



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

DISEÑO DE UNA PLANTA DESMINERALI-
ZADORA PARA AGUA DE REPUESTO A
CALDERAS DE ALTA PRESION.



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
GUILLERMO FELICIANO AREVALO

⁷
JOSE LUIS MARTINEZ PALACIOS



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AS. Tesis 1977
NO. M-143
FECHA _____
PRGC _____



Jurado asignado originalmente
según el tema

PRESIDENTE	Prof. <u>JORGE SPAMER GARCIA CONDE</u>
VOCAL	Prof. <u>CARLOS DOORMANN MONTERO</u>
SECRETARIO	Prof. <u>JOSE LUIS PADILLA DE ALBA</u>
1er. SUPLENTE	Prof. <u>QUIBERTO RAMIREZ CASTILLO</u>
2do SUPLENTE	Prof. <u>CARLOS BAZAN VILLEGAS</u>

Sitio donde se desarrolló la tesis: Planta termoeléctrica de Salamanca, Gto.
Biblioteca de la Facultad de Química

Nombre completo y firma del sustentante:

Guillermo Feliciano Arévalo _____

Nombre completo y firma del asesor del tema:

Prof. Carlos Doormann Montero _____

A mis queridos padres
Sr. Alfredo Feliciano López
y Sra. Elvia Arévalo de Feliciano

Con cariño y gratitud

A mis hermanas y hermanos

A mis tías

A mi querida suegra:

Sra. María M. Gómez de Ruiz
Descanse en paz

A mi querida:

Esposa e hijo

A g r a d e c i m i e n t o

asesor de la tesis, Ing. Carlos Doormann Montero
por la dirección y orientación en el desarrollo del
tema

Al jurado, que nos brindó toda la ayuda solicitada
revisando el escrito y haciendo los cambios que con-
sideraron pertinentes

A todas aquellas personas que de una u otra forma
nos ayudaron en la obtención de datos, corrección
e impresión del escrito

I N D I C E

	página
1. INTRODUCCION	
2. ASPECTOS GENERALES	2-6
2.1 Intercambiadores catiónicos fuertemente ácidos - ciclo hidrógeno	4
2.2 Intercambiadores catiónicos débilmente ácidos - ciclo hidrógeno	4
2.3 Intercambiadores aniónicos débilmente básicos	5
2.4 Intercambiadores aniónicos fuertemente básicos	6
3. ESTUDIO DEL AGUA DE ALIMENTACION A LA PLANTA	7-10
4. SELECCION DEL TIPO DE RESINAS PARA EL AGUA DISPONIBLE	11-18
5. DISEÑO Y DIAGRAMAS DEL EQUIPO	19-68
5.1 Unidad secundaria(LM)	19
5.2 Unidades primarias(catiónica y aniónica)	28-36
5.2.1 Unidad aniónica	28
5.2.2 Unidad catiónica	33

	página
5.3 <u>Tanques para ácido, sosa y agua desgasificada</u>	37
5.4 Columna de desorción(desgasificador)	38
5.5 Cambiador de calor	45
5.6 Cálculo de la potencia de las bombas	44-68
5.6.1 Bomba de agua cruda	49
5.6.2 Bomba de transferencia de agua desgasificada	53
5.6.3 Bomba para ácido sulfúrico	56
5.6.4 Bomba para sosa cáustica	59
5.6.5 Bomba para la regeneración de las resinas aniónicas	61
5.6.6 Compresora	66
6. ESTUDIO ECONOMICO Y PLANEATIVO DEL PROYECTO	69-119
6.1 PRIMERA PARTE. Factibilidad financiera del proyecto	69
6.1.1 Característica de los equipos y materiales	71
6.1.2 Cotización de los equipos	73
6.1.3 Cotización interna de equipos	74
6.1.4 Cotización de tuberías, instrumentos, instalaciones y accesorios	74
6.1.5 Costos de operación	75
6.1.6 Análisis financiero	79-93
6.1.7 Análisis económico del proceso de generación eléctrica	93
6.1.8 Resultados de la evaluación económica	95
6.2 SEGUNDA PARTE. Programación del proyecto	97
6.2.1 Aspectos generales de planeación	98
6.2.2 El método del camino crítico como un modelo de planeación	102
6.2.3 Características del método del camino crítico	103

6.2.4	APACE (Advanced Planning and Control Executive) como un modelo programado del camino crítico	104-115
6.2.5	Compresión de redes	115-118
6.2.6	Comentarios de los reportes de APACE	118
7.	CONCLUSION	120
8.	NOMENCLATURA	122-127
9.	BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS	128-132
10.	APENDICES	133-169
	ANEXOS	

1. INTRODUCCION

La necesidad constante de servicios ocasionada por el crecimiento urbano en diversas regiones del país, ha hecho que la Comisión Federal de Electricidad (CFE), como fuente y parte de esos servicios, incremente su producción de energía, ya sea ampliando las plantas existentes o construyendo nuevas. El desarrollo económico y social que de esta industria se obtiene es vital, siendo una de las partes más importantes en el crecimiento de una región.

Las metas que se deben perseguir al desarrollar todo proyecto no deben estar exclusivamente orientadas a los aspectos propios (técnico-económicos), sino que también a los beneficios que obtiene el medio donde se localiza, es decir, genera fuentes de empleo, posible desarrollo industrial, etc.

El estudio tiene su origen a raíz de demandas presentes y futuras de energía, de esa forma la CFE prevee el proyecto para una posible ampliación de la planta termoeléctrica SALAMANCA en Salamanca, Gto., aumentando la capacidad con una unidad nueva de 300 MW. Por tal motivo y por ciertas facilidades que se tienen para obtener información se presenta esta tesis, la cual trata de abarcar esos enfoques pero, que se orienta en particular a resolver dos problemas específicos : el diseño de la planta para alimentación de agua desmineralizada a la caldera y la evaluación económica del estudio, para conocer los estados financieros en cierto lapso de tiempo.

Como una parte de integración del estudio, se incluye un programa de computadora que programe las actividades que constituyen el proyecto, de tal manera, que se controle desde el diseño hasta la puesta en operación.

Posteriormente se determinan costos para conocer la viabilidad del estudio, eso complementado con una estimación del comportamiento económico de las otras dos etapas del proceso de generación eléctrica (caldera y turbogenerador), todo eso con la idea de conocer económicamente las etapas del proceso en caso de que el proyecto no sea viable.

2. ASPECTOS GENERALES

Prácticamente, solo se reconocen tres procesos para eliminar toda la materia mineral del agua:

- a) Desmineralización por intercambio iónico
- b) Osmosis inversa
- c) Destilación

Cualquiera de los tres producen una calidad excelente de agua; sin embargo, con algunos tipos de aguas el costo del proceso de desmineralización por intercambio iónico es solo una fracción del costo del proceso por destilación.

Los términos desmineralizar y desionizar se usan comúnmente para designar la eliminación de materia mineral del agua por medio de intercambio iónico. Las industrias que usan la desmineralización por intercambio iónico la emplean para agua de alimentación a calderas, para refrigeración o para gran variedad de procedimientos, agua para enjuagar, etc.

La desmineralización se efectúa eliminando las sales y otras impurezas iónicas en el agua mediante resinas intercambiadoras de iones, las cuales se basan en el intercambio de cationes (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc) por iones hidró-

geno (H^+), y en el intercambio de aniones (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , etc) por iones oxhidrilo (OH^-).

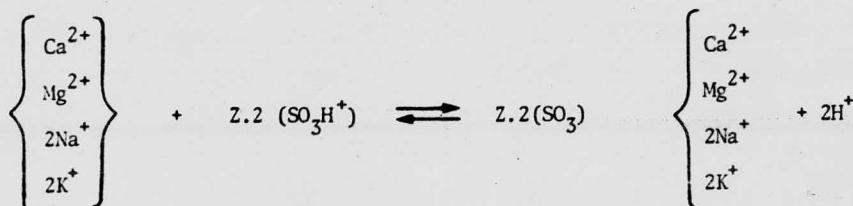
El desarrollo de resinas intercambiadoras de iones (cationes y aniones) de alta capacidad empleadas actualmente en desmineralizadores fue estipulado por el trabajo de investigación de D'alelio en 1944 (15). La mayoría de las resinas modernas consisten en una matriz o retículo de hidrocarburos, a los que se unen grupos funcionales activos o ionizables. El retículo está formado por varios compuestos orgánicos, tales como estireno (frecuentemente llamado poliestireno) o ácidos acrílicos, copolimerizados con divinilbenceno; éste, presente en el copolímero, es directamente proporcional al cruzamiento en las cadenas grandes del retículo; el grado de cruzamiento afecta la propiedades de la resina. El tipo de grupos ionizables unidos al retículo determina si la resina es un intercambiador de cationes fuerte o débilmente ácido o un intercambiador de aniones fuerte o débilmente básico. La sulfonación del copolímero une a los grupos ionizables en los intercambiadores catiónicos fuertemente ácidos y la clorometilación y aminación une a los grupos ionizables en los intercambiadores aniónicos.

La mayoría de los materiales intercambiadores de iones usados en desmineralización son resinas sintéticas elaboradas por la polimerización de varios compuestos orgánicos. Los compuestos frecuentemente usados son una mezcla de estireno y divinilbenceno, en mayor proporción el estireno, 80 a 92 por ciento, y en menor proporción el divinilbenceno, 8 a 20 por ciento (15); este actúa como enlace de cruzamiento para tener grandes cadenas polímeras unidas.

La resina seca se contrae, por lo que la cadena se cierra y la partícula esférica no puede ser penetrada rápidamente por los iones, pero cuando se coloca

2.1 Intercambiadores catiónicos fuertemente ácidos-ciclo hidrógeno

La mayoría de los cationes en el agua son calcio, magnesio, sodio y potasio; son intercambiados por hidrógeno en el intercambiador de cationes fuertemente ácido, con grupo funcional ácido el $-\text{SO}_3\text{H}$ como se muestra en la siguiente ecuación, en forma iónica (30):



donde Z es la matriz del intercambiador.

