esto es: $185 \times 0.01 \times (1.000/24) = 64$ Kg/hr. El contenido de aceite se reduce a $1.348 - 64 =$

$$\underline{1.284 \text{ Kg/hr (1.442 lt/hr)}}$$

(Peso específico del aceite = 0.89). Ver apéndice A.

En el caso de soya se destilan 10.000 lt/hr de miscela con un contenido de solvente de: $10.000 - 1.442 = \underline{8.558} = \underline{5.829 \text{ Kg/hr.}}$

(Peso específico del hexano = 0.68). Ver apéndice B.

El sistema de destilación consiste primero de dos economizadores 60A y 60B que aprovechan el calor latente de vaporización que poseen los vapores que provienen del lavador 29.

Son 1.883 Kg/hr de hexano cuyo calor latente es 79.4 Kcal/Kg (Ver apéndice B) , por lo cual se disponen de $1.883 \times 79.4 = 149.510$ Kcal/hr.

Los vapores de solvente que entregan su calor latente y no logran condensarse, son bañados con condensado de hexano y agua desde la bomba P19 y caen al tanque de separación 32. (Ver figura 1.2).

La miscela que sale del economizador 60S pasa al destilador 18S, calentador 21S y destilador final 22S, en los cuales se utiliza vapor indirecto para calentar la miscela y vapor directo de arrastre o de agotamiento, a fin de eliminar las últimas trazas de solvente. El aceite destilado es desgomado por centrifugación y se lo calienta y seca a vacío para luego enfriarlo y almacenarlo, (Ver figura 1.3).

Son los condensadores 19A y 19B los que **reciben** la mayor carga y **juntos con** el 520 los que **trabajan a un alto vacío**. Es en cambio el **condensador 203** el que trabaja a una **ligera depresión**.

Todos los **condensadores** igualmente descargan el condensado (**solvente + agua**) por gravedad al tanque de **separación 32**.

Estando todos los equipos trabajando **a depresión**, es muy **difficil una estanquidad completa**, ya que no se puede **evitar** una entrada **sistémica** de aire **en la** instalación. Esto sucede **ya** que se manipula materia sólida que entra y sale de la instalación **por válvulas** rotativas **que arrastran inevitablemente** aire, a pesar del **poco** juego a que se ajustan las **mismas**.

Este aire es **finalmente** eliminado a la atmósfera **en** el circuito de **recuperación** final de solvente conocido como recuperación **por absorción** en el aceite (ver figura 1.3). Antes de ser evacuado el aire y una **cierta fracción** de solvente que no se condensó, se pone en contacto **a contracorriente** con un aceite que circula en **circuito** cerrado en la unidad de absorción (120), saturándose al **máximo** el aceite **frío** con el, solvente y el aire es evacuado por el eyector 41/ 120 a la atmósfera. El aceite con trazas de **solvente** se **calienta** y con la ayuda de **vacío** se lo **recupera** en los condensadores 19B y 520.

1.2 PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO

Sin duda que los condensadores **forman** un **equipo** clave dentro del **proceso**, son los equipos que nos permiten **recuperar** el **solvente** apropiadamente **en** un circuito **completamente** cerrado, evitando des

perdicios y situaciones de riesgo. Los condensadores son del tipo co-
raza y tubo, en los cuales el medio de enfriamiento (agua de río) pa
sa a través de los tubos y los vapores por el exterior.

La utilización de agua de río es barata si se toma en cuenta que es
una fuente inagotable y no necesita ser recuperada. Sin embargo, su
utilización merece considerarse, tanto por el tipo de agua, así como
por los medios adecuados para sedimentar los sólidos en suspensión,
requiriendo que el material de los condensadores, especialmente los
tubos, sean de materiales apropiados.

Varias fueron las condiciones que llevaron a producir problemas de
corrosión en los tubos de los condensadores, entre los cuales se anota-
tan:

1. **Características del agua de río:** La siguiente tabla da una idea
de la calidad del agua que se utilizaba para el enfriamiento:

TABLA 1.2 ANALISIS DE AGUA DE RIO

PH	6.7
Cloruros como Cl	1.249 mg/l
Sólidos totales	1.904 mg/l
Sólidos suspendidos totales	166 a 500 mg/l

2, **Sedimentación:** El agua de río pasa por la piscina de decantación,
la cual solventaba 320 m³/hr y en los últimos años se ha aumentado a
605 m³/hr, todo esto sin que se pudiera ampliar la piscina debido a
falta de espacio para hacerlo.

3, **Materiales de construcción:** Los tubos de los condensadores por

diseño son de acero **inoxidable AISI 404 (DIN 14301)** que si bien son de buena calidad, son atacados por el agua de río.

Hay que resaltar el hecho de que **los** tubos son recubiertos por el lado interior con una capa protectora (metalizado).

El metalizado consiste en **un** recubrimiento de aluminio resistente a la corrosión a manera de **revestimiento**. En realidad no se conoce el **pro**ceso *detal* recubrimiento, pero siempre **quedó** la duda de **que** haya **si**do mal ejecutada.

Muchos fueron los problemas, tanto de picadura de los **tubos** que resultaba el más costoso, **así** como por taponamiento, debido a **acumulación** de lodo en los condensadores y las consecuencias se las puede enunciar como sigue:

1. Seguridad: Una mala condensación, ya sea por **acumulación** de lodos o por tubos rotos que se tuvieron que condenar, **provocan** altas temperaturas en las flemas **que** se evacuan a la atmósfera en el **circui**to de absorción. Esto es riesgoso considerando las **características** del hexano.

2. Pérdidas de producción: **A** pesar de que la planta puede **proce**sar 200 **Tm/hr** máximo de **soya** y 80 **Tm/hr** de **palmiste**, **ésta** trabaja mejor a un promedio de 185 **Tm/hr** de **soya**. Esto sumado a **los** **reque**rimientos de producción son de trabajo continuo (24 **hr/día**) y hay **me**ses en que la planta no puede parar a **fin** de poder desocupar la mayor cantidad de espacio para **lograr** almacenar las semillas; **parar** la operación de la planta **resulta** en considerable pérdida para **la empre**sa.

3. Gastos de operación y mantenimiento: Desde que un condensador se abre se **tiene** que prever el remplazo de **los empaques de las tapas** y empaques de las celdas de separación entre **las etapas (los pasos)** del condensador. En caso de tubos dañados, si éstos **tenían que ser** remplazados, **esto** representaba un **alto** costo. La mano de **obra** que **tenía** que ser contratada para la limpieza, cambio de tubos y ensayo hidrostático de cada tubo, **es** un **rubro** importante. Lógicamente las averías en los condensadores generan pérdidas **de** solvente y esto perjudica a **la empresa.**

1.3 COSTOS DE REPARACION

Es necesario **al** momento presentar **un** cuadro de daños surgidos en los últimos dos años, a fin de hacer un costeo de **los** gastos realizados básicamente por: materiales, repuestos y mano de obra. El cuadro especifica **también** el número de días aproximado que tomó cada reparación.

Basta considerar el año 1988 en **el** cual la **planta** paralizó sus **operaciones** 17 días en sólo siete **meses** (en agosto se **implementaron** las **modificaciones**) .

Los gastos de mantenimiento de este centro de costo (extracción) **hasta el mes de julio** sumaban 15'300.000 sucres. De la **tabla 1.3** podemos **observar que** los gastos **sólo** en los condensadores sumaban 5'600.000 sucres; lo **cual** representa casi el 37 % de **total** de gastos.

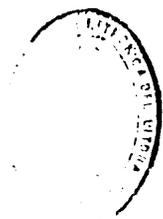


TABLA 1.3 CUADRO DE DAÑOS EN LOS CONDENSADORES

AÑO - 19 8 7

Días	Condensador	Inspección Limpieza	Tubos Condenad.	Tubos Reemplaz.	Gastos Realizad.
	520	Si			
9-12	19A	Si			
Enero	20B	Si			220.000.00
	19B	Si			
	520	Si		60	
20-23	19A	Si		17	
Marzo	20B	Si		2	3'695.000.00
	19B	Si		60	
	520	Si	32		
30-1	19A	Si			
Jul/Agt	20B	Si	5		230.000.00
	19B	Si			
	520	Si			
12-16	19A	Si			
Septb	20B	Si			
	19B	Si			
	520	Si	34		
15-16	19A	Si			
Octb	20B	Si	5		260.000.00
	19B	Si			
	520	Si	32		
20-23	19A	Si			
Novb	20B	Si			250.000.00
	19B	Si			



CAPITULO II

ALTERNATIVAS DE RESOLUCION

2.1 MODIFICACION DE LOS CONDENSADORES

Es necesario comenzar haciendo una breve descripción del circuito de agua de enfriamiento y citar las características técnicas más importantes de los cuatro condensadores, a fin de estudiar las posibles modificaciones a efectuarse. La figura 2.1 muestra la ubicación de los condensadores en planta y la tabla 2.1 las características de los mismos.

TABLA 2.1 CARACTERISTICAS DE LOS CONDENSADORES

	<u>Condensadores</u>			
	<u>520</u>	<u>19A</u>	<u>20B</u>	<u>19B</u>
Número de tubos	80	480	320	160
Area total de transf. calor (m ²)	25	150	100	50
Número de pasos	2	6	4	2
Material de construcción de los tubos	Acero inoxidable AISI 304			
Longitud de tubos (m)	5.5	5.4	5.4	5.4
Diámetro interior de tubos (mm)	17	17	17	17
Diámetro exterior de tubos (mm)	19	19	19	19

La utilización de tubos de mejor calidad se presentó como la única modificación posible en los condensadores.

Si bien el material original es AISI 304 (0.08 C, 2 Mn, 18 Cr, 8 Ni) y tiene un metalizado interior que a decir de los fabricantes ha dado buen resultado, era obvio que la capa protectora, o no fue bien realizada o