La reacción es reversible:

- A la derecha durante la fase de agotamiento del ciclo de intercambio, cuando el agua está tratándose o descationizándose.
- A la izquierda, durante la fase de regeneración en que los regeneradores (ácido sulfúrico o clorhídrico) eliminan del intercambiador los cationes previamente tomados del agua y restablece el intercambiador a su forma hidrógeno

2.2 Intercambiadores catiónicos débilmente ácido-ciclo hidrógeno

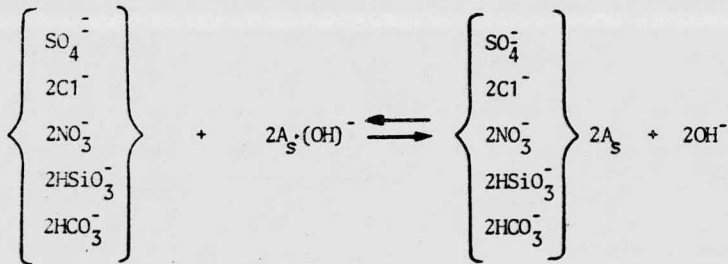
Contienen como grupo funcional ácido el $-\text{COOH}$; estos solo quitan los cationes equivalentes a la alcalinidad de bicarbonatos.

2.4 Intercambiadores aniónicos fuertemente básicos

Existen dos tipos de intercambiadores fuertemente básicos:

- Uno que tiene como grupo funcional un radical cuaternario de amonio trimetilico
- Otro con una pequeña modificación en este radical, en lugar de uno de los grupos metilos tiene un grupo $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$.

La mejor aplicación de desmineralización ha sido en la preparación de agua con calidad para alimentación a calderas, en donde la eliminación de sílice es importante. Esta necesidad requirió el desarrollo de un intercambiador de aniones fuertemente básico que eliminara los ácidos débiles, como el ácido carbónico, ácido silícico y los altamente disociados. Las reacciones con intercambiadores de aniones fuertemente básicos se escribe en forma iónica en la siguiente ecuación (30):



y solo pueden regenerarse con un álcali fuertemente básico (sosa cáustica).

3. ESTUDIO DEL AGUA DE ALIMENTACION A LA PLANTA

Normalmente, los suministros de agua disponibles son superficiales y de pozo. Siempre es preferible el agua de pozo, porque la mayoría es cristalina y su composición en sustancias disueltas es prácticamente constante; en cambio las aguas superficiales están expuestas a variaciones en las diferentes estaciones del año. De aquí que si se dispone de aguas superficiales, se tiene que establecer un intervalo entre el mínimo y el máximo de las sustancias disueltas en ellas.

El estudio del agua disponible para la alimentación de la planta es de gran importancia, ya que es necesario conocer la cantidad de cationes y aniones intercambiables. La cantidad de agua factible de tratar depende de este estudio y de la resina que se seleccione y si es o no necesario un pretratamiento. Con los datos necesarios del agua disponible, se puede hacer el cálculo del volumen de las resinas intercambiadoras de cationes y aniones.

Del volumen de resina intercambiadora de iones, depende el flujo del agua - y la altura de los tanques normalmente, el diámetro de los tanques o columnas es según el flujo recomendado por unidad de área. }

Los informes anotados en la tabla 3.1 son resultados promedio de los análisis de los pozos Nos 2 y 5 de la Planta Termoeléctrica Salamanca.

Con el análisis promedio del agua de los pozos, es posible empezar la selección del tipo de resinas intercambiadoras de iones. Así, puede decirse que el sistema a diseñar para la calidad de agua requerida debe cumplir la siguiente secuela (Fig 3.1):

- a) Pasar el agua de pozo a través de una resina intercambiadora de cationes por iones hidrógeno.
- b) Pasar el efluente por un desgasificador a fin de eliminar el bióxido de carbono, para disminuir los aniones intercambiables.
- c) El efluente del desgasificador pasarlo por una columna que contenga resina intercambiadora de aniones, para eliminar la acidez mineral libre y todos los aniones.
- d) El efluente pasarlo a través de una columna de lecho mixto, que - servirá como un pulidor.

TABLA 3.1 ANALISIS PROMEDIOS DE LOS POZOS 2 Y 5 DE LA PLANTA TERMoeLECTRICA SALAMANCA

		ppm, en términos de	Pozo 2		Pozo 5		Promedio	
			ppm	epm	ppm	epm	ppm	epm
CATIONES:	Calcio (Ca^{2+})	CaCO_3	6.00	0.12	6.00	0.12	6.00	0.12
	Magnesio (Mg^{2+})	"	2.00	0.04	2.00	0.04	2.00	0.04
	Sodio (Na^+)	"	303.20	6.06	313.80	6.28	309.00	6.18
	Totales	"	311.20	6.22	321.80	6.44	317.00	6.34
ANIONES:	Bicarbonatos (HCO_3^-)	"	184.00	3.68	196.00	3.92	190.00	3.80
	Carbonatos (CO_3^{2-})	"	30.00	0.60	26.00	0.52	28.00	0.56
	Hidróxidos (OH^-)	"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Fosfatos (PO_4^{3-})	"	6.20	0.12	6.80	0.14	6.50	0.13
	Sulfatos (SO_4^{2-})	"	32.80	0.66	36.40	0.73	34.60	0.69
	Cloruros (Cl^-)	"	57.65	1.15	55.95	1.12	56.80	1.14
	Nitratos (NO_3^-)	"	0.55	0.01	0.65	0.01	0.60	0.01
	Totales	"	311.20	6.22	321.80	6.44	317.00	6.34
DETERMINACIONES:	Dureza Total	"	8.00	0.16	8.00	0.16	8.00	0.16
	Alcalinidad*	"	15.00	0.30	13.00	0.26	14.00	0.28
	Alcalinidad**	"	214.00	4.28	222.00	4.44	218.00	4.36
	Fierro	Fe^{++}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sílice	SiO_2	82.00	1.37	78.00	1.30	80.00	1.33
	Materia Orgánica	KMnO_4	6.00	0.04	7.70	0.05	6.85	0.04
	pH			8.70		8.62		8.66

* Alcalinidad a la fenolftaleina

** Alcalinidad al anaranjado de metilo

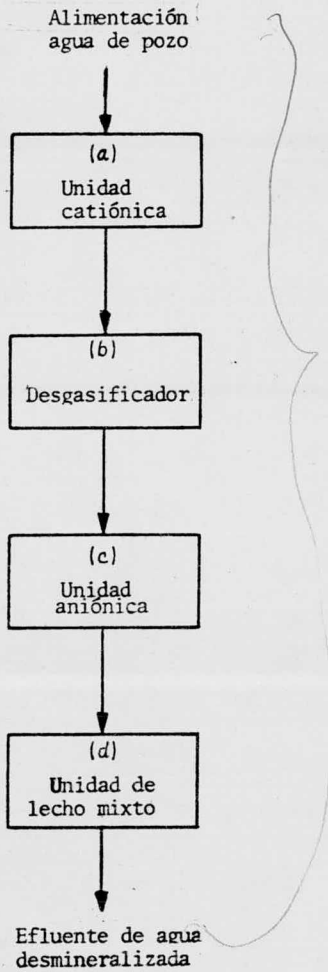


Fig 3.1 Secuencia del proceso para desmineralizar agua

4. SELECCION DEL TIPO DE RESINAS PARA EL AGUA DISPONIBLE

Para obtener la eficiencia óptima en una operación de intercambio de iones, es necesario usar la resina o combinación de resinas adecuadas. Existen o se han desarrollado las resinas de intercambio de electrólitos débiles y fuertes, así como resinas de grado variable de enlaces cruzados y diferente tamaño de partículas.

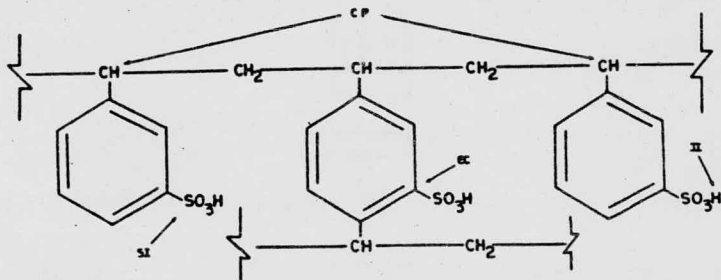
En la selección de la resina de intercambio iónico, se debe tomar en cuenta el análisis del agua disponible y el grado de pureza necesario.

El mayor problema que se presenta en los intercambiadores de iones, es la eliminación de trazas de materia orgánica, que por lo regular son de peso molecular elevado, ácidos orgánicos complejos resultantes de la materia vegetal (ácido húmico, ácido tánico, taninos, etc).

Durante el diseño de un nuevo sistema de intercambio de iones, en que ~~el~~ suministro de agua contiene cantidades significativas de materia orgánica,

se debe seleccionar una resina de intercambio de aniones capaz de absorber la materia orgánica y que pueda ser extraída fácilmente durante la regeneración cáustica; en caso contrario, la materia orgánica puede acumularse y disminuir la capacidad de intercambio. Para minimizar los problemas de la materia orgánica, además de escoger la resina adecuada, se recomienda esporádicamente el tratamiento de la misma con salmuera para prevenir la acumulación de materia orgánica. En los casos en que el agua contenga materia orgánica, se selecciona una resina macrorreticular que permita la eliminación de iones de peso molecular elevado: tales como Amberlita IRA-93, Amberlita IRA-900 o resinas similares.