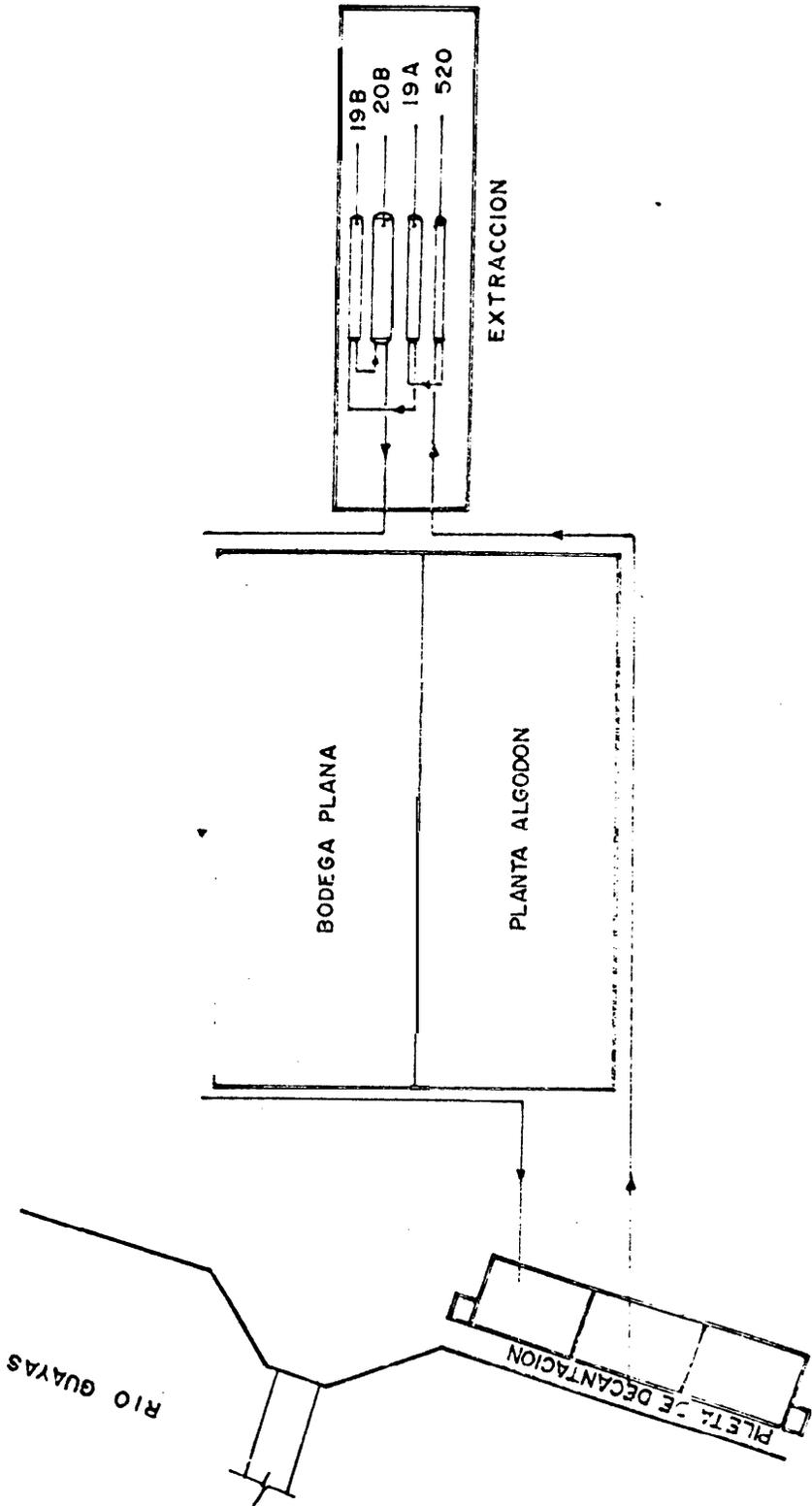


FIGURA N° 2.1

simplemente no se **hizo y** surgieron los problemas de picaduras y perforaciones que van **asociadas** con **corrientes lentas** que se **debieron haber** dado por **acumulación** de lodos.

Entre los materiales **más** apropiados para estos tipos de agua **están** el latón de almirantazgo (70% **Cu**, 29% Zn, 1% Al), latón de **aluminio** (76% **Cu**, 2% Al, 22% **Zn**), o el Cuproníquel (70% **Cu**, 30% **Ni**), los cuales **aún** siendo resistentes a los constituyentes **de** agua, si **pueden** ser atacados por varios mecanismos:

1. Ataque por **depósito** sobre **zonas** escudadas por materias extrañas (lodos, **microorganismos**), ocasionando una deficiencia local **de** oxígeno que hace **anódico** el material.
2. Descinificación, **en** la que ambos **componentes de** metal **se disuelven** y el cobre se **vuelve** a depositar en una capa **o empaste poroso**.
3. Por choque de **burbujas** de aire, impidiendo **la formación de** la película protectora **y** originando socavaciones.

Lo anterior argumentado hizo decidir **el uso de tubos de titanio** que tiene excelente **resistencia** a la corrosión, debido a que se **cubre** por oxidación de una **tenue** y resistente **capa que lo protege**. **Entre las** ventajas de su **utilización** están sus propiedades **elásticas** excelentes haciendo **fácil** su ex-**andado**, también su buena **conductividad térmica** (14.870 Kcal x cm/m² x hr x °C), 10.6 veces la **de** **acero 304** (1.390 Kcal x cm/m² x hr x °C), **mejorando la capacidad de** **transferencia** de calor de los condensadores.

La tabla 2.1 muestra las especificaciones certificadas **de** **material de**

TABLA 2,1 CERTIFICADO DE TUBOS DE TITANIO



INDUSTRIAL TITANIUM CORPORATION
 201 Commercial Avenue
 Northbrook, IL 60062 USA
 (312) 373-3720 Telex: 293718
 Two Company Offices, South West Coast

Certificate of Tests

TO

LASCO
 4511 N.W. 37TH COURT
 MIAMI, FL 33142

DATE APRIL 28, 1988
 CUSTOMER'S P.O. No. 224-88

AMS

ATTN:

DESCRIPTION OF MATERIAL AND SPECIFICATIONS

354s PT 3/4" O.D. X .035" WALL X 112.6" LONG
 C.P. TITANIUM TUBING - GRADE 2
 (200 PIECES)

CHEMICAL ANALYSIS												
TEST NO.	CARBON	FE	SI	AL	VA	Cr	NI	N	HA	TI	OTHER	REMARKS
WE CERTIFY THIS MATERIAL TO BE COMMERCIAL PURE TITANIUM, GRADE 2, AS SUCH, THE MAXIMUM IMPURITIES IT CONTAINS ARE AS FOLLOWS:												
							NIUMEN:	.03				
							CARBON:	.10				
							HYDROGEN:	.015				
							IRON:	.30				
							OXYGEN:	.25				
							(ALL OTHER ELEMENTS TOTAL)	.03				
MECHANICAL PROPERTIES AND TESTS												
TENSILE TEST	TENSILE TEST	ELONGATION	REDUCTION OF AREA	HARDNESS	BEND							

WE CERTIFY THAT THE CHEMICAL ANALYSIS AND PHYSICAL TEST RESULTS APPLYING ON THE ABOVE ORDER NUMBER ARE CORRECT AND TRUE TO THE BEST OF OUR KNOWLEDGE AND BELIEF.

SUBSCRIBED AND SWORN TO BEFORE ME

THIS 28 TH DAY OF APRIL 1988



INDUSTRIAL TITANIUM CORPORATION

By: _____



INDUSTRIAL TITANIUM CORPORATION

COMMON INDUSTRIAL TITANIUM TERMINOLOGY

	SOFT	MEDIUM		HARD
	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4
HARDNESS TEST Tensile Brinell	H _g 70 128	H _g 90 150	H _g 90 185	H _g 100 225
AMERICAN METAL STANDARDS	AMS-4902A	AMS-4902	AMS-4900B	AMS-4901C
TENSILE* Ultimate strength Yield strength	40,000 psi 30,000 psi	50,000 ps 40,000 ps	65,000 psi 55,000 psi	80,000 psi 70,000 psi
CHEMISTRY	*STRENGTHS AT ROOM TEMPERATURE - E-RAPID DROP OCCURS AS TEMPERATURE RISES. MAXIMUM ALLOWABLE CONTAMINATION BALANCE IS COMMERCIAL PURE TITANIUM FIGURES COMPILED BY AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS			
Nitrogen	0.03	0.03	0.05	0.05
Carbon	0.10	0.10	0.10	0.10
Hydrogen	0.015	0.015	0.015	0.015
Iron	0.20	0.30	0.30	0.50
Oxygen	0.18	0.25	0.35	0.40
CRUCIBLE STEEL COMPANY OF AMERICA	-	A40	A65	A70
TITANIUM METALS CORPORATION OF AMERICA	Ti30a	Ti50a	Ti60a	Ti70a
REACTIVE METALS INCORPORATED	RMI 30	RMI 40	RMI 65	RMI 70
SELECTION CHARACTERISTICS	Best for Formability and Purity	Best for general forming and corrosive resistant properties	Spring Temper for highest strength applications	

INDUSTRIAL TITANIUM CORPORATION
300 Commercial Ave.
Northbrook, Illinois 60062
848 226 0200

TITANIUM

MATERIALS

Industrial grade commercially pure titanium. Our products include:
WIRE • ROD • BAR • SHEET • PLATE • EXPANDED • FITTING • FASTENERS
Orders filled promptly. Custom cutting.

Industrial grade commercially pure titanium. Our products include:
WIRE • ROD • BAR • SHEET • PLATE • EXPANDED • FITTING • FASTENERS
Orders filled promptly. Custom cutting.

los tubos adquiridos en U.S.A. en 1988. No se dispone de una tabla similar de los tubos anteriormente adquiridos en Europa, simplemente la especificación de titanio comercialmente puro calidad 3.7025.

2.2 TRATAMIENTO ANTICORROSIVO

El tratamiento para evitar corrosión en los condensadores requiere de un conocimiento del mecanismo. Puesto que la corrosión puede tomar muchas formas, el mecanismo de ataque en una solución acuosa siempre involucra algunos aspectos electroquímicos, habrá un flujo de electricidad desde ciertas áreas de una superficie del metal a otras del mismo, en una solución capaz de conducirla tal como el agua de río que contiene sales disueltas.

Como se mencionó en la sección anterior, los Problemas de picaduras son generados por corrientes muy lentas o aguas estancadas, debido a la presencia de lodos, microorganismos y demás sólidos suspendidos en el agua de río. También debe mencionarse el efecto abrasivo de los sólidos, que a la velocidad a que circulan (6.1 m/s en el condensador 520) constituyen una ayuda a desgastar el metal y metalizado de los tubos originales de los condensadores.

Las dos alternativas estudiadas son: 1. Tratamiento del agua de río. 2. Protección anticorrosiva.

2.1.1 TRATAMIENTO DEL AGUA DE RIO

Analizando las condiciones del agua, podemos notar que la salinidad y la turbiedad (sólidos en suspensión) son los factores que deberían disminuirse por ser los más nocivos.

La remoción de sólidos suspendidos por **sedimentación**, es una **práctica conocida** desde hace siglos, científicamente el problema de la **clarificación** de agua entraña algunas **complicaciones** y **la influencia de muchos factores** que intervienen no es **siempre aparente**. La **velocidad de sedimentación** de cuerpos sólidos en el **agua** depende de la **gravedad específica**, la **forma y tamaño de las partículas**, la **viscosidad del agua** y de **las corrientes dentro del recipiente**. Aún **manteniendo el agua en completo reposo**, no siempre se **puede** obtener una **clarificación de agua** esperada, las **partículas finamente divididas** pueden **permanecer** semanas y solamente pueden ser **removidas** por **sedimentación cuando** han sido aglomeradas.

La **sedimentación de sólidos** se realiza en **las piscinas o embalses de decantación** (ver figura 2.1). Lógicamente no es posible obtener el mismo **porcentaje** de remoción de sólidos **suspendidos** que con **agua en reposo**, puesto que la **velocidad del agua que fluye** arrastra las **partículas** **influyendo** sobre la **tendencia a depositarse**.

La capacidad total de la **piscina de decantación** es de **352 m³**, el **consumo de agua** es de **605 m³/hr** (de los cuales **203** son para **enfriamiento de los condensadores**). Esto muestra que el **tiempo de permanencia** es **aproximadamente 1/2 hora**. La **figura 2.2** muestra en forma **gráfica** la **cantidad** de **sólidos suspendidos** **removidos** por **sedimentación simple** contra el **tiempo de retención** para **varias aguas turbias de río**. La **figura 2.3** está basada en **experiencias** con **agua** **conteniendo** inicialmente **85% ppm** de **turbidez**, el **porcentaje de remoción de materia suspendida** está **trazado** contra el **tiempo de sedimentación** y muestra una **velocidad** **decreciente** que indica el **límite práctico del período de retención**.

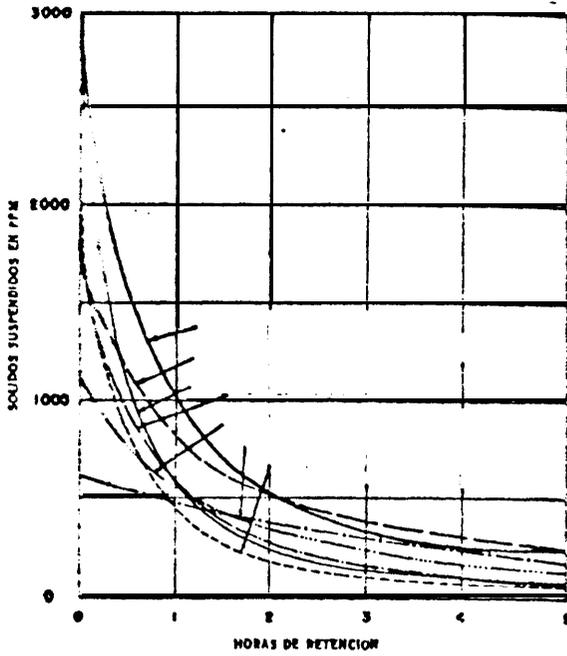


FIGURA Nº 2.2

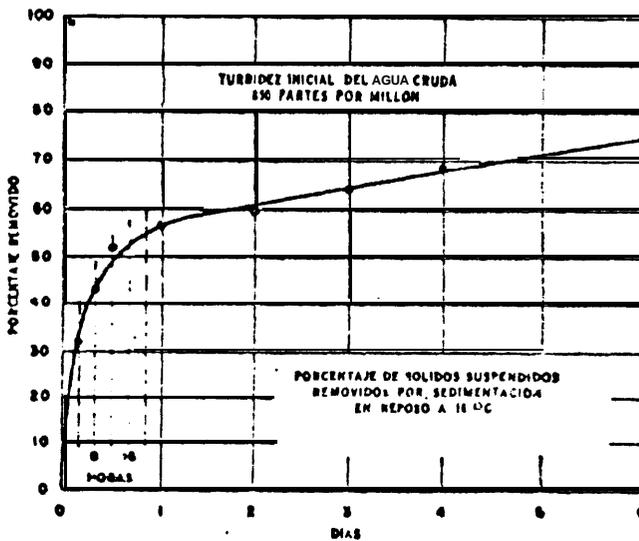


FIGURA Nº 2.3

Estas curvas mostradas son para agua en reposo. Es de esperarse menores capacidades de sedimentación en las piscinas.

Existen métodos de floculación basados en el hecho de que todas las partículas contenidas en el agua, independientemente de su condición física o química, pueden formar masas relativamente grandes de pesos específicos lo suficientemente elevados para sedimentarse rápidamente. Para alcanzar esta condición favorable, la selección y dosis del coagulante químico y la estructura del floculo deberán ser tales que se realice una clarificación satisfactoria.

También es posible tratar el agua por medio de la filtración, haciendo pasar la misma por un medio poroso. Sin embargo, se está hablando de 200 m³/hr con un contenido de 146 mg/lit que en baja mar puede llegar a mayores concentraciones (500 mg/lit), (ver tabla 1.2); esto significa de 32 a 96 Kg/hr de sólidos.

El cloruro de sodio es difícilmente eliminable y éste se lo puede hacer por evaporación o por tratamiento químico.

2.1.2 PROTECCION ANTICORROSIVA

Uno de los principios fundamentales de protección catódica se basa en la diferencia entre los potenciales de electrodo de los metales. Así un metal será anódico respecto a otro y cuando estos dos metales están:

1. Sumergidos en un electrolito, y,
2. Conectados eléctricamente,

la corriente fluye del metal anódico al otro y se corroerá mientras el otro estará protegido.

La eficacia de este método disminuye conforme aumenta la distancia al

ánodo. Las áreas situadas a cierta distancia del metal que se sacrifica reciben menor protección que las cercanas a él.

También es posible el recubrimiento de los tubos por el lado de agua de capas de zinc, aluminio y cadmio. Sin embargo; tienen la desventaja de que no pueden doblarse, por ejemplo al expandirse, además la erosión de la arena del agua haría perder el recubrimiento.

2.3 REPARACIONES PERIODICAS

La implementación de un programa de mantenimiento tiene obvias ventajas, siempre y cuando el costo del mismo no supere las metas establecidas por un presupuesto que busca que los equipos sean rentables.

El plan consistiría en abrir los condensadores periódicamente, desplazar el haz de tubos, limpiar los tubos y practicar un ensayo hidrostático a los mismos para establecer su buen estado. Sin embargo, como se vio en el Capítulo I, los daños no seguían un patrón de frecuencia fácilmente establecido y aumentó la frecuencia de los daños antes de que ocurriera la inspección.

2.4 CONDENSACION MEDIANTE EL USO DE AGUÁ POTABLE

La utilización de agua potable como medio de transferencia de calor se presentó como una alternativa que al principio se vio contradictoria, debido a que el agua de río no necesita ser recuperada y su costo es nulo. Sin embargo, el hecho de que las alternativas presentadas no satisfacían o no podían ser realizadas y siendo los problemas ocasionados demasiado importantes, se hizo necesario considerar su utilización.

CAPITULO III

CONSIDERACIONES TECNICAS DEL USO DEL AGUA POTABLE

3.1 CALCULO DEL CIRCUITO

El cálculo del **circuito** incluye dos pasos **específicos** :

1. Determinación de la cantidad de agua **potable necesaria** para condensar los vapores **de** hexano y agua, y,
2. Determinación de la **presión** requerida en las **líneas**, a fin de mantener un flujo **constante**.

Normalmente cuando se requiere conocer la **cantidad** de **calor** ganada por **el** agua de **enfriamiento** para condensar un **fluido**, se requiere conocer la rapidez de **condensación** deseada, la **cantidad** y el área de transferencia de calor **disponible**.

En el Capítulo 1 se mencionaban 8.558 lts/hr ir **solvente** en la **miscela**, que se destilan y necesitan volver a ser **recuperados** por condensación **si** la **miscela** entra al sistema de destilación a **45 °C**, y es práctica **llegar** a destilar a **temperaturas** que no pasan **110 °C**; a pesar de que el **hexano** destila a **68.6 °C** (el objetivo es **eliminar** toda traza de solvente sin llegar a **degradar** el aceite). La **cantidad** de **calor** entregada a la **miscela** teóricamente sería:

Calor total = Calor de calentamiento de la **miscela** + calor de evaporación del solvente.

Calor de calentamiento de la **miscela** = Calor **de** calentamiento del aceite **hasta** **110 °C** + calor de calentamiento de **solvente líquido** hasta **68.6 °C**.

Calor de evaporación del **solvente** = Calor latente de evaporación a temperatura constante (68.6 °C) + **recalentamiento** del vapor hasta 110°C.

Calor de calentamiento de la **miscela**:

$$1.284 \text{ Kg/hr aceite} \times (110 - 48)^\circ\text{C} \times 0.57 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} + 5.820 \text{ Kg/hr solvente} \times (68.6 - 48)^\circ\text{C} \times 0.527 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} = 45.377 + 63.183 \text{ Kcal/hr} \\ = 108.560 \text{ Kcal/hr}$$

Calor específico del aceite = 0.57 (ver apéndice A)

Calor específico de hexano líquido = 0.527 (ver apéndice B)

Calor de evaporación del solvente:

$$5.820 \text{ Kg/hr solvente} \times 79.4 \text{ Kcal/Kg} + 5.820 \text{ Kg/hr solvente} (110 - 68.6)^\circ\text{C} \times 0.334 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} = 543.790 \text{ Kcal/hr}$$

Calor específico del **hexano** como vapor = 0.339 (**ver** apéndice B)

Calor total = 652.370

Naturalmente, para regresar el solvente a su condición original de 48°C será necesario **extraer** la misma cantidad de **calor** que ganó, esto es: . 543.790 + 63.183 = **606.973** Kcal/hr

Sin embargo, es **recomendable** condensar hasta temperaturas más bajas en el orden de los 30 - 32°C, a fin de asegurarse de una mínima **presencia** de hexano en las flamas que van al circuito de absorción, esto **último** demanda una **cantidad** adicional de Kcal/hr que tiene que **absorber** el agua de **enfriamiento**:

Son: 5.820 Kg/hr solvente \times 0.527 Kcal/Kg °C (48 - 30) °C
 = 55.208 Kcal/hr, lo que hace un total de:

$$606.973 + 55,208 = 662.181 \text{ Kcal/hr}$$

Los cálculos hasta ahora **aplicados** no toman en cuenta la cantidad de vapor de agua de arrastre **que** se inyecta a la **miscela** y **que** se **evapora** junto con el solvente, ni **tampoco** el vapor de agua introducido al sistema en los eyectores para producir la depresión adecuada. El vapor de agua también se condensa y cede su **calor** junto **al** solvente.

Es muy **difícil** estimar **la cantidad** de vapor, dado que no se **conocen** las especificaciones de **los** eyectores. Sin embargo, una **solución práctica** es basarse en el funcionamiento con agua de **río**.

Lo siguiente es un **cálculo** del caudal de agua que **estaba** circulando por el circuito del diseño original. (Ver figura 2.1).

Características del equipo de bombeo:

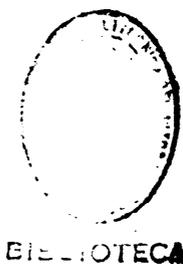
Bomba **marca** : Hidrostral

T i p o : 150-125-250 Impeller 284 mm

Motor: 75 HP - 1.750 rpm

Temperatura de agua de entrada = 27°C

Temperatura de agua de **salida** = 36°C



La figura 3.1 muestra las **características** del **tipo** de bomba.

El consumo de corriente en **operación** del motor fue medido y **corresponde** a un promedio de 100 **amperios**.

Basados en las condiciones de funcionamiento, 100 amperios **que aplica-**

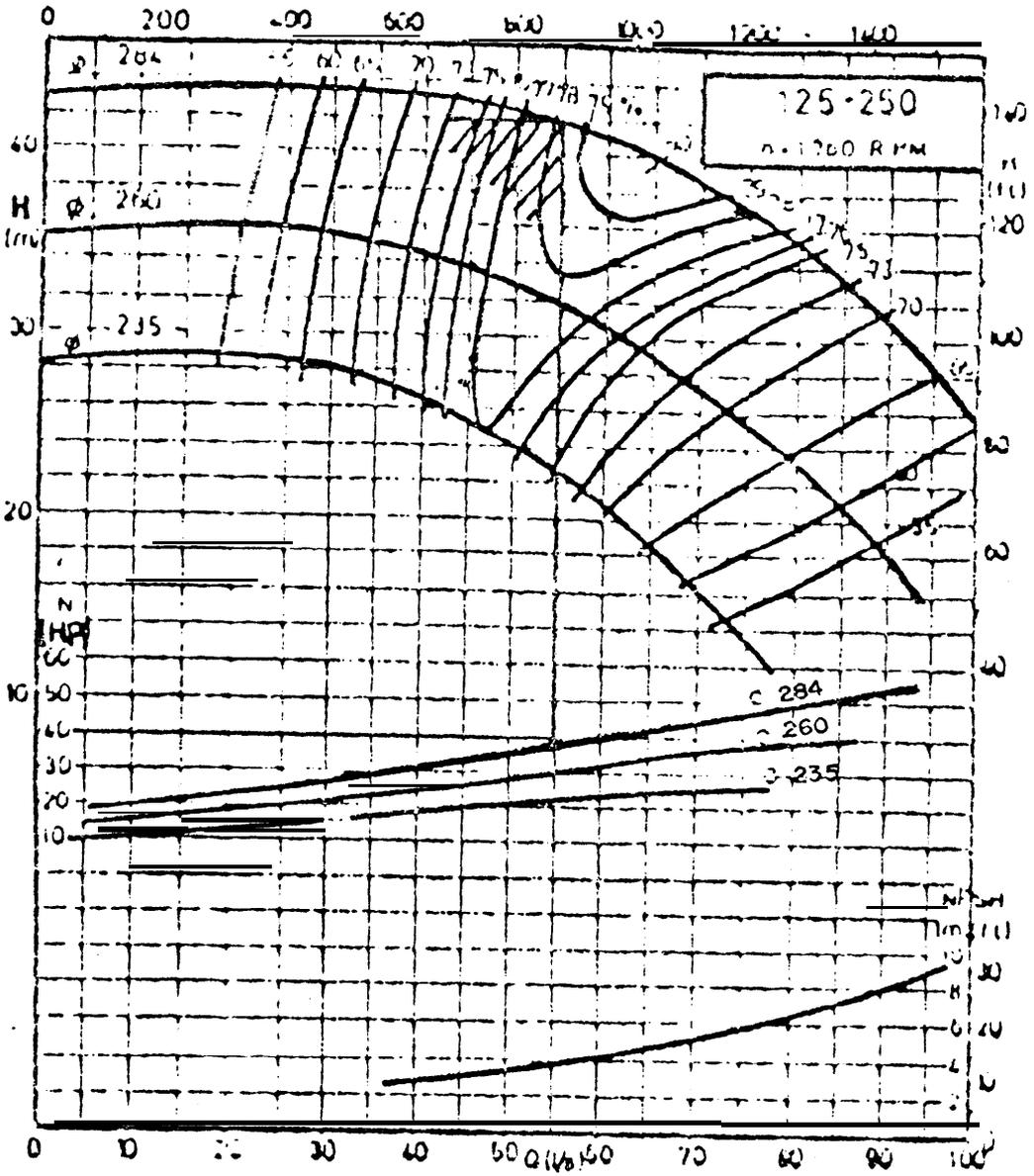


FIGURA Nº 3.1



dos a la formula de potencia absorbida para motores trifásicos asincró
nicos:

$$P = \frac{V \times I \times e \times 1.732}{740} \text{ (HP)}$$

P = potencia, V = voltaje, I = corriente, e = eficiencia

$$P = \frac{220 \times 100 \times 0.8 \times 1.732}{740}$$

$$P = 41 \text{ (HP)}$$

Lo cual muestra el hecho de que el motor estaba sobredimensionado. Esto se enfatiza en la tabla 3.1. Nótese que un motor de 40 HP a 1.800 rpm, consume aproximadamente 102 amperios.

Regresando a la figura 3.1, con 40 HP el caudal estaría en el orden de los 900 galones por minuto.

La bomba succiona de la pileta de decantación hasta los condensadores y retorna a la misma pileta, el cálculo de pérdidas se muestra en la siguiente tabla:

	<u>Kg/cm2</u>
Longitud de tubería (φ 150 mm) 220 m	1.167
15 codos 150 mm x 90°	0.388
5 codos 150 mm x 45°	0.065
3 válvulas de compuerta 150 mm	0.017
1 válvula cheque 150 mm	0.065
Banco de Condensadores	<u>2.500</u>
Total:	4.2



4.2 Kg/cm² = 42 m de agua.

Según las tablas del apéndice C, con 900 gpm, las pérdidas en Kg/cm²
m

son del 5.3×10^{-3} para tubería de 150 mm.

Vale comentar que los cálculos son hechos para tubería de acero; sin embargo, una parte de la tubería es de PVC, esto nos da un buen margen de seguridad, tomando en cuenta que el PVC es menos rugoso que el acero; lo que generaría menos pérdidas por fricción. Esto último además compensaría el deterioro normal que con el tiempo sufren las tuberías.

Finalmente, se puede calcular la cantidad de calor ganada por el agua del río:

$Q = \text{Flujo de agua (Kg/hr)} \times \text{calor específico (Kcal/Kg } ^\circ\text{C)} \times \text{diferencia de temperatura (} ^\circ\text{C)}.$

Son: $900 \text{ galones/minuto} \times 3.785 \text{ lt/l galón} \times 1 \text{ Kg/l lt} \times 60 \text{ minutos/l hr} \times 1 \text{ Kcal/l Kg } ^\circ\text{C} \times (35 - 27) ^\circ\text{C} = 1'635.120 \text{ Kcal/hr}$

Notemos que la diferencia entre los cálculos iniciales y los reales son de: $1'635.12 - 662.182 = 972.938 \text{ Kcal/hr}.$

Lo que está en el orden del 147 por ciento adicional.

Esto explica la gran cantidad de vapor que se introduce al sistema como ya se comentó, y adicionalmente, por la serie de respiraderos que generan vapores de hexano y que son condensados por el sistema.

Por ejemplo: 1.000 Kg/hr de vapor saturado a 10.5 Kg/cm² manométrico

cos ceden aproximadamente 632.000 Kcal/hr para adquirir 30°C.

También hay que considerar la energía que no se puede aprovechar, ya que es imposible trabajar a un 100 % de rendimiento.

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE UNA TORRE DE ENFRIAMIENTO

Como se expresó en el Capítulo II, el enfriamiento por evaporación es el más práctico método para cantidades grandes de agua y temperaturas bajas.

Normalmente la elección de un equipo, en este caso la torre de enfriamiento, requiere de varios elementos que si son tomados muy en cuenta difícilmente se corre el riesgo de cometer errores.

Debido a la experiencia de la Planta con torres de enfriamiento "Marley" hizo fácil su elección (la Planta posee dos torres de este tipo).

El funcionamiento de este tipo de torre es así:

El agua proveniente del proceso entra en la torre en forma de lluvia, que origina un sistema de rociadores, el líquido cae por la fuerza de la gravedad sobre el relleno que está constituido por placas estampadas de PVC en contacto una con otra formando un "panel de abejas", el agua rociada pasa a través de este último en forma de una fina película. Un ventilador de aspiración origina una fuerte corriente ascendente de aire en contracorriente con el agua, lo que produce una evaporación parcial, el calor necesario para producir dicha evaporación se absorbe del agua circulante, que en consecuencia reduce la temperatura.

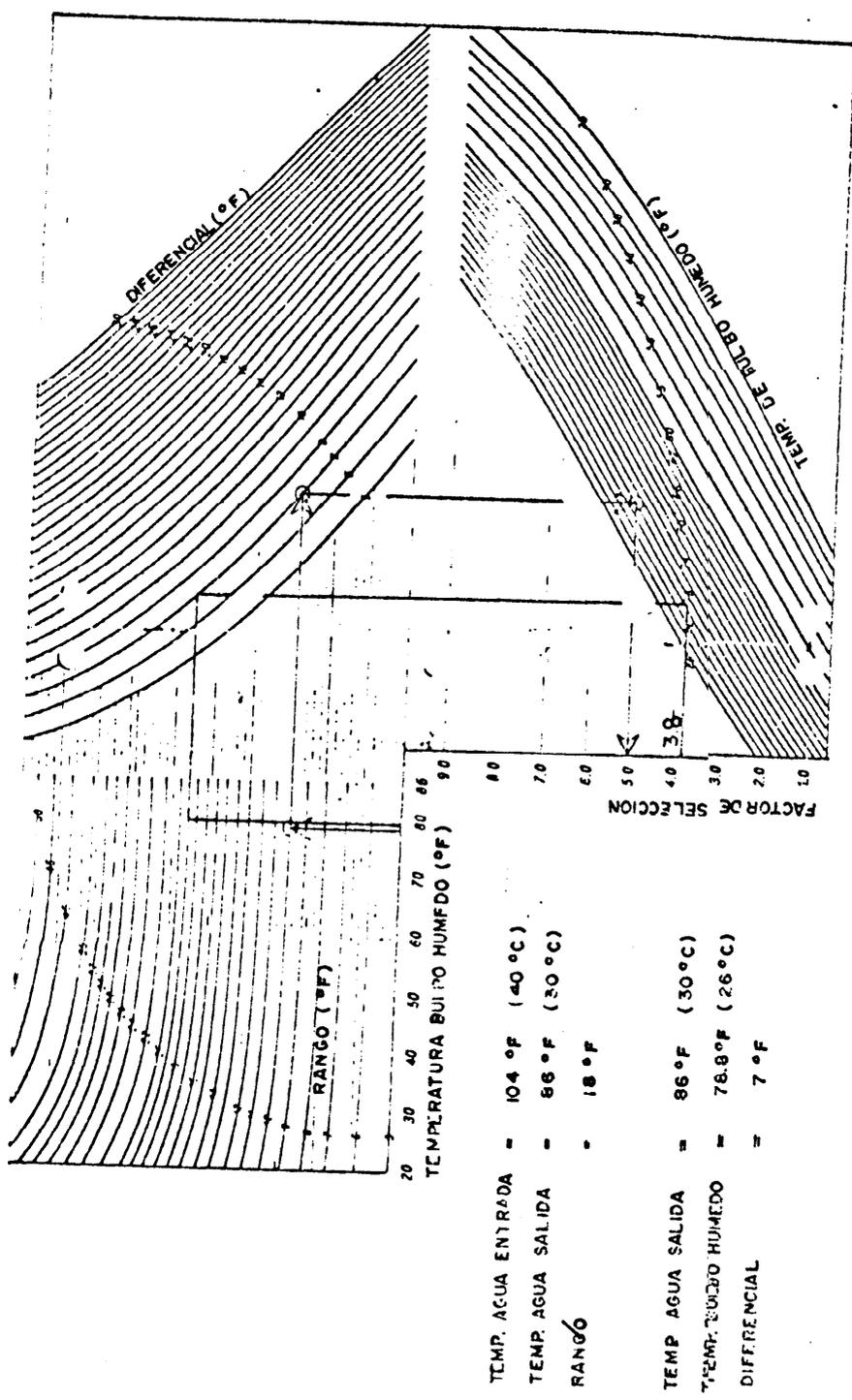


FIGURA 12.32

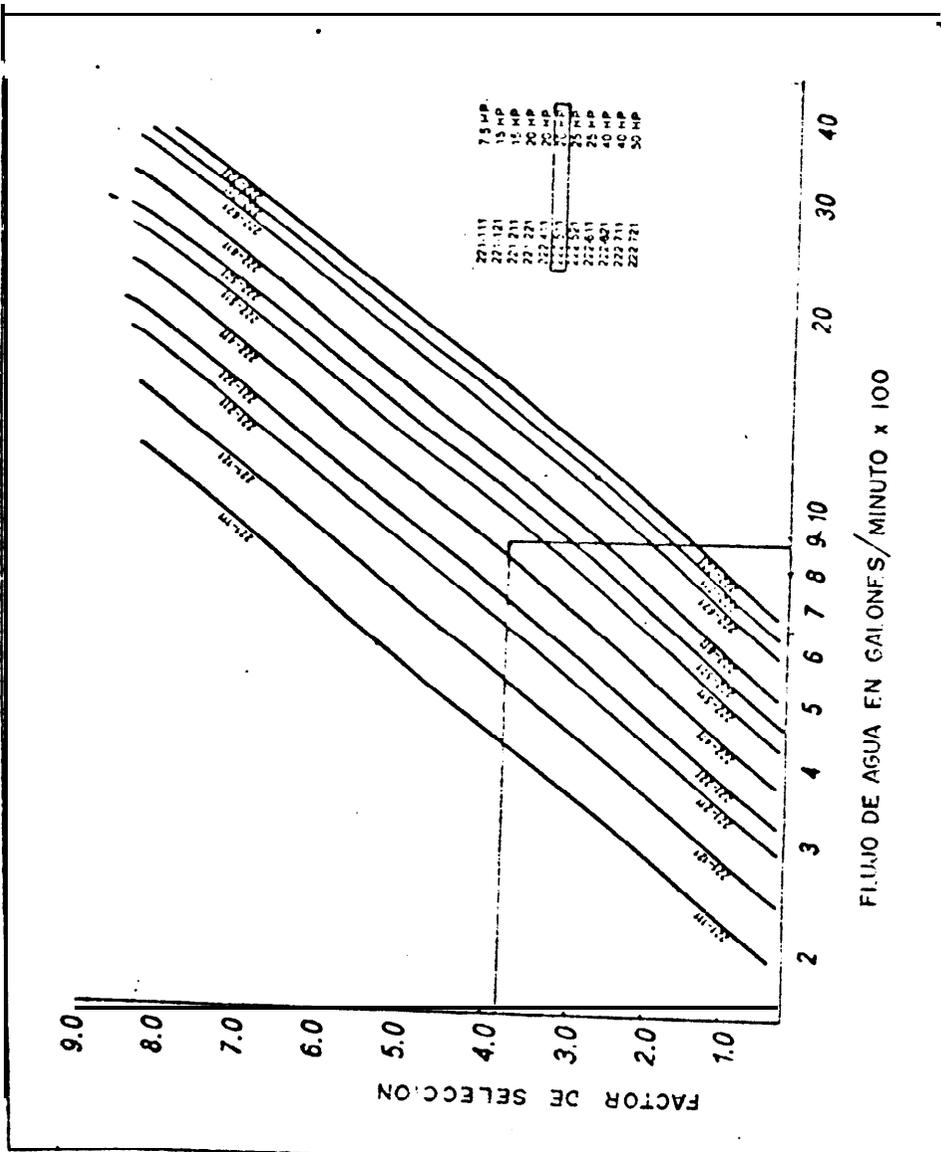


FIGURA Nº 3.3



TABLA 3.2 REPOSICION DE AGUA NECESARIA
(GALONES/MINUTO)