Analizando el estudio del agua disponible se observa que no es posible seleccionar una resina de intercambio de cationes débilmente ácida, ya que únicamente elimina los cationes equivalentes a la alcalinidad de bicarbonatos, entonces los demás cationes saldrán como fuga en forma de sodio; por tanto, la única posibilidad que existe es usar un intercambiador de cationes fuertemente ácido, que elimine todos los cationes disueltos en el agua a tratar. Para este caso, se selecciona la resina Amberlita IR-120 por su alta capacidad de intercambio, excelente estabilidad a altas temperaturas, así como su gran resistencia química dentro de un intervalo de pH de 1 - 14. Su fórmula química (30) y estructura es la siguiente:



donde:

EC . enlace del cruzamiento

CP cadena del polímero

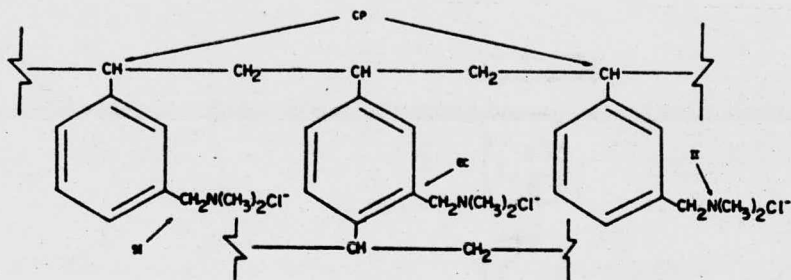
SI sitio de intercambio

II ión intercambiable

Al estudiar los aniones intercambiables del agua disponible, se observa que existen ácidos débiles y fuertes del efluente de la unidad catiónica, así como un alto porcentaje de alcalinidad con respecto a los aniones totales; entonces, para eliminar la cantidad de bióxido de carbono (CO_2), que se produce por alcalinidad, se necesita un desgasificador. (Para eliminar la sílice es necesario un intercambiador de aniones fuertemente básico, que también puede eliminar los ácidos fuertes (clorhídrico, sulfúrico o nítrico), pero lleva el riesgo de envenenarse, ya que el agua disponible contiene materia orgánica.) Por tanto, es necesario seleccionar una resina macrorreticular para absorber la materia orgánica, dado que se tienen ácidos fuertes, se elige una resina de intercambio de aniones débilmente básica, y además una resina intercambiadora de aniones fuertemente básica para eliminar los ácidos débiles, sobre todo el silicio.

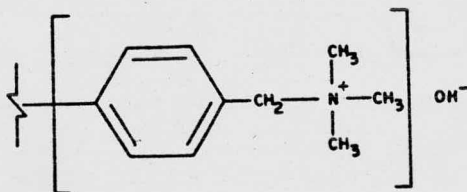
La resina macrorreticular que se selecciona es la Amberlita IRA-93, que es una resina de amina terciaria de alta porosidad, intercambiadora de aniones débilmente básica; las ventajas que presenta son: su resistencia al envenenamiento orgánico, elimina más económicamente la acidez mineral total (HCl , H_2SO_4 , HNO_3) y además se puede usar en lecho o sistema estratificado. Su fórmula química (30) que muestra la localización de la cadena del polímero, los enlaces cruzados, sitio y iones intercambiables se presenta a conti-

nuación:



Para seleccionar la resina intercambiadora de aniones fuertemente básica, se toma en cuenta aquella que pueda usarse en lecho o sistema estratificado con la resina Amberlita IRA-93, además debe extraer los ácidos débiles y cualquier fuga de ácidos fuertes. La resina que cumple estas condiciones, es la Amberlita IRA-402; que posee buena estabilidad y su característica hidráulica permite máxima separación cuando se usa en lecho estratificado.

Su fórmula química es de tipo I, cuya estructura (30) es:



Las propiedades físicas, químicas y condiciones definidas de operación para las tres resinas seleccionadas, se especifican en la tabla 4.1

El flujo de retrolavado para cualquier resina depende de la expansión requerida y de la temperatura del agua.

En el ciclo de intercambio iónico normal en una operación por columna, los

TABLA 4.1 PROPIEDADES FISICAS, QUIMICAS Y CONDICIONES DE OPERACION SUGERIDAS PARA LAS TRES RESINAS SELECCIONADAS

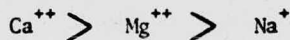
RESINAS	AMBERLITA IR-120 (24)	AMBERLITA IRA-402 (27)	AMBERLITA IRA-93 (28)
Forma iónica (comercial)	Sodio o Hidrógeno	Cloruro	Base libre
Forma	Partículas esféricas	Partículas esféricas	Partículas esféricas
Humedad	44 a 48 %	50 a 57 %	50 a 58 % después de un ciclo agotado
Densidad	48 a 54 lb/ft ³	40 a 43 lb/ft ³	38 a 42 lb/ft ³ después de un ciclo agotado
Peso de expedición (embarque)	53 lb/ft ³	43 lb/ft ³	38 lb/ft ³
Tamaño efectivo	0.45 a 0.6 mm	0.39 a 0.46 mm	0.40 a 0.50 mm
Grado de cribado (malla)	16 a 50 (húmeda)	16 a 50 (húmeda)	16 a 50 (húmeda)
Coefficiente de uniformidad	1.8 máximo	1.75 máximo	2.0 máximo
espacio vacío	37 a 40 %		37 a 40 %
Contenido de finos	0.78 máximo a través de malla 50	Menos de 2% a través de malla 50	1 % máximo a través de malla 50
Temperatura máxima	121 °C	En forma de OH 60°C y otras formas 77°C	100 °C
pH	1 a 14	A cualquier pH	0 a 7
Profundidad mínima del lecho	24 pulg	24 pulg	24 pulg
Concentración del regenerante	10% HCl ó 1 a 5% H ₂ SO ₄	4% NaOH	4% NaOH
Flujo de regeneración (gal/min/ft ³)	0.5 a 0.75	0.25 a 1.0	0.5 a 1.0
Flujo de enjuague (gal/min/ft ³)	1.5	1.5	1.5
Agua requerida para enjuague	25 a 75 gal/pie ³	40 a 90 gal/pie ³	50 a 75 gal/pie ³
Hinchamiento		22% máximo en conversión completa de la forma cloruro	Aproximadamente 23% en conversión completa de la base libre a la forma cloruro o sulfato

pasos fundamentales después de colocar la resina en la columna son:

- a) *Retrolavado*; para eliminar trazas de material finamente dividido que pueda estar presente, y para clasificar las partículas; las más densas se van al fondo y las menos densas a la parte superior
- b) *Introducción del regenerante*; se pasa a través del lecho a flujo descendente
- c) *Enjuague*; se enjuaga la resina hasta eliminar el exceso de regenerante
- d) *Servicio*; el agua a tratar se pasa a través de la columna hasta agotar su capacidad o detectar fuga de los iones que se están extrayendo; a continuación se repiten los pasos para regenerar la resina.

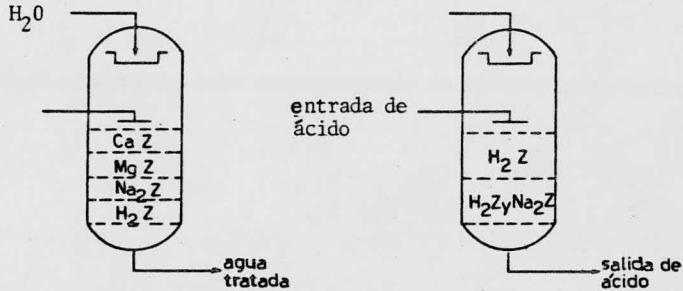
En un sistema de intercambio de iones, siempre se tienen pequeñas fugas

; dichas fugas dependen del nivel de regeneración (cantidad de regenerante por pie cúbico de resina), además la selectividad de los cationes para efectuar el intercambio sigue el siguiente orden:



Durante la regeneración con flujo descendente, la parte superior del lecho se convierte completamente en la forma hidrógeno, pero no así la parte inferior. La parte inferior de la columna de resina contiene una banda de sodio en la regeneración final y en la próxima corrida de servicio los cationes en el influente son intercambiados por iones hidrógeno en la parte superior del lecho; y los iones hidrógeno son intercambiados por sodio en la parte inferior, liberando el sodio como fuga de cationes. La fig 4.1 muestra una corri-

da típica de servicio (30):



a) Final de agotamiento normal

b) Después de la regeneración

Fig 4.1 Lecho de resina de intercambio de cationes antes y después de la regeneración con ácido

En el agua disponible se observa que entre los cationes intercambiables totales un alto porcentaje corresponde a catión sodio, por tanto, no es conveniente usar este tipo de regeneración; en este caso, se recomienda hacer la regeneración a flujo ascendente. La ventaja que se obtiene con este sistema de regeneración, es reducir la fuga de cationes hasta una tercera o cuarta parte de la fuga que se obtendría con la técnica de regeneración convencional (12).

La misma regeneración de flujo ascendente se usa para la columna aniónica, que consiste en un lecho estratificado de las resinas Amberlita IRA-93/IRA-402; la ventaja que se obtiene es reducir la fuga de sílice y evitar el envenenamiento con materia orgánica de la resina Amberlita IRA-402.

Citando como ejemplo la columna catiónica de la fig 4,1b, se puede decir que, la reducción de la fuga de catión sodio se debe a que es una regeneración a

flujo ascendente, la banda de sodio que queda en la parte inferior en una regeneración convencional asciende a la parte superior. Para llevar a cabo una regeneración a flujo ascendente con eficiencia, se necesita introducir un flujo de agua opuesto al regenerante para mantener una expansión de la resina abajo del 5 por ciento (20).

5. DISEÑO Y DIAGRAMAS DEL EQUIPO

Antes de iniciar los cálculos para el diseño de la planta desmineralizadora, se necesita saber que fugas de sólidos disueltos es permitida y así seleccionar el nivel de regeneración de resinas. La cantidad permitida de sólidos disueltos en el agua a desmineralizar es de 0.3 ppm como máximo y para obtener esa calidad de agua, la fuga permitida en las unidades primarias es de 6 ppm como Ca CO_3 . El desgasificador se diseña para que el efluente contenga 5 ppm de CO_2 como CO_2 .

La planta constará de 2 trenes y cada tren se compone a su vez de una columna o unidad catiónica, una aniónica y una de lecho mezclado. Ambos trenes tendrán en común la torre de desorción (desgasificador).

El flujo de diseño por cada tren es de 416.38 l/min (110 gal/min). Se regenerarán las unidades primarias cada 12 horas, y las unidades secundarias deberán desionizar el efluente producido en 10 ciclos como mínimo de las unidades primarias entre regeneración y regeneración. El desgasificador se diseñará para un efluente de agua de 832.76 l/min (220 gal/min).

Debido a las condiciones de operación, es necesario invertir el diseño de los equipos,

5.1 Unidad secundaria (LM)

Esta unidad contendrá resina catiónica Amberlita (IR-120) y resina aniónica Amberlita (IRA-402).

- a) *Diámetro de la columna.* Se selecciona un área de flujo de 0.981 m^2 (10.56 pie^2) y se obtiene un diámetro de 1.2 m (3.67 pie). Como el flujo de agua es de 416.38 l/min (110 gal/min), entonces:
- $$416.38/0.981 = 424.43 \text{ l/min/m}^2 \text{ (10.416 gal/min/pie}^2\text{)}$$

- b) *Volumen de agua que se desea tratar a través de la columna de LM*
Cada ciclo de las unidades primarias será de 12 horas, por tanto, el volumen de agua es:

$$24 \text{ 983} \times 12 = 299 \text{ 796 l/ciclo (79 200 gal/ciclo)}$$

Se determinó la cantidad de 5 678 l (1 500 gal) para la introducción y desplazamiento de la sosa en la regeneración de la unidad primaria, entonces serán 305 474 l/ciclo (80 700 gal/ciclo), y si ésta columna debe tratar 12 ciclos, el volumen de agua es de 3 666 m^3 (968 400 gal); además debe de incluirse el agua de los enjuagues de las resinas catiónica y aniónica, que es de 26.5 m^3 (7 000 gal). Por tanto, el volumen total de agua será:

$$3 \text{ 692 m}^3 \text{ (975 400 gal)}$$

- c) *Volumen de resina catiónica Amberlita IR-120*

En servicio, las unidades primarias tendrán una fuga de 6 ppm correspondientes a sodio

$$CT = 6 \text{ ppm}/17.1 = 0.35 \text{ gr/gal}$$

$$Na^+ = 100\% \quad \uparrow \quad 3.785$$

$$6 \times 10^{-3} \text{ g} \\ 6 \times 10^{-3} \times 3.785 \text{ gal} \\ \hline 1 \text{ gal}$$

d) Volumen de resina aniónica Amberlita IRA-402

En las unidades primarias existe una fuga de aniones de 6 ppm, de la cual 5 ppm corresponden a bicarbonatos, 1 ppm a cloruros y una fuga de SiO_2 de 0.08 ppm como CaCO_3 ; pero cuando está por agotarse no es posible obtener esta concentración de sílice. Por lo que, debe darse un margen hasta de 0.176 ppm para retirar de servicio la unidad. En promedio se tiene una fuga de SiO_2 de 0.128 ppm como CaCO_3 .

$$\text{ATI} = 6.128/17.1 = 0.36 \text{ gr/gal}$$

$$\text{SiO}_2 = 2.09\%$$

$$\text{Cloruros} = 16.32\%$$

$$\text{Alcalinidad } 81.59\% \text{ (Bicarbonatos)} \quad \text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$

Con un nivel de regeneración de 96.11 kg de sosa por m^3 (6 lb de sosa/ pie^3) de resina, se tiene una fuga de SiO_2 igual a 0.11 ppm y una capacidad de 36.61 kg/m^3 (16 kgr/pie^3).

Capacidad real de intercambio:

$$36.61 \times 0.80 = 29.29 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ (12.8 kgr}/\text{pie}^3 \text{ de resina)}$$

Para contar con un margen de seguridad, se considera una fuga de sólidos disueltos de las unidades primarias de 7 ppm. Por tanto,

$$\text{ATI} = 7.128 \text{ ppm (0.42 gr/gal)}$$

Cantidad de resina aniónica:

$$3692 \text{ m}^3 \times 7.128 \text{ g}/\text{m}^3 = 26317 \text{ g (406.14 kgr)}$$

$$26.317/29.29 = 0.90 \text{ m}^3 \text{ (31.78 pie}^3 \text{)}$$

Se necesitan 32 pie^3 (0.906 m^3) de resina aniónica

En LM cuando la regeneración es simultanea, se recomienda que el volumen de resina catiónica sea la mitad del volumen de resina aniónica, debido a que los flujos de introducción de regenerante están en esa proporción.

e) *Altura cilíndrica de la columna*

$$\text{HRC} = 0.451/0.981 = 0.462 \text{ m (1.515 pie)}$$

$$\text{HRA} = 0.906/0.981 = 0.923 \text{ m (3.03 pie)}$$

$$\text{HRC} + \text{HRA} = 0.462 + 0.923 = 1.385 \text{ m (4.545 pie) agregando un 100 por ciento de espacio libre para la expansión de la resina, entonces:}$$

$$\text{H} = 2.77 \text{ m (9.09 pie)}$$

f) *Regeneración*

- i) *Retrolavado.* Para la resina aniónica a una temperatura de 32.2°C (90°F) y un flujo de 122.23 l/min/m² (3 gal/min/pie²) se tiene una expansión de 70 por ciento (27). Para la resina catiónica a la misma temperatura y con un flujo de 285.22 l/min/m² (7 gal/min/pie²) la expansión es de 50 por ciento (24) . El flujo promedio es 203.72 l/min/m² (5 gal/min/pie²) y la duración del retrolavado de 30 minutos.

$$203.72 \text{ l/min/m}^2 \times 0.981 \text{ m}^2 = 199.85 \text{ l/min (52.8 gal/min)}$$

El agua necesaria para el retrolavado es:

$$199.8501/\text{min} \times 30 \text{ min} = 5995.5 \text{ l (1 584 gal)}$$

2) Introducción de ácido sulfúrico y sosa caústica. La cantidad de ácido para la regeneración es:

$$0.451 \text{ m}^3 \times 192.23 \text{ kg/m}^3 = 86.69 \text{ kg} (186.47 \text{ lb})$$

La cantidad de sosa para la regeneración es:

$$0.906 \text{ m}^3 \times 96.11 \text{ kg/m}^3 = 87.08 \text{ kg} (191 \text{ lb})$$

tipo de soluto	volumen de la solución	contenido de soluto en la solución				
		100%	50%	30%	5%	4%
NaOH	1 litro		763 g	398.4g		41.7g
NaOH	1 galón		6.364g	3.324 lb		0.348 lb
H ₂ SO ₄	1 litro <i>S = 1.833</i>	1833 g		365.6 g	51.6g	40.8 g
H ₂ SO ₄	1 galón	15.3 lb		3.051 lb	0.43 lb	0.34 lb

Tabla 5.1 Contenido de soluto a diferentes concentraciones en un volumen determinado. *1 l = 300 l H₂SO₄ + 7 l H₂O*

$$S = 87.08 \text{ kg} / 1.833 \text{ kg/l} = 47.5 \text{ l} (12.55 \text{ gal.})$$

$$S_1 = 87.08 \text{ kg} / 0.365 \text{ kg/l} = 238.1731 (62.93 \text{ gal})$$

$$s = 87.08 \text{ kg} / 0.0417 \text{ kg/l} = 2088.15 \text{ l} (51.69 \text{ gal.})$$

$$A = 2088.15 \text{ l} - 238.17 \text{ l} = 1849.98 \text{ l} (488.76 \text{ gal.})$$

$$B = 87.08 \text{ kg} / 0.763 \text{ kg/l} = 114.12 \text{ l} (30.15 \text{ gal.})$$

$$B_1 = 87.08 \text{ kg} / 0.398 \text{ kg/l} = 218.5641 (57.74 \text{ gal.})$$

$$b = 87.08 \text{ kg} / 0.0417 \text{ kg/l} = 2088.1531 (551.69 \text{ gal.})$$

$$a = 2088.153 \text{ l} - 218.564 \text{ l} = 1869.59 \text{ l} (493.95 \text{ gal.})$$

De la tabla 4.1, el flujo de la sosa al 4% es 33.426 l/min / m³

(0.25 gal/min/pie³).

$$0.906 \text{ m}^3 \times 33.416 \text{ l/min/m}^3 = 30.27 \text{ l/min (8.0 gal/min.)}$$

Tiempo de introducción de los regenerantes:

$$t = 2088.153 \text{ l} / 30.27 \text{ l/min} = 68.98 \text{ min.}$$

Ajustando el tiempo a 70 minutos, el flujo de introducción de los regenerantes s y b es 29.83 l/min. (7.88 gal/min.)

Flujo de:

$$S = 47.50 \text{ l} / 70 \text{ min} = 0.679 \text{ l/min (0.179 gal/min)}$$

$$S^1 = 238.17 \text{ l} / 70 \text{ min} = 3.40 \text{ l/min (0.899 gal/min.)}$$

$$A = 1849.98 \text{ l} / 70 \text{ min} = 26.43 \text{ l/min (6.98 gal/min)}$$

$$B = 114.123 \text{ l} / 70 \text{ min} = 1.63 \text{ l/min (0.43 gal/min)}$$

$$B^1 = 218.56 \text{ l} / 70 \text{ min} = 3.122 \text{ l/min (0.825 gal/min)}$$

3) Desplazamiento. Los flujos para desplazar la sosa y el ácido de la columna deben ser iguales a los que se usará para introducir los regenerantes.

Espacio vacío:

$$0.906 \text{ m}^3 \times 0.40 \times 1000 \text{ l/m}^3 = 362.40 \text{ l (95.75 gal)}$$

Considerando 15.24 cm (6 pulg) arriba del nivel superior de la resina:

$$.981 \text{ m}^2 \times 0.152 \text{ m} \times 1000 \text{ l/m}^3 = 149.50 \text{ l (39.5 gal.)}$$

Volumen total de agua:

$$362.40 \text{ l} + 149.50 \text{ l} = 511.90 \text{ l (135.24 gal)}$$

Tiempo de desplazamiento:

$$511.90 \text{ l}/29.83 \text{ l/min} = 17.16 \text{ min}$$

$$511.90 \text{ l}/17 \text{ min} = 30.11 \text{ l/min} \quad (7.96 \text{ gal/min})$$

4) Enjuague. De la tabla 4.1 para enjuagar la resina aniónica se necesitan 12.031 l/m^3 (90 gal/pie^3) de resina y para la resina catiónica 10.026 l/m^3 (75 gal/pie^3) de resina. El flujo de enjuague es de 200.51 l/min/m^3 ($1.5 \text{ gal/min/pie}^3$) para ambas resinas.