Flujo en la Torre (g.p.m.)	Diferencial de Temperatura (°F)					
	5	10	15	20	30	40
200	2	3	4	5	8	10
400	3	5	8	10	15	23
600	4	8	12	15	23	30
800	5	10	15	20	30	40
1.000	7	13	19	25	38	50
1.500	10	19	29	38	57	75
2.000	13	25	38	50	75	100
3.000	19	38	57	75	113	150

TABLA 3.3 CAPACIDAD DE LA VALVULA DE FLOTADOR
(GALONES/MINUTO)

(Kg/cm ²)	Presión antes de la Válvula	Válvula 25 mm	Válvula 50 mm
	0.7	45	115
	1.4	64	160
	2.1	78	195
	2.8	90	225
	3.5	100	245

El siguiente paso consiste en el verdadero dimensionamiento de la torre. Los parámetros de selección se basan en los cálculos estimativos de la sección anterior.

Temperatura de agua de entrada	=	40°C
Temperatura de agua de salida	=	30°C
Temperatura de bulbo húmedo	=	26°C aprox.
Flujo de agua	=	204.4 m ³ /hr (900 gpm)

El tipo de torre seleccionado es de tiro mecánico inducido. Notamos que se han escogido temperaturas superiores a las condiciones con agua del río; lo que daría un buen margen de seguridad, esto es:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 204.400 \text{ Kg/hr} \times 1 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} (40 - 30)^\circ\text{C}$$

$$= 2'044.000 \text{ Kcal/Kg}$$

Valor que representa la carga de calor que disiparía la torre de enfriamiento. Notar que la temperatura de acercamiento, es decir, la diferencia entre la temperatura de salida y la de bulbo húmedo es de 7.2°F que es un valor intermedio dentro de las expectativas para estos tipos de torre.

Las figuras 3.2 y 3.3 muestran el método de selección del tipo de torre necesario para las condiciones previamente especificadas.

Según estos pasos, el tipo de torre seleccionado es:

NC 220 - 511 con ventilador de 20 HP/1.800 rpm.

Oviamente, estas torres requieren una continua aportación de agua, esto es debido a la constante evaporación del agua a enfriar, en adición

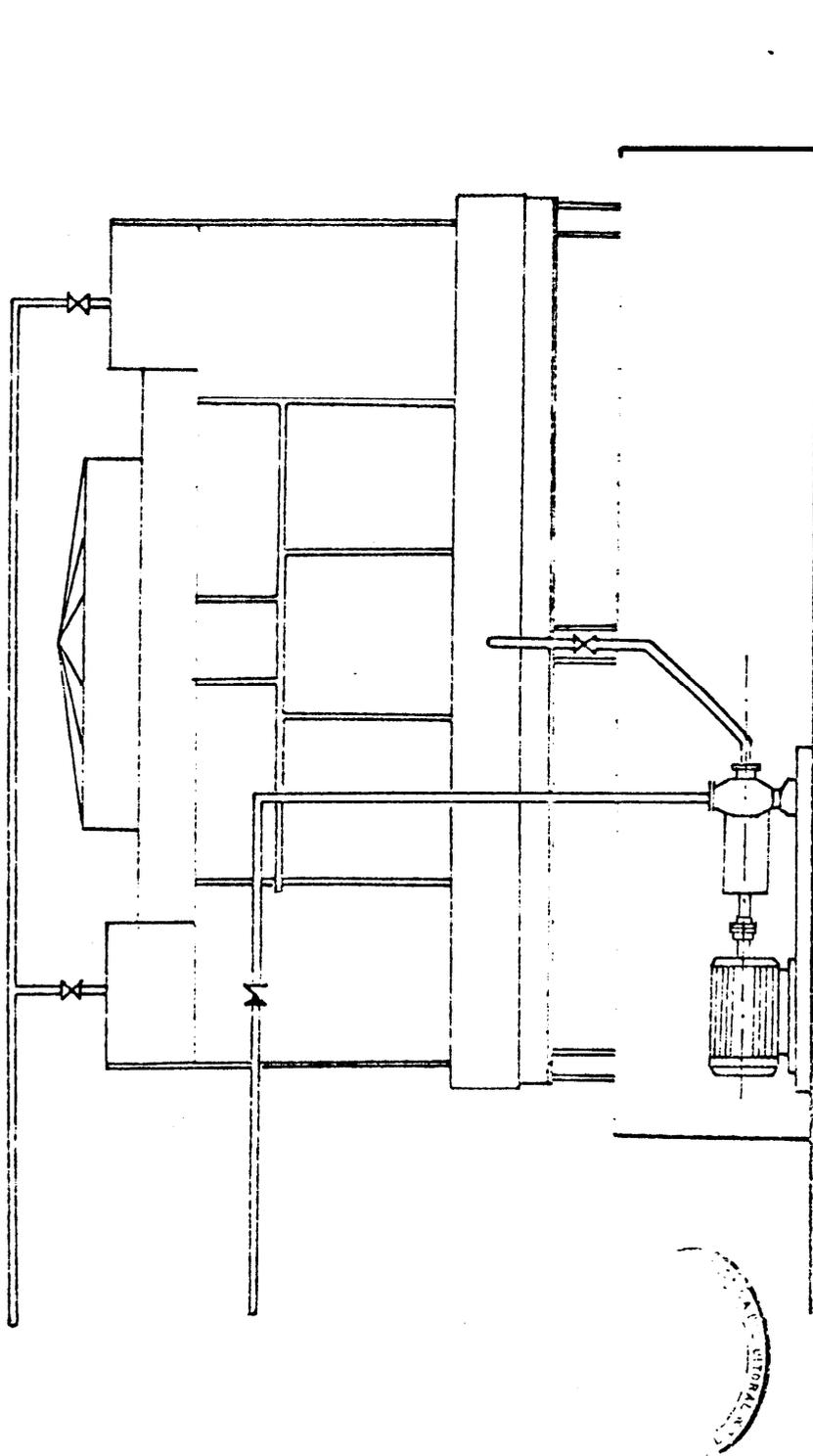


FIGURA 3.4

En la cisterna de la planta están ubicadas una serie de bombas para agua de las distintas secciones, incluida una para bombear aguapotable a la Planta de Extracción, los requerimientos de la planta son bajos y se pueden apreciar en el esquema de la figura 3.5.

La bomba es marca "Gould", modelo 3656, 1 1/2 x 2 - 6, con motor de 3 HP/3.500 rpm.

Las curvas de trabajo de la bomba se muestran en la figura 3.6.

Debido al bajo consumo en la Planta de Extracción, 250/1 hr = 1.1 galones/minuto, se hace el cálculo como para 25 galones/minuto, desde la cisterna hasta el punto 2 (ver figura 3.5).

	<u>Kg/cm²</u>
Longitud de tubería (φ 50 mm) 260 m	0.347
Doce codos 50 mm x 90°	0.025
Una válvula 50 mm de compuerta	0.001
Una válvula cheque 50 mm	0.006
Altura neta total 5 m	<u>0.500</u>
	0.879

Las pérdidas por fricción en Kg/cm²/m son 1.34×10^{-3} (ver apéndice) con 25 gpm para tubería de 25 mm.

Las pérdidas de fricción desde el punto 2 a la torre de enfriamiento se las puede calcular tomando en consideración los 25 galones/minuto con tubería de 25 mm.