Flujo de enjuague para la RA:

$$0.906 \text{ m}^3 \times 200.51 \text{ l/min/m}^3 = 181.66 \text{ l/min} \quad (48 \text{ gal/min})$$

Flujo de enjuague para la RC:

$$0.451 \text{ m}^3 \times 200.51 \text{ l/min/m}^3 = 90.43 \text{ l/min} \quad (23.89 \text{ gal/min})$$

Cantidad de agua para enjuagar la

$$\text{RA: } 0.906 \text{ m}^3 \times 12.031 \text{ l/m}^3 = 10.900.00 \text{ l} \quad (2880 \text{ gal})$$

$$\text{RC: } 0.451 \text{ m}^3 \times 10.026 \text{ l/m}^3 = 4.521.73 \text{ l} \quad (1194.64 \text{ gal})$$

Como el agua para enjuagar la resina catiónica es menor que la necesitada para la resina aniónica, se introduce un flujo de enjuague de 90.43 l/min (23.89 gal/min) hasta terminar de enjuagar la resina catiónica; después se termina de enjuagar la resina aniónica a un flujo de 181.66 l/min (48 gal/min)

Duración de los enjuagues para las resinas:

$$\text{Catiónica } 4.521.73 \text{ l}/90.43 \text{ l/min} = 50 \text{ min}$$

Por tanto, el agua de enjuague introducido en la resina aniónica-

De la tabla 4.1, el flujo de enjuague es de 200.51 l/min/m^3 ($1.5 \text{ gal/min/pie}^3$) de resina.

Agua necesaria:

$$1.357 \text{ m}^3 \times 200.51 \text{ l/min/m}^3 = 272.10 \text{ l/min} (72 \text{ gal/min})$$

Por tanto, durante un periodo de 30 minutos el volumen de agua requerida es de $8163.00 \text{ l} (2157 \text{ gal})$.

5.2 Unidades primarias (Catiónica y Aniónica)

5.2.1 Unidad Aniónica

a) Diámetro de la columna

Se recomienda₍₃₀₎ un flujo de $244.47 \text{ a } 325.96 \text{ l/min/m}^2$ ($6 \text{ a } 8 \text{ gal/min/pie}^2$). Se usa un flujo por unidad de área de 270.95 l/min/m^2 ($6.65 \text{ gal/min/pie}^2$).

$$A_f = 416.38 \text{ l/min} / 270.95 \text{ l/min/m}^2 = 1.536 \text{ m}^2 (16.54 \text{ pie}^2)$$

$$D = 1.4 \text{ m} (4.59 \text{ pie})$$

b) Volumen de resina aniónica de base débil Amberlita IRA-93

Acidez mineral total (AMT):

$$\text{PO}_4^{3-} = 7.0 \text{ ppm como CaCO}_3$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 34.6 \text{ ppm como CaCO}_3$$

$$\text{Cl}^- = 56.8 \text{ ppm como CaCO}_3$$

$$\text{NO}_3^- = 0.6 \text{ ppm como CaCO}_3$$

$$\text{AMT} = 99.0 \text{ ppm como CaCO}_3$$

$$\text{AMT} = 99/17.1 = 5.79 \text{ gr/gal}$$

$\text{Cl}^- = 57.4 \times 100 / 99 = 57.98 \%$ (incluyendo los nitratos)

El nivel de regeneración es de 80.10 kg/m^3 (5 lb/pie^3) de resina, con una capacidad mínima de 48.055 kg/m^3 (21 kgr/pie^3) (28).

El agua de pozo a desionizar en 12 horas es: 299.8 m^3 ($79\ 200 \text{ gal}$).

Para introducir la sosa, desplazarla y enjuagar las resinas aniónicas se necesitan $24\ 605 \text{ l}$ ($6\ 500 \text{ gal}$) de agua, por tanto:

$$299.8 \text{ m}^3 + 24.605 \text{ m}^3 = 324.4 \text{ m}^3 \text{ (85\ 700 gal)}$$

$$324.4 \text{ m}^3 \times 0.099 \text{ kg/m}^3 = 32.12 \text{ kg (495.6 kgr)}$$

$$32.12 \text{ kg} / 48.06 \text{ kg/m}^3 = 0.67 \text{ m}^3 \text{ (23.6 pie}^3\text{)}$$

Se necesitan aproximadamente 0.68 m^3 (24 pie^3) de resina aniónica IRA-93.

c) *Volumen de resina aniónica de base fuerte Amberlita IRA-402*

Aniones totales intercambiables después del desgasificador

$$\text{CO}_2 \quad 5 \times 1.13 = 6.0 \text{ ppm como CaCO}_3$$

$$\text{SiO}_2 \quad 80 \times 0.83 = 67.0 \quad " \quad " \quad "$$

$$\text{Fuga de cationes } 6.0 \quad " \quad " \quad "$$

$$\text{ATI} \quad = 79.0 \quad " \quad " \quad "$$

$$\text{ATI} = 79 / 17.1 = 4.62 \text{ gr/gal}$$

$$\% \text{ Acidos débiles} = 73 \times 100 / 79 = 92.41 \%$$

$$\% \text{ SiO}_2 = 67 \times 100 / 79 = 85 \%$$

El nivel de regeneración es de 80.10 kg/m^3 (5 lb/pie^3) con una capacidad de 32.5 kg/m^3 (14.2 kgr/pie^3) (30). La fuga de SiO_2 es de 0.16 ppm (27), pero como la regeneración es a ---

flujo ascendente, la fuga de sílice se reduce a 0.08 ppm como CaCO_3 .

La fuga de cationes que es de 6 ppm se incluye en los ATI - para la resina de base fuerte, porque esa resina convierte las sales (de la fuga de cationes) a hidróxido de sodio.

La relación óptima de las resinas IRA-93/IRA-402 en lecho - estratificado es (26):

$$\text{IRA-93/IRA-402} = \frac{\text{conc. en ppm de los ácidos fuertes}}{2 \times \text{conc. en ppm de los ácidos débiles}}$$

La selección de la combinación de resinas en base a la relación anterior, producirá un exceso de resina Amberlita IRA-402 en la mezcla; así, aumenta la probabilidad de obtener una completa utilización del lecho estratificado.

$$\text{IRA-93/IRA-402} = 99/2 \times 73 = 0.6$$

$$\text{Por tanto, IRA-402} = \text{IRA-93}/0.68$$

La cantidad de resina aniónica Amberlita IRA-402 es de:

$$0.68/0.68 = 1.00 \text{ m}^3 \text{ (35.40 pie}^3\text{)}$$

El lecho estratificado estará formado por un 40 % de Amberlita IRA-93 y un 60 % de Amberlita IRA-402.

d) *Altura cilíndrica de la columna*

Altura de la resina aniónica IRA-402 :

$$1.00 \text{ m}^3 / 1.54 \text{ m}^2 = 0.65 \text{ m (2.13 pie)}$$

Altura de la resina aniónica IRA-93:

$$0.68 \text{ m}^3 / 1.54 \text{ m}^2 = 0.44 \text{ m (1.45 pie)}$$

Con un hinchamiento del 20% de la resina IRA-93 (26), significa una altura adicional de 0.09 m (0.29 pie)

$$(HRA-402) + (HRA-93) + 0.2(HRA-93) = 1.18 \text{ m}(3.87 \text{ pie})$$

agregando un 100% de espacio libre para la expansión de la resina en el retrolavado, la altura cilíndrica de la columna será:

$$H = 2.36 \text{ m} (7.74 \text{ pie})$$

e) Regeneración

1) Retrolavado. En lechos estratificados, para estratificar las resinas requieren de una expansión del 100% a una temperatura de $32.2^{\circ}\text{C}(90^{\circ}\text{F})$. La expansión se logra a un flujo de $189.46 \text{ l/min/m}^2(4.65 \text{ gal/min/ft}^2)$ (26) durante 15 minutos.

Cantidad de agua necesaria:

$$(189.46 \text{ l/min/m}^2) \times (1.54 \text{ m}^2) = 291.77 \text{ l/min}(77.10 \text{ gal/min})$$

$$(291.77 \text{ l/min}) \times 15 \text{ min} = 4366.65 \text{ l}(1156.30 \text{ gal})$$

2) Introducción de la sosa cáustica. La cantidad de sosa para la regeneración es:

$$1.68 \text{ m}^3 \times 80.1 \text{ kg/m}^3 = 134.57 \text{ kg}(296 \text{ lb}) \text{ de NaOH al } 100$$

por ciento

$$b = 134.57 \text{ kg} / 0.0417 \text{ kg/l} = 3227.10 \text{ l}(852.60 \text{ gal})$$

$$B = 134.57 \text{ kg} / 0.763 \text{ kg/l} = 176.37 \text{ l}(46.60 \text{ gal})$$

$$B1 = 134.57 \text{ kg} / 0.398 \text{ kg/l} = 338.12 \text{ l}(89.33 \text{ gal})$$

$$a = 3227.10 \text{ l} - 338.12 \text{ l} = 2888.98 \text{ l}(763.27 \text{ gal})$$

De la tabla 4.1, el flujo de regenerante es 33.418 l/min/m^3 ($0.25 \text{ gal/min/pie}^3$) de resina. Por tanto,

$$33.418 \text{ l/min/m}^3 \times 1.68 \text{ m}^3 = 56.14 \text{ l/min (14.83 gal/min)}$$

Tiempo de introducción:

$3 \text{ 227.10 l} / 56.14 \text{ l/min} = 57.48 \text{ min}$; pero, si se quiere un tiempo de 60 minutos, se debe ajustar el flujo a:

$$3 \text{ 227.10 l} / 60 \text{ min} = 53.79 \text{ l/min (14.21 gal/min)}$$

Flujo de:

$$a = 2 \text{ 888.98 l} / 60 \text{ min} = 48.15 \text{ l/min (12.72 gal/min)}$$

$$B = 176.37 \text{ l} / 60 \text{ min} = 2.94 \text{ l/min (0.78 gal/min)}$$

$$B_1 = 338.12 \text{ l} / 60 \text{ min} = 5.64 \text{ l/min (1.49 gal/min)}$$

3) Desplazamiento. El flujo para el desplazamiento es el mismo de $a = 48.15 \text{ l/min}$.

Espacio vacío:

$$0.4 \times 1.68 \text{ m}^3 \times 1 \text{ 000 l/m}^3 = 672.00 \text{ l (177.54 gal)}$$

Se considera una altura de 7.62 cm (0.25 pie) arriba del nivel superior de la resina:

$$0.0762 \text{ m} \times 1.54 \text{ m}^2 \times 1 \text{ 000 l/m}^3 = 117.35 \text{ l (31 gal)}$$

Volumen total:

$$672.00 \text{ l} + 117.35 \text{ l} = 789.35 \text{ l (208.55 gal)}$$

Tiempo del desplazamiento:

$$789.35 \text{ l} / 48.15 \text{ l/min} = 16.39 \text{ min}$$

Se puede aproximar el tiempo a 16 minutos, aumentando el flujo a 49.33 l/min .

4) **Enjuague Final.** De la tabla 4.1, se obtiene un flujo de 200.51 l/min/m^3 ($1.5 \text{ gal/min/pie}^3$) de resina, y el agua requerida es de $12\ 031 \text{ l/m}^3$ (90 gal/pie^3) de resina.

El flujo de agua de enjuague es:

$$200.51 \text{ l/min/m}^3 \times 1.68 \text{ m}^3 = 336.86 \text{ l/min (89.0 gal/min)}$$

Cantidad de agua necesaria:

$$12\ 031 \text{ l/m}^3 \times 1.68 \text{ m}^3 = 20\ 212 \text{ l (5\ 340 gal)}$$

Tiempo de enjuague:

$$20\ 212 \text{ l} / 336.86 \text{ l/min} = 60 \text{ min}$$

5.2.2 Unidad catiónica

a) Diámetro de la columna

El diámetro es igual al de la columna aniónica, de 1.4

b) Volumen de resina catiónica fuertemente ácida Amberlita IR-120

Cationes totales:

$$CT = 317 / 17.1 = 18.54 \text{ gr/gal (0.317 g/l) (tabla 2.1)}$$

$$\%Na = 309 \times 100 / 317 = 97.48\%$$

$$\% \text{Alcalinidad} = 218 \times 100 / 317 = 68.77\%$$

El nivel de regeneración es de 160.18 kg/m^3 (10 lb/pie^3) de resina, que corresponde a una iso-capacidad (25) de ... 42.56 kg/m^3 (18.6 kgr/pie^3) y al corregirse por alcalinidad resulta(25) :

$$\text{Capacidad} = 42.56 \text{ kg/m}^3 \times 1.17 = 49.8 \text{ kg/m}^3 \text{ (21.76 kgr/pie}^3\text{)}$$

en donde 1.17 es el factor de corrección.

A este nivel de regeneración se tiene una fuga de cationes (25) de 15.85 ppm, pero como la regeneración se hará a flujo ascendente, la fuga se reduce a 1/3 de la normal.

Fuga de Cationes:

$15.85 \times 1/3 = 5.28$ ppm, esto se aproxima a 6ppm para cuestiones de cálculos.

Agua de servicio de la unidad catiónica:	299 796 1(79 200gal)
Agua necesaria para la regeneración de la unidad aniónica:	31 335 1(8 278 gal)
El agua necesaria para enjuagar la resina catiónica es:	22 712 1 (6 000gal)
El volumen total de agua es:	353 843 1(93 478gal)

$$353\ 843 \times 0.317 \text{ g/l} = 112\ 169 \text{ g (1731 kg)}$$

Volumen requerido de resina:

$$112.169 \text{ kg} / 49.8 \text{ kg/m}^3 = 2.25 \text{ m}^3 \text{ (79.50 pie}^3\text{)}, \text{ la que se aproxima a } 80 \text{ pie}^3 \text{ (2.26 m}^3\text{) de resina catiónica.}$$

c) *Altura cilíndrica de la Columna*

Altura de la resina catiónica (HRC:IR -120):

$$2.26 \text{ m}^3 / 1.54 \text{ m}^2 = 1.467 \text{ m (4.8 pie)}$$

agregando un 75 % de altura para la expansión de la resina, la altura total será:

$$H = 1.467 + 0.75 \times 1.467 = 2.567 \text{ m (8.419 pie)}$$

d) *Regeneración*

1) Retrolavado. A una temperatura de 32.2 °C (90 °F) y un flujo de 387.08 l/min/m² (9.5 gal/min/ft²) existe una expansión (25) de 70 por ciento durante 15 minutos.

Flujo de retrolavado:

$$387.08 \text{ l/min/m}^2 \times 1.54 \text{ m}^2 = 596.10 \text{ l/min (157.75 gal/min)}$$

Cantidad de agua necesaria:

$$596.10 \text{ l/min} \times 15 \text{ min} = 8\,941.50 \text{ l (2362.35 gal)}$$

2) Introducción del ácido. De la tabla 4.1, el flujo de regeneración es 66.84 l/min/m³ (0.5 gal/min/ft³) y una concentración de 5 por ciento.

La inyección del ácido es a una concentración de 5 por ciento. Como consecuencia de la baja concentración de calcio en el agua a desionizar, no se dificulta la introducción del ácido a esa concentración.

Cantidad de ácido para la regeneración:

$$160.83 \text{ kg/m}^3 \times 2.26 \text{ m}^3 = 363.48 \text{ kg (800 lb)}$$

De la tabla 5.1, se obtiene la cantidad de ácido contenida en la solución al 5 por ciento.

$$s = 363.48 \text{ kg} / 0.0516 \text{ kg/l}$$

$$s = 7\,044.19 \text{ l (1861.08 gal)}$$

$$S = 363.48 \text{ kg} / 1.833 \text{ kg/l}$$

$$S = 198.20 \text{ l (52.39 gal)}$$

$$S1 = 363.48 \text{ kg} / 0.365 \text{ kg/l}$$

$$S1 = 995.83 \text{ l (263.10 gal)}$$

$$A = 7\,044.19 \text{ l} - 198.30 \text{ l}$$

$$A = 6\ 845.89\ \text{l} \quad (1\ 808.69\ \text{gal})$$

Flujo de introducción del ácido:

$$66.84\ \text{l/min/m}^3 \times 2.26\ \text{m}^3 = 151.06\ \text{l/min} \quad (40.25\ \text{gal})$$

Tiempo de introducción del ácido:

$$7\ 044.19\ \text{l} / 151.06\ \text{l/min} = 46.63\ \text{min}$$

Si se reduce el tiempo de introducción a 45 minutos, el flujo de ácido será 156.54 l/min (41.36 gal/min)

Flujo de A:

$$6\ 845.89\ \text{l} / 45\ \text{min} = 152.83\ \text{l/min} \quad (40.37\ \text{gal/min})$$

Flujo de S1:

$$995.83\ \text{l} / 45\ \text{min} = 22.13\ \text{l/min} \quad (5.85\ \text{gal/min})$$

3) Desplazamiento. El desplazamiento del ácido se efectúa al mismo flujo de A o sea 152.83 l/min .

Espacio vacío:

$$0.4 \times 2.26\ \text{m}^3 \times 1\ 000\ \text{l/m}^3 = 904.00\ \text{l} \quad (238.84\ \text{gal})$$

Por diseño se considera 7.62 cm (3 pulg) arriba del nivel superior de la resina,

$$0.0762\ \text{m} \times 1.54\ \text{m}^2 \times 1\ 000\ \text{l/m}^3 = 117.35\ \text{l} \quad (31\ \text{gal})$$

Volumen total:

$$904.00\ \text{l} + 117.35\ \text{l} = 1\ 021.35\ \text{l} \quad (270\ \text{gal})$$

Tiempo de desplazamiento:

$$1\ 021.35\ \text{l} / 152.83\ \text{l/min} = 6.68\ \text{min}$$

Aumentando el tiempo a 7 minutos, el volumen total de aguas:

$$152.83\ \text{l/min} \times 7\ \text{min} = 1\ 069.81\ \text{l} \quad (282.61\ \text{gal})$$

4) Enjuague final. De la tabla 4.1, el flujo de enjuague es 200.51 l/min/m^3 ($1.5 \text{ gal/min/pie}^3$) de resina, usando un volumen total de $10\ 025.63 \text{ l/m}^3$ (75 gal/pie^3) de agua.

Flujo de enjuague:

$$200.51 \text{ l/min/m}^3 \times 2.26 \text{ m}^3 = 453.15 \text{ l/min} \text{ (119.72 gal/min)}$$

Cantidad de agua necesaria:

$$2.26 \text{ m}^3 \times 10\ 025.63 \text{ l/m}^3 = 22\ 658 \text{ l} \text{ (5 986.26 gal)}$$

Tiempo de enjuague:

$$22\ 658 \text{ l} / 453.15 \text{ l/min} = 50 \text{ min}$$

5.3 Tanques para ácido, sosa y agua desgasificada

Los tanques (de día) de sosa y ácido sulfúrico tendrán como mínimo capacidad para una regeneración, la capacidad del tanque de agua desgasificada será la necesaria para retro-lavar la unidad aniónica.

Los tanques de sosa y ácido sulfúrico serán de diferente capacidad y la presión de diseño será la atmosférica. El tanque de sosa cáustica tendrá un diámetro de 0.75 m (2.46 pie) y la altura de 1.0 m (3.28 pie), el de ácido sulfúrico con un diámetro de 1.1 m (3.61 pie) y altura de 1.15 m (3.77 pie).