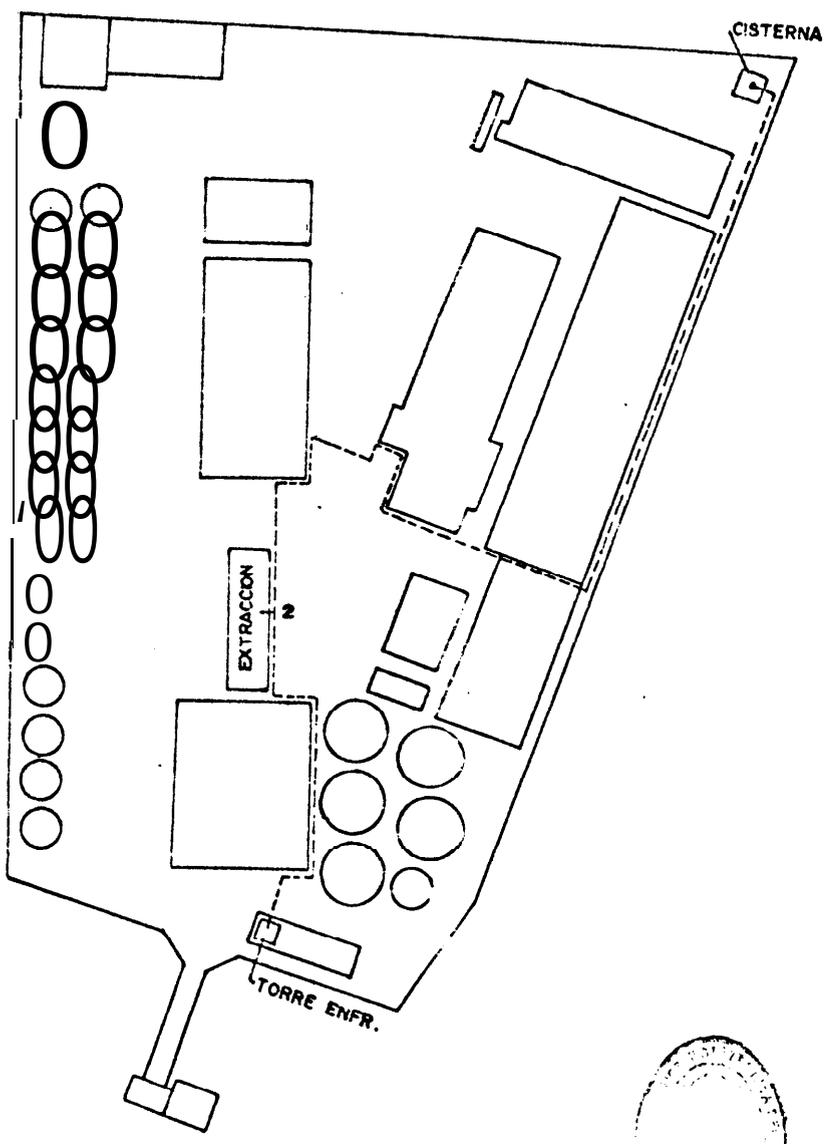
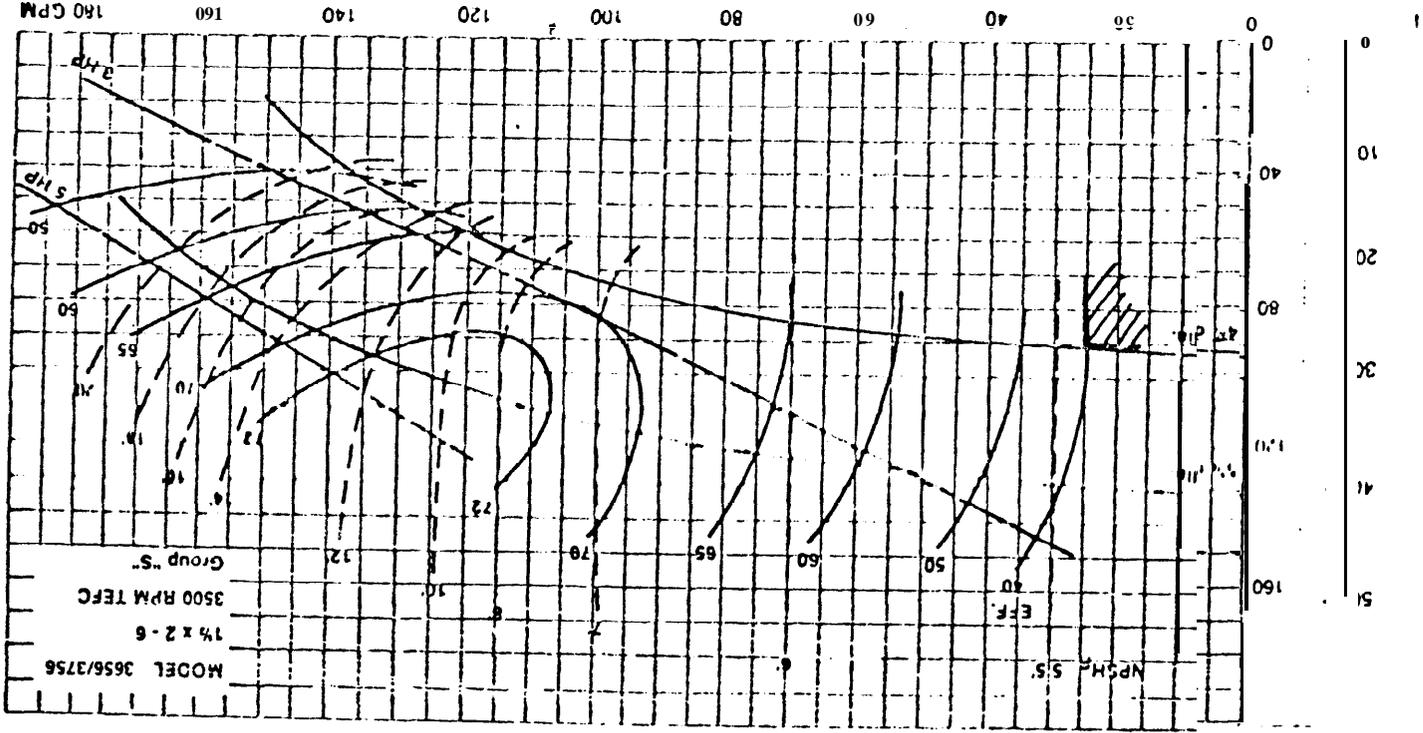


FIGURA Nº 3.5



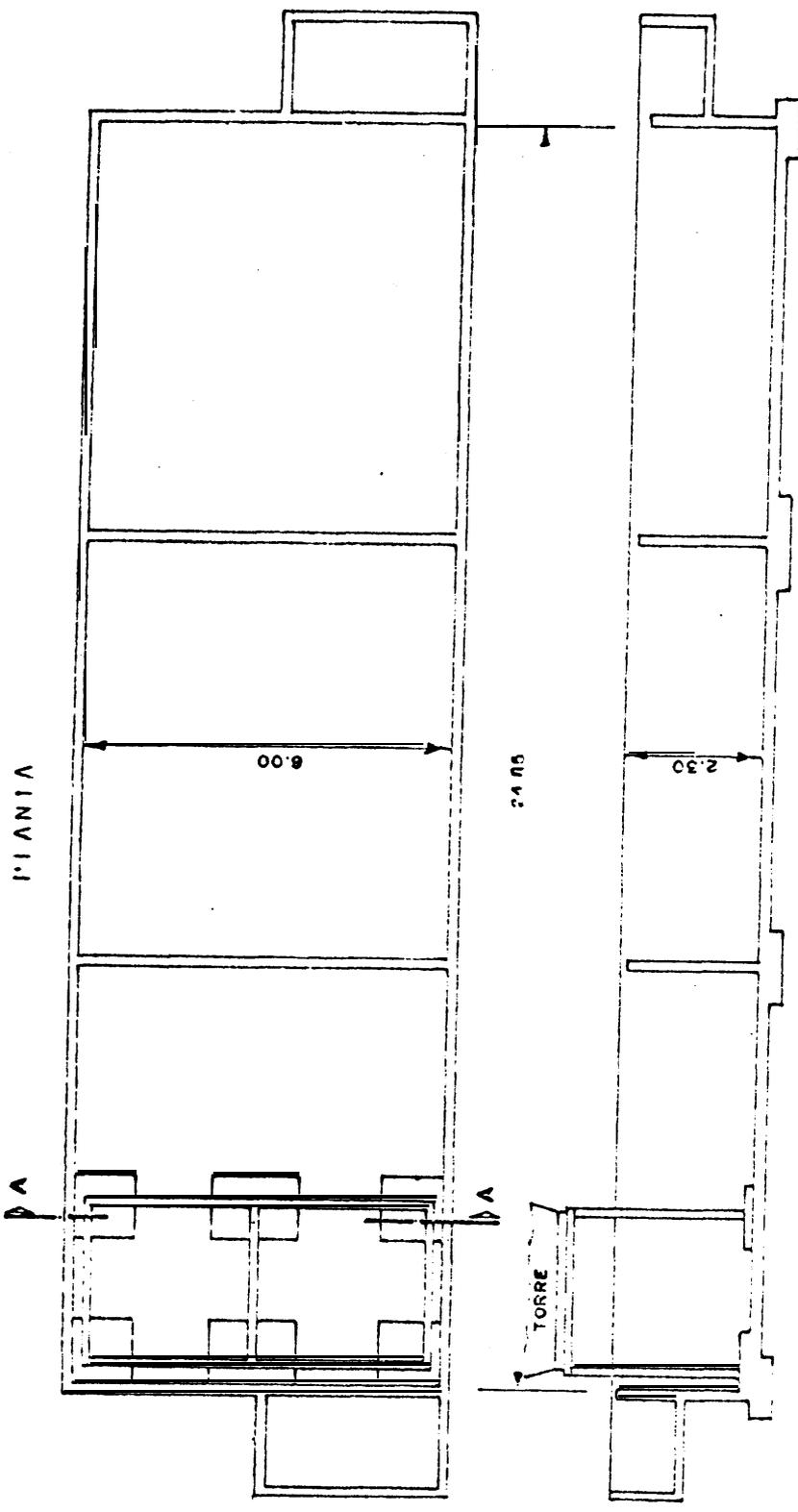
FIGURA Nº 3.6



Esfuerzo que se puede considerar muy pequeño y que de ninguna manera afectará a las condiciones originales .

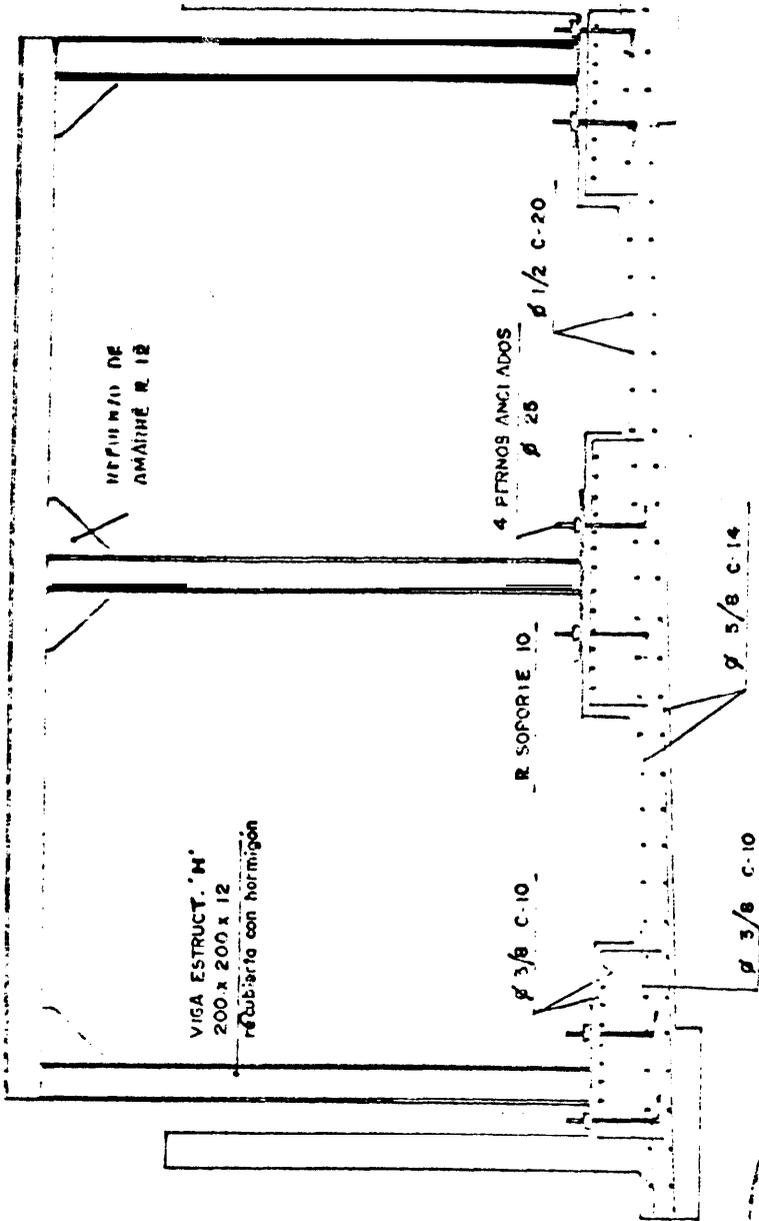
Las figuras 3.8 y 3.9 son el cronograma fijado de trabajo para realizar las modificaciones.





ELEVACION

FIGURA N° 3.7A



CORTE 'A-A'
ESCALA 1:40

FIGURA Nº 3.7 B

BIBLIOTECA

PROGRAMA DE CIMENTACION Y ESTRUCTURA DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

CARACTERISTICA PRINCIPAL	D I A S						
	1	2	3	4	5	6	7
MODIFICACION DE LINEAS DE AGUA DE RIO A LA PILETA							
DESCARGA DE LA 1ª PISCINA							
LIMPIEZA DE LA 1ª PISCINA							
PICADA DE LOSA DE LA PISCINA							
ARMADO DE REFUERZOS							
FUNDICION DE ZAPATAS							
ARMADA DE ESTRUCTURA DE LA TORRE							
REUBICACION DE LINEAS DE AGUA DE RIO A LA PILETA							

FIGURA N° 3 . 8

PROGRAMA DE INSTALACION Y ARRANQUE DE I-M TORRE DE ENFRIAMIENTO

CARACTERISTICA PRINCIPAL		DEL TRABAJO	
ARMADO DE LA TORRE			1
INSTALACION DE BOMBA			2
MODIFICACION DE LINEAS DE AGUA DE ENRIAMIENTO Y RE POSICION			3
INSTALACION ELECTRICA			4
PRUEBAS Y ARRANQUE			5

D I A S	
	1
	2
	3
	4
	5
	6
	7
	8
	9
	10
	11
	12
	13



FIGURA N° 3.9

CAPITULO IV

EVALUACION DE LA SOLUCION PROPUESTA .

4.1 INVERSIONES EFECTUADAS

La **decisión** de llevar **adelante** un proyecto significa **asignar** a su **realización** una cantidad de variados recursos **que** se pueden agrupar en **dos** grandes tipos: 1. **Los** que requieren la **instalación** del proyecto, y **2.** Los requerimientos para la etapa de **funcionamiento** propiamente dicha.

Es de interés en esta sección cuantificar los gastos necesarios para la instalación, que constituyen el capital fijo y no **los** gastos que requiere el funcionamiento o **capital** de trabajo. La siguiente **tabla** es un desglose de los costos del activo.

TABLA 4.1 **INVERSION EN LA OBRA**

- Costo de la torre de enfriamiento	S/.7'852.120.49
- Cimentación y estructura:	
1. Materiales: Cemento , varillas de hierro, vigas H, e'tc.	40.519.44
2. Mano de Obra	128.000.00
- Ensamblaje de la torre de enfriamiento y acometida de línea de agua de reposición:	
1. Mano de Obra	416.200.00
2. Materiales : Planchas, vigas	583.168.47
3. Imprevistos y adicionales	125.000.00

Instalación Eléctrica:

Arrancadores , cables, térmicos, etc.	S/. 362.960.00
Mano de Obra	<u>54.500.00</u>
Total de Gastos:	S/. 9'562.468.40

4.2 COSTO ACTUAL DE MANTENIMIENTO

Los gastos **hechos** hasta ahora por concepto de **mantenimiento**, se **pueden** considerar nulos.

En enero se abrieron los condensadores para inspeccionarlos y no se encontró ninguna novedad. En la figura 4.1 se muestran los gastos de mantenimiento de los equipos de **extracción** en el año 1988.

Como se puede ver en la figura, el promedio de gastos hasta el mes de julio es de S/. 15'300.000.00, desde agosto hasta diciembre es de S/. 8'100.000.00. Esta diferencia resulta más obvia si se **toma** en **cuenta** que en los meses de agosto, septiembre y octubre, los suministros industriales en general **elevaron** sus costos por las condiciones **económicas** que vivía el **país**.

4.3 ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados de **la** modificación efectuada se los **debe** de juzgar **desde** el punto de vista operativo, **así** como desde el punto de vista **económico**.

Los análisis realizados son básicamente **comparativos**, buscando **demonstrar** las bondades **de** las nuevas condiciones de **operación**. Los **resultados** que pueden evaluarse respecto a las condiciones anteriores son:

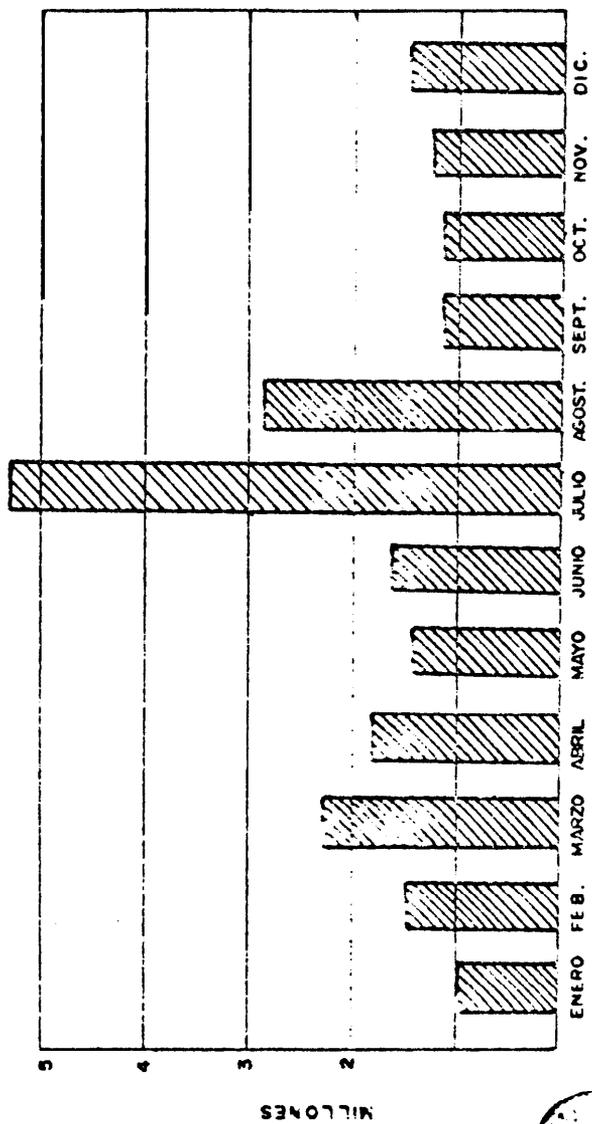


FIGURA Nº 4.1



BIBLIOTECA ECA

1. **Condiciones de operación**
2. **Gastos Ce mantenimiento**
3. **Pérdidas de producción**
4. **Consumo de solvente**
5. **Condiciones de seguridad**
6. **Costo de operación: Energía eléctrica, agua**

1. **Condiciones de operación:** Los parámetros trascendentales de operación de los condensadores son: 1. La temperatura de salida de las flemas al circuito de absorción, y 2. La temperatura de entrada y salida del agua de enfriamiento en los condensadores.

La tabla 4.2 A son lecturas tomadas en las condiciones iniciales de diseño (antes de las modificaciones).

A partir del arranque de la torre *de enfriamiento* se tomaron estas lecturas y los resultados se muestran en la tabla 4.2 B.

TABLA 4.2 A CONDICIONES ANTERIORES DE OPERACION

(CC: AGUA DE RIO)

Día/hora	Temperatura de las flemas (°C)	Temperatura agua entrada (°C)	Temperatura salida (°C)
Abril 13/09	36	27	35
Abril 13/11	35	27	35
Abril 13/13	35	27	35
Abril 13/15	36	27	35
Abril 13/17	36	27	35
Abril 13/19	36	27	35
Abril 13/21	36	27	35
Abril 13/23	36	27	35
Abril 14/01	36	27	35
Abril 14/03	36	27	35
Abril 14/05	36	27	35
Abril 14/07	37	27	35
Abril 14/09	37	27	35
Abril 14/11	37	27	35
Abril 14/13	37	27	35
Abril 14/15	37	27	35
Abril 14/17	37	27	35
Abril 14/19	36	27	35
Abril 14/21	36	27	35
Abril 14/23	37	27	35

TABLA 4.2 B CONDICIONES ACTUALES DE OPERACION

Día/hora	Temperatura de las Zemas (°C)	Temperatura agua entrada (°C)	Temperatura salida (°C)
1 Agt/09	30	28	33
1 Agt/11	30	25	33
1 Agt/13	30	28	33
1 Agt/15	30	28	34
1 Agt/17	30	28	33
1 Agt/19	30	28	33
1 Agt/21	30	28	34
1 Agt/23	30	27	33
2 Agt/01	30	28	34
2 Agt/03	30	27	33
2 Agt/05	30	28	33
2 Agt/07	30	28	33
2 Agt/09	30	28	33
2 Agt/11	30	28	33
2 Agt/13	30	28	34
2 Agt/15	30	28	34
2 Agt/17	31	28	34
2 Agt/19	30	28	33
2 Agt/21	30	27	33
2 Agt/23	30	27	33
3 Agt/01	30	27	33
3 Agt/03	30	27	34
3 Agt/05	30	27	33

2. Gastos de mantenimiento: Como se demostró en la sección 4.2, los gastos disminuyeron ostensiblemente desde la implementación de las modificaciones.

3. Pérdidas de producción: En vista de que la Planta no ha parado intencionalmente por daños en los condensadores, se puede afirmar que las pérdidas han sido nulas.

Es sumamente difícil evaluar el ahorro por este logro, ya que depende de muchos factores que están fuera del alcance de este informe.

4. Consumo de solvente: Como ya se anotó, el consumo de solvente es un factor importante en el balance de producción de la Planta. El consumo especificado para la misma es de 6 kilogramos de solvente por cada tonelada de semilla procesada. La tabla 4.3 es elaborada a partir de las toneladas de soya procesada y el consumo de solvente respectivo.

5. Condiciones de seguridad: Temperaturas normales de las flamas al circuito de absorción, están en el orden **de los 33°C**. El hecho de trabajar actualmente a temperaturas inferiores (30 a 31°C), disminuye el riesgo de expulsar solvente a la atmósfera, consiguiendo mejores niveles de seguridad en la Planta.

6. Costo de operación: Es fácil comprender que en este aspecto hay factores negativos, puesto que el consumo anterior de agua potable era nulo. Así mismo, el consumo de energía eléctrica se ha incrementado debido al motor del ventilador de la torre de enfriamiento.

Respecto al consumo de agua hay que aclarar que en condiciones de

TABLA 4.3 CONSUMO DE SOLVENTE

	(Tm) Semilla <u>Procesada</u>	(Kg) Solvente <u>Consumido</u>
Enero 4 - 29	4.397.97	28.974
Enero 30 - Febrero 16	4.280.26	28.176
Abril 22 - Mayo 27	4.523.83	29.593
Mayo 28 - Julio 1	<u>3.862.34</u>	<u>25.336</u>
Total:	17.064.40	112.079

Consumo Kg Solvente/Tm Semilla = 6.59

Julio 30 - Septiembre 2	6.059.42	39.205
Septiembre 3 - 19	2.622.76	12.954
Octubre 20 - 28	1.447.37	9.406
Octubre 29 - Diciembre 2	4.906.95	31.712
Diciembre 3 - 29	<u>4.037.15</u>	<u>26.417</u>
Total:	19.163.65	109.694

Consumo Kg Solvente/Tm Semilla = 5.42

El costo promedio de 1 Tm de solvente es de US\$ 200.= con lo que el ahorro conseguido es:

$$(6.59 - 5.42) \times 19.163.65 \times (100 / 1.000) = \underline{\underline{\text{US\$ 4.484.3 en centeses}}}$$

diseño, el gasto sería de 20 galones/minuto. Sin embargo, en la práctica las temperaturas de agua a la entrada y salida de los condensadores en los extremos son de 2' y 34°C, respectivamente (91.6 y 93.2°F) lo que da una diferencia de 12.6°F. Esto hace que el consumo real sea de aproximadamente 10 galones/minuto (ver tabla 3.2).

De lo anterior se puede estimar el costo diario por consumo de agua:

$$10 \text{ glns/min} \times (60 \times 24 \times 3.785/1.000) = 54.5 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{A un promedio de S/.167.00 x cada m}^3 : \quad \text{Son : } \underline{\text{S/.9.102 diarios}}$$

El tratamiento del agua en el circuito representa un rubro significante. Se dosifican dos tipos de químicos: Uno algicida y uno anticorrosivo/anti-incrustante, a una razón de 6 galones/semana en cada uno; lo cual representa:

$$\text{Algicida: } 6 \text{ galones/semana} \times 4.900 \text{ sucres/galón} = 29.400.00 \text{ sucres/semana.}$$

$$\text{Anticorrosivo/anti-incrustante: } 6 \text{ galones/semana} \times 2.783 \text{ sucres/galón} = 22.698.00 \text{ sucres/semana.}$$

Siendo un motor de 20 HP, el consumo de energía eléctrica es de aproximadamente S/.3.044.00 diarios.