El tanque de almacenamiento de agua desgasificada estará a la presión atmosférica y las dimensiones son:

Diámetro de 2.25 m (7.38 pie)

Altura de 1.4 m (4.59 pie)

La presión de diseño de las unidades primaria y secundaria es de 100 psig ; para unificar , todas las unidades tendrán la misma altura de 2.743 m (9 pie),variando únicamente los diámetros.

5.4 Columna de desorción(desgasificador)

Se diseña la columna para eliminar el bióxido de carbono(CO₂) disuelto en el agua. El empaque o relleno, son anillos rashing de cerámica de 1 pulgada.

a) Condiciones de operación

$$V_1 = 833.33 \text{ l/min (220.145 gal/min)}$$

$$T_1 = 35 \text{ °C (95 °F)}$$

$$\rho_l = 994.06 \text{ kg/m}^3 \text{ (62.06 lb/pie}^3\text{)} \text{ (11)}$$

$$\mu_l = 0.7225 \text{ cps (11)}$$

$$P_t = 0.882 \text{ atm}$$

$$H_h = 2 \text{ 090 a } 35 \text{ °C}$$

$$\rho_g = 0.992 \text{ kg/m}^3 \text{ (0.062 lb/pie}^3\text{)}$$

$$x'_a = 180 \text{ ppm como CO}_2$$

$$x'_b = 5 \text{ ppm como CO}_2$$

El flujo recomendado(30) para el agua es de 814.8 a 1 222.2 l/min/m² (20 a 30 gal/min/pie²), para el aire es de 0.015 a

0.0255 m³ normal min por 1/min de agua (2 pie³ normal min por gal/min de agua. Si se selecciona un área de 0.894 m² (9.5715 pie²) y un flujo de aire de 0.015 m³ normal/min por 1/min de agua, se obtiene el flujo de agua:

$$833.33 \text{ l/min}/0.894 \text{ m}^2 = 932.349 \text{ l/min/m}^2 \text{ (23 gal/min/pie}^2\text{)}$$

$$V_g = 833.33 \text{ l/min} \times 0.015 \text{ m}^3 \text{ normal por 1/min}$$

$$V_g = 12.468 \text{ m}^3/\text{min} \text{ (440.29 pie}^3/\text{min)}$$

$$G = 12.468 \text{ m}^3/\text{min} \times 0.992 \text{ kg/m}^3 \times 60 \text{ min/h} = 742.5 \text{ kg/h}$$

$$(1 \text{ 637.88 lb/h)}$$

$$s = 0.894 \text{ m}^2 (9.5715 \text{ pie}^2) \text{ y } D = 1.07 \text{ m (3.5 pie)}$$

$$L = (833.33 \text{ l/min} \times 994.06 \text{ kg/m}^3 \times 60 \text{ min/h}) / 1 \text{ 000 l/m}^3$$

$$L = 49 \text{ 709 kg/h (109 590 lb/h)}$$

$$L' = (49 \text{ 709 kg/h}) / 0.894 \text{ m}^2 = 55 \text{ 615 kg/h/m}^2$$

$$(11 \text{ 391 lb/h/pie}^2)$$

$$G' = (742.5 \text{ kg/h}) / 0.894 \text{ m}^2 = 831 \text{ kg/h/m}^2 (170.24 \text{ lb/h/pie}^2)$$

b) Cálculo del punto de inundación

$$L'/G' = (55 \text{ 615 kg/h/m}^2) / 831 \text{ kg/h/m}^2 = 66.91$$

$$(\rho_g/\rho_\ell)^{1/2} = (0.992/994)^{1/2} = 0.03159$$

$$(L'/G') \times (\rho_g/\rho_\ell)^{1/2} = 2.114$$

Con el valor de 2.114, de la fig 21-5 (32), se obtiene:

$$\frac{G'_c{}^2 a_v \mu_\ell^{0.2}}{g_c \epsilon^3 \rho_g \rho_\ell} = 0.008 \quad 62.3/\rho_\ell$$

$$G'_c{}^2 = \frac{0.008 g_c \epsilon^3 \rho_g \rho_\ell^2}{62.3 a_v \mu_\ell} \dots\dots\dots 1$$

$$\epsilon = 0.73 ; \quad \epsilon^3 = 0.389$$

$$a_v = 58 \text{ pie}^2/\text{pie}^3$$

$$\rho_L^2 = 3851.44$$

$$\mu^{0.2} = 0.937$$

Sustituyendo los valores en la ec. 1 , se obtiene el valor de G_L' :

$$G_L'^2 = \frac{(0.008 \times 4.17 \times 0.389 \times 0.062 \times 3 \ 851.44 \times 10^8)}{58 \times 0.937 \times 62.5} = 57 \ 409.714$$

$$G_L' = 239.6 \text{ lb/h/pie}^2 \ (1 \ 172.3 \text{ kg/h/m}^2)$$

$$\% \text{ inundación} = 831 \times 100 / 1 \ 172.3 = 71\%$$

En la práctica el porcentaje de inundación para empaque de anillos "rashing" es de 60 a 90 % (11); pero cuando $V_L = 416$ l/min (110 gal/min), la inundación corresponde a un 50 %.

ε) *Balace de materia*

La solubilidad del CO_2 en el agua sastisface la Ley de - Henry. La relación de equilibrio es (11) :

$$p = H_h(x) = 2090x \quad \dots\dots\dots 2$$

$$y = p/P_t \quad \dots\dots\dots 3$$

La concentración de CO_2 en el agua es muy baja, por eso es más práctico trabajar en ppm, es decir, fracción en peso. Para soluciones diluídas las fracciones molares son iguales a las razones molares, y las fracciones en peso a las razones en peso(10), por tanto:

$$x = x^i (M_L/M_c) \quad \dots\dots\dots 4$$

Sustituyendo la ec 2 en la ec 3 :

$$y = 2\,090\,x / P_x$$

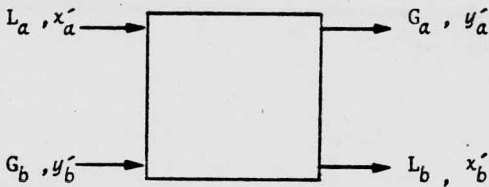
$$y = 2\,090\,x / 0.822$$

$$y = 2\,542.57\,x \dots\dots\dots 5$$

Sustituyendo la ec 4 en la ec 5 :

$$y = 2\,542.57(M_L / M_G)x' ; \quad y = 2\,542.57(18 / 44)x'$$

$$y = 1\,040x' \dots\dots\dots 6$$



$$L = L_a = L_b$$

$$G = G_a = G_b$$

$$x'_a = 180 \text{ ppm}$$

$$x'_b = 5 \text{ ppm}$$

La fracción volumétrica del CO₂ en el aire atmosférico es aproximadamente de $y_b = 0.0003$

$$y'_b = y_b(M_c / M_g)$$

Balance total de soluto en la columna empacada

$$G'(y'_a - y'_b) = L'(x'_a - x'_b) \dots\dots\dots 8$$

Depejando y'_a de la ec 8 :

$$y'_a = (x'_a - x'_b) L' / G' + y'_b \dots\dots\dots 9$$

$$y'_b = 0.0003 (44 / 29) = 0.000455$$

Sustituyendo valores en la ec 9, se encuentra el valor de y'_a :

$$y'_a = (180 - 5)(66.91 \times 10^{-6}) + 0.000455$$

$$y'_a = 0.0121642$$

d) *Cálculo del número de unidad de transferencia*

Por definición, el número de unidades globales de transferencia referido a la fase líquida es:

$$NUT_{\ell} = \int_{x_b}^{x_a} \frac{dx}{x - x^*} = \int_{x'_b}^{x'_a} \frac{dx'}{x' - x'^*} \quad (10) \dots\dots\dots 10$$

Con la ec 10 se puede hacer un cálculo aproximado del NUT_{ℓ} ; pero usando la fuerza impulsora media logarítmica, se obtiene un valor más exacto:

$$NUT_{\ell} = (x'_a - x'_b) / (x' - x'^*)_{m\ell} \dots\dots\dots 11$$

$$(x' - x'^*)_{m\ell} = \frac{(x' - x'^*)_a - (x' - x'^*)_b}{\ln (x' - x'^*)_a / (x' - x'^*)_b} \dots\dots 12$$

$$y' = y(M_c / M_g) \dots\dots\dots 13$$

Para soluciones diluidas la relación de equilibrio se expresa sustituyendo la ec 13 en la ec 6:

$$y' = 1\,040(M_c / M_g) x' ; y' = 1\,040(44 / 29) x'$$

$$y' = 1\,578 x' \dots\dots\dots 14$$

En la base de la columna $y' = 0.000455$

de la ec 14, se conoce el valor de x'_b :

$$x'_b = y'_b / 1\,578 ; \quad x'_b = 455 \times 10^{-6} / 1\,578$$

$$x'_b = 0.288 \text{ ppm}$$

$$(x' - x'^*)'_b = 5 - 0.288 = 4.712 \text{ ppm}$$

En la parte superior de la columna $y'_a = 0.012164$, por tanto:

$$x'^*_a = 0.012164 / 1\,578 = 7.708 \text{ ppm}$$

$$(x' - x'^*)'_a = 180 - 7.708 = 172.29 \text{ ppm}$$

Sustituyendo valores en la ec 12 :

$$(x' - x'^*)_{mL} = \frac{172.29 - 4.712}{\ln(172.29 - 4.712)}$$

$$(x' - x'^*)_{mL} = 46.54 \text{ ppm}$$

Sustituyendo valores en la ec 11 :

$$NUT_\ell = (180 - 5) / 46.54$$

$$NUT_\ell = 3.761$$

e) *Cálculo de la altura de la unidad de transferencia*

La ecuación de VIVIAN and WITNEY (10) es válida para anillos del tamaño de una pulgada.