El costo del KW/hr es de S/.8.5.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se revisó en el capítulo de análisis de resultados, si bien es cierto que las condiciones de operación han mejorado notablemente, no lo es menos que el consumo de agua, y su tratamiento se ha visto incrementado ostensiblemente. Actualmente, la Fábrica consume hasta 500 m³/día de agua potable, y se dice de un aumento sensible, no solamente desde el punto de vista económico sino tomando en cuenta la dificultad de la empresa de disponer del líquido dada su ubicación.

En muchos problemas de ingeniería pueden presentarse varias alternativas que, luego de haberse escogido una definitiva, puede quedar la duda de que pudo escogerse otra mejor solución. Sin embargo, el resultado obtenido lleva a la conclusión de que se ha superado • Un grave problema que verdaderamente preocupaba por las varias razones ya expuestas.

Las pérdidas debido a paralización de esta Planta dependen de varios factores que no se analizan en este informe, pero hay que enfatizar que el ahorro obtenido por haber superado esta situación, supera con creces cualquier desventaja que se ha presentado con las modificaciones implementadas. Sumando a esto la mejor condición de seguridad lograda, se puede afirmar que las modificaciones han sido un éxito casi desde todo punto de vista.

Hay un hecho que vale la pena hacer resaltar, y es que al utilizar agua potable ha aliviado el trabajo de la pileta de decantación. En aproximadamente 200 m³/hr de agua que ya no se absorben de la misma, haciendo que el agua de río sedimente mejor los sólidos. Este último aumen-

tará los **intervalos** de tiempo para la limpieza de las piletas y las bombas **aumentarán** su vida útil al manejar agua con menos sólidos agresivos.

A pesar de que se ha hecho un balance del consumo de solvente y se ha logrado **detectar** una **disminución notable** que equipara al consumo de agua, **el verdadero logro** de las **modificaciones** se las puede **ir evaluando** con el **transcurso** del tiempo, Se hace necesario programar **períodos** de **inspección** que vayan comprometidos con los programas de producción, a **fin** de determinar el estado de los condensadores y **realizar** balances en cuanto a consumo de solvente, agua, energía, y otros gastos, **para** luego sacar nuevas **conclusiones** que se esperan sean **satisfactorias** a los intereses de la **empresa**.

Las **condiciones** actuales que vive la ciudad **respecto** al agua potable, hacen pensar que el líquido **vital** será cada vez más difícil de **conseguir**, urge **considerar** las siguientes **recomendaciones**:

1. **Disminuir** el consumo de agua **implementando** medidas tendientes a recuperarla al máximo, como:

- Estudiar la posibilidad de retorno de condensado al cuarto de calderos desde **varios** sectores de la Planta que no disponen de retorno, por ejemplo: Tanques de aceite crudo, **fraccionamiento**, etc.
- **Concientizar** a todo nivel la necesidad de ahorro de agua.

2. **Potabilizar** el agua de río: Dicho estudio debe prever un análisis del método más idóneo, a fin de que la **operación** sea lo menos costosa y con equipos correctamente seleccionados.

A P E N D I C E A

PROPIEDADES DE ACEITES DE SOYA Y PALMISTE

	<u>S o y a</u>	<u>Palmiste</u>
Peso específico a 15°C	0.89	0.89
Calor específico (Kcal/Kg °C)	0.57	0.5
Viscosidad dinámica a 20°C (CENTIPOISES)	57	38
Punto de ebullición a 1 atm (°C)	360-370	354-370
Punto de fusión (°C)	20	24
Composición (%)	<u>Grasas Saturadas</u>	<u>Grasas Saturadas</u>
	Mirístico: 0. 1	Caprónico: 0.2-0. 4
	Esteárico : 7-12	Cáprico: 3 - 5
	Palmítico: 5- 7	Caprílico: 3.5-4.5
	Aráquico: 0. 3-0. 9	Láurico: 48 - 52
		Mirístico: 15 - 17
		Palmítico: 7 - 9
		Esteárico: 1 - 3
	<u>Grasas no Saturadas</u>	<u>Grasas no Saturadas</u>
	Miris toleico : 0. 1	Oleico: 12 - 14
	Palmitoleico: 0. 4	Linoleico: 1 - 3
	Oleico : 19-25	
	Gadeico: 0. 1-0.3	
	Linoleico: 5 1-55	
	Licánico: 6-13	

A P E N D I C E B

P R O P I E D A D E S D E L H E X A N O

Peso molecular	86
Peso específico (15°C)	0.680
Punto de ebullición	68.60°C
Calor latente de evaporación (Kcal/Kg)	79.4
Calor específico de líquido a 15°C (Kcal/Kg°C)	0.527
Calor específico de vapor a 15°C (Kcal/Kg°C)	0.339
Presión de vapor a 38°C (PSI)	5
Temperatura de ignición (°C)	260
Punto de inflamación en recipiente cerrado (°C)	(-26)
Punto de fusión (°C)	94
Limite de explosión (en porcentaje volumétrico)	2.4, 4.8
Toxicidad a 20°C (mg/lb)	10.800
Viscosidad dinámica a 40°C (Centipoises)	C.28



A P E N D I C E C

PERDIDAS DE PRESION EN TUBERIAS CED. 40 (LIBRAS/PULGADA CUADRADA/PIE DE LUBERIA)

GPM	PIPE SIZE	VISCOSITY, SSU																	
		32 (Water)	50	100	200	400	600	800	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10,000	
1 1/2	1/2	.033	.041	.14	.28	.60	.87	1.3	1.5	3.3	4.5	6.1	7.5	8.8	10	11.4	12.8	14.2	15.6
	3/4	.013	.021	.053	.11	.24	.35	.47	.60	1.3	1.8	2.4	3.0	3.7	4.2	5.0	5.4	6.0	6.0
	1	.0038	.0053	.018	.038	.080	.12	.16	.20	.40	.60	.80	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.0
3 1/2	1/2	.060	.074	.13	.27	.56	.85	1.1	1.4	3.1	4.3	5.6	7.0	8.5	9.8	11.2	12.6	14.0	15.4
	3/4	.014	.021	.044	.090	.18	.28	.36	.45	.90	1.4	1.9	2.3	2.8	3.2	3.7	4.1	4.6	4.6
	1	.0045	.0060	.016	.035	.070	.10	.13	.16	.35	.50	.70	.85	1.0	1.2	1.3	1.6	1.8	1.8
5	1/2	.0011	.0028	.0085	.011	.023	.035	.046	.059	.12	.17	.24	.29	.34	.40	.46	.52	.57	.63
	3/4	.029	.041	.066	.12	.26	.40	.52	.65	1.3	2.0	2.6	3.2	4.2	4.5	5.2	6.0	6.0	
	1	.0090	.012	.018	.030	.060	.09	.15	.20	.35	.50	.70	.85	1.0	1.2	1.3	1.6	1.8	1.8
7	1/2	.0022	.0028	.0070	.016	.033	.050	.066	.083	.17	.23	.32	.41	.50	.56	.66	.72	.79	.84
	3/4	.0012	.0015	.0041	.0090	.018	.027	.036	.045	.090	.13	.18	.22	.27	.32	.37	.40	.44	.47
	1	.025	.035	.060	.10	.24	.35	.45	.55	1.1	1.6	2.1	2.6	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.0
10	1/2	.018	.025	.043	.078	.14	.21	.28	.35	.70	1.1	1.4	1.8	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.6
	3/4	.0040	.0054	.011	.022	.044	.070	.092	.11	.22	.33	.44	.56	.70	.80	.92	1.0	1.1	1.1
	1	.0019	.0021	.0058	.013	.025	.038	.050	.062	.12	.19	.25	.31	.37	.43	.50	.55	.61	.67
15	1/2	.011	.014	.024	.046	.088	.13	.17	.21	.40	.60	.80	1.0	1.2	1.5	1.7	2.1	2.1	2.1
	3/4	.0030	.0041	.0070	.016	.030	.046	.060	.075	.15	.24	.32	.41	.50	.58	.67	.77	.81	.81
	1	.0080	.011	.016	.032	.064	.10	.13	.17	.34	.50	.68	.85	1.0	1.2	1.3	1.5	1.7	1.7
20	1/2	.0075	.0095	.018	.036	.072	.108	.144	.180	.36	.54	.72	.90	1.08	1.26	1.44	1.62	1.80	1.80
	3/4	.0044	.0058	.011	.022	.044	.066	.088	.111	.22	.33	.44	.55	.66	.77	.88	1.00	1.11	1.11
	1	.011	.014	.024	.046	.088	.13	.17	.21	.40	.60	.80	1.0	1.2	1.5	1.7	2.1	2.1	2.1
25	1/2	.0055	.0072	.014	.028	.056	.084	.112	.140	.28	.42	.56	.70	.84	1.00	1.16	1.32	1.48	1.48
	3/4	.0035	.0045	.0090	.018	.036	.054	.072	.090	.18	.27	.36	.45	.54	.63	.72	.81	.90	.90
	1	.0090	.012	.018	.030	.060	.090	.120	.150	.30	.45	.60	.75	.90	1.05	1.20	1.35	1.50	1.50
30	1/2	.0040	.0053	.011	.022	.044	.066	.088	.111	.22	.33	.44	.55	.66	.77	.88	1.00	1.11	1.11
	3/4	.0025	.0033	.0066	.013	.026	.039	.052	.065	.13	.19	.25	.31	.37	.43	.50	.56	.62	.62
	1	.0075	.010	.015	.025	.050	.075	.100	.125	.25	.37	.50	.62	.75	.87	1.00	1.12	1.25	1.25
40	1/2	.0030	.0039	.0078	.016	.032	.048	.064	.080	.16	.24	.32	.40	.48	.56	.64	.72	.80	.80
	3/4	.0019	.0025	.0050	.010	.020	.030	.040	.050	.10	.15	.20	.25	.30	.36	.42	.48	.54	.54
	1	.0050	.0067	.013	.026	.052	.078	.104	.130	.26	.39	.52	.65	.78	.91	1.04	1.17	1.30	1.30
50	1/2	.0022	.0028	.0056	.011	.022	.033	.044	.055	.11	.17	.22	.28	.34	.40	.46	.52	.58	.58
	3/4	.0014	.0018	.0036	.0072	.014	.021	.028	.035	.07	.10	.14	.18	.22	.26	.30	.34	.38	.38
	1	.0035	.0047	.0094	.019	.038	.057	.076	.095	.19	.28	.37	.46	.55	.64	.73	.82	.91	.91
60	1/2	.0017	.0022	.0044	.0088	.018	.027	.036	.045	.09	.13	.18	.22	.27	.32	.37	.42	.47	.47
	3/4	.0010	.0013	.0026	.0052	.010	.015	.020	.025	.05	.07	.10	.13	.16	.20	.24	.28	.32	.32
	1	.0025	.0033	.0066	.013	.026	.039	.052	.065	.13	.19	.25	.31	.37	.43	.50	.56	.62	.62
80	1/2	.0012	.0016	.0032	.0064	.013	.019	.026	.032	.06	.09	.12	.15	.18	.22	.26	.30	.34	.34
	3/4	.0007	.0009	.0018	.0036	.0072	.0108	.0144	.0180	.36	.54	.72	.90	1.08	1.26	1.44	1.62	1.62	
	1	.0018	.0024	.0048	.0096	.019	.028	.037	.046	.09	.13	.18	.22	.27	.32	.37	.42	.47	.47
100	1/2	.0008	.0010	.0020	.0040	.0080	.0120	.0160	.0200	.04	.06	.08	.10	.12	.15	.18	.21	.24	.24
	3/4	.0005	.0006	.0012	.0024	.0048	.0072	.0096	.0120	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09	.10	.10
	1	.0012	.0016	.0032	.0064	.0128	.0192	.0256	.0320	.06	.09	.12	.15	.18	.22	.27	.32	.37	.37