$$H_\ell = 0.0848 (L')^{0.18} \quad L' \text{ en kg/h/m}^2$$

$$H_\ell = 0.0848 (55\,615)^{0.18}$$

$$H_\ell = 0.6076 \text{ m (1.99 pie)}$$

f) *Altura empacada*

$$z = NUT_\ell \times H_\ell ; \quad z = 3.761 \times 0.6076$$

$$z = 2.285 \text{ m (7.498 pie)}$$

g) Cálculo de la pérdida de presión

Para anillos rashing de una pulgada, la pérdida de presión se calcula de la siguiente forma:

$$\Delta P/z = (32.1 \times 10^{-8}) (10^{0.00434} L' / \rho_L) (G'^2 / \rho_g)$$

donde,

$$L', G' \text{ en lb/h/pie}^2$$

$$\rho_L, \rho_g \text{ en lb/pie}^3$$

$$z \text{ en pie}$$

$$\Delta P \text{ en lb/pie}^2$$

$$\Delta P/z = (32.1 \times 10^{-8}) (10^{(0.00434 \times 11\,391/62.06)}) ((170.24)^2 / 0.062)$$

$$\Delta P/z = 0.9393 \quad ; \quad \Delta P = 0.9393 \times 7.498$$

$$\Delta P = 0.0489 \text{ lb/pulg}^2 (3.44 \text{ cm de H}_2\text{O})$$

h) Cálculo de la potencia requerida del soplador

$$\text{HP} = \frac{\Delta P \times V_g}{33\,000 \times \eta}$$

donde,

$$\Delta P \text{ en lb/pie}^2$$

$$V_g \text{ en pie}^3/\text{min}$$

$$\eta = 0.60$$

$$\text{HP} = (7.043 \times 440.29) / (33\,000 \times 0.60)$$

$$\text{HP} = 0.16$$

Se necesita un soplador con una potencia de 1/4 de HP.

5.5 Cambiador de calor

El cambiador de calor se diseña para calentar el agua de dilución de sosa cáustica. Es de doble tubo; el diámetro del tubo exterior de 6.35 cm (2.5 pulg) y el del tubo interior de 3.175 cm (1.25 pulg) con flujos a contracorriente.

a) Condiciones de operación

1) Agua

$$q = 51.1 \text{ l/min (13.5 gal/min)}$$

$$w = 3\ 050 \text{ kg/h (6\ 720 lb/h)}$$

$$t_1 = 30 \text{ °C (86 °F)}$$

$$t_2 = 48.9 \text{ °C (120 °F)}$$

$$t_m = 37.8 \text{ °C (103 °F)}$$

$$c_p = 0.9987 \text{ Cal/g/°C (Btu/lb/°F) (11)}$$

$$\rho_l = 0.995 \text{ g/cm}^3 \text{ (62 lb/pie}^3\text{) (11)}$$

$$v_l = 88.39 \text{ cm/seg (2.9 pie)}$$

2) Vapor

$$T_1 = 225 \text{ °C (437 °F)}$$

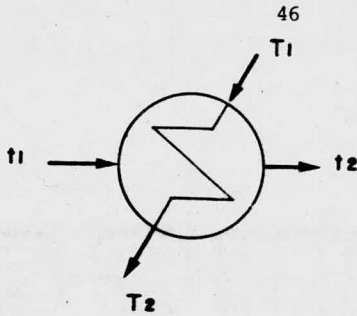
$$T_2 = 190 \text{ °C (374 °F)}$$

$$T_m = 207.5 \text{ °C (405.5 °F)}$$

$$C_p = 0.463 \text{ Cal/g/°C (Btu/lb/°F) (11)}$$

$$\rho_v = 0.854 \text{ g/cm}^3 \text{ (53.2 lb/pie}^3\text{) (11)}$$

$$Q = Q_1 = Q_2$$



b) Balance de calor

$$Q_1 = w c_p (t_2 - t_1)$$

$$Q_1 = (3.05 \times 10^6 \text{ g/h})(0.9987 \text{ Cal/g/}^\circ\text{C})(48.9 \text{ }^\circ\text{C} - 30 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$Q_1 = 57.57 \text{ Cal/h (22.78 Btu/h)}$$

$$Q_2 = W C_p (T_1 - T_2) ; \quad W = Q_2 / C_p (T_1 - T_2)$$

$$T_1 - T_2 = 225 \text{ }^\circ\text{C} - 190 \text{ }^\circ\text{C} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

como $Q_1 = Q_2$, entonces;

$$W = (57.57 \times 10^6) / (0.463 \times 35)$$

$$W = 3\,540 \text{ kg/h (7\,820 lb/h)}$$

c) Cálculo del LMTD

$$\text{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln (T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)}$$

$$T_1 - t_2 = 225 \text{ }^\circ\text{C} - 48.9 \text{ }^\circ\text{C} = 176 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 - t_1 = 190 \text{ }^\circ\text{C} - 30 \text{ }^\circ\text{C} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1) = 16 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{LMTD} = 16 / (\ln 176/160)$$

$$\text{LMTD} = 168 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{LMTD}(\text{°F}) = (9/5) \times \text{LMTD}(\text{°C})$$

$$\text{LMTD}(\text{°F}) = 302.4 \text{ °F}$$

d) Area de flujo anular (a_a)

$$a_a = 0.785 (D_o^2 - D_i^2)$$

$$D_i = 4.212 \text{ cm (0.1382 pie)}$$

$$D_o = 6.27 \text{ cm (0.2057 pie)}$$

$$a = 16.934 \text{ cm}^2 \text{ (0.0182 pie}^2\text{)}$$

e) Cálculo de los coeficientes de transferencia de calor

1) Coeficiente para el agua. Con la velocidad y t_m , se calcula el coeficiente de transferencia de calor h_i (5)

$$v_L = 0.884 \text{ m/seg (2.9 pie)}$$

$$t_m = 39.44 \text{ °C (103 °F)}$$

$$h_i = 3\,906.04 \text{ Cal/h/m}^2/\text{°C (800 Btu/h/pie}^2/\text{°F)}$$

Corrigiendo por diámetro del tubo de 3.175 cm (1.25 pulg), se tiene:

$$h_i = (3\,906.04 \times 10^3) (1.38/1.66)$$

$$h_i = 3\,320.145 \times 10^3 \text{ Cal/h/m}^2/\text{°C (680 Btu/h/pie}^2/\text{°F)}$$

$$h_{i0} = h (D_i/D_o)$$

$$h_{i0} = 2\,758.64 \times 10^3 \text{ Cal/h/m}^2/\text{°C (565 Btu/h/pie}^2/\text{°F)}$$

2) Coeficiente para el vapor. El coeficiente de transferencia de calor para el vapor tiene un valor de (5):

$$h_o = 7\,323.825 \text{ Cal/h/m}^2/\text{°C} \quad (1\,500 \text{ Btu/h/pie}^2/\text{°F})$$

3) Coeficiente de diseño. En el coeficiente de diseño se incluye el factor de ensuciamiento R_d . En este caso tiene valor de 0.001

$$1/U_D = 1/h_{i0} + 1/h_o + R_d$$

$$1/U = 291 \text{ Btu/h/pie}^2/\text{°F} \quad (1\,420.82 \times 10^3 \text{ Cal/h/m}^2/\text{°C})$$

f) Superficie de transferencia de calor

$$Q = U_D A_t (\text{LMTD})$$

$$A_t = Q / U_D (\text{LMTD})$$

$$A_t = (5\,740.36 \times 10^4 \text{ Cal/h}) / (1\,420 \times 10^3 \text{ Cal/h/m}^2/\text{°C}) (168 \text{ °C})$$

$$A_t = 0.241 \text{ m}^2 \quad (2.6 \text{ pie}^2)$$

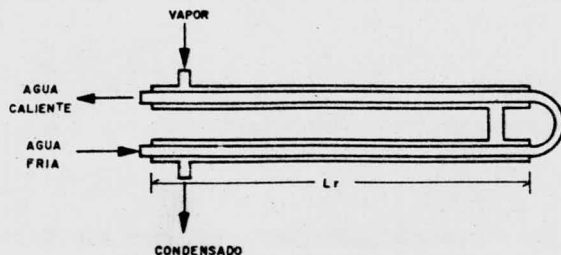
$$L_t = A_t / \pi D$$

$$L_t = 0.241 / (3.1416 \times 0.035)$$

$$L_t = 2.19 \text{ m} \quad (7.2 \text{ pie})$$

La longitud se divide en dos partes por tener el cambiador la forma de U.

$$L_h = L_t / 2 = 1.095 \text{ m} \quad (3.6 \text{ pie})$$



5.6 Cálculo de la potencia de las bombas

5.6.1 Bomba de agua cruda

La pérdida por presión a través de la resina Amberlita IR-120 en la unidad catiónica es de 0.211 kg/cm^2 (3 psi), el agua debe llegar a la torre desgasificadora a la presión de 1.007 kg/cm^2 (14.3 psi).

Datos:

$$T = 35 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (95 } ^\circ\text{F)}$$

$$\rho = 0.995 \text{ g/l (62.116 lb/pie}^3\text{)} \text{ (11)}$$

$$\mu = 0.7225 \text{ cps (11)}$$

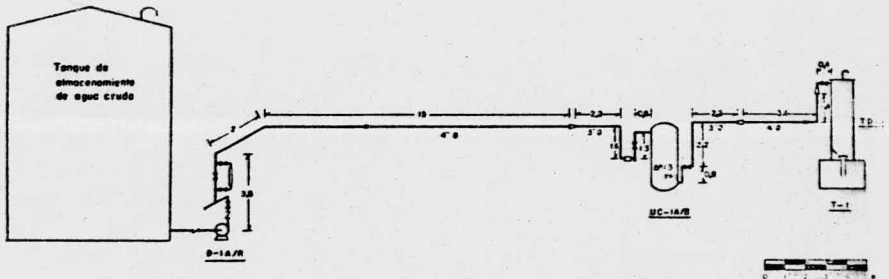


Diagrama para calcular las pérdidas que debe vencer la bomba que alimenta el agua cruda

Accesorios(7):	L/D
Codo de 90°	30 2.51
Válvula de un paso	135 42.8
T	20 6.34
T	60 19
Válvula de comp.	35 11.1
Reducción 4" a 3"	10 3.17

$$-W_f = \Delta Z(g/g_c) + \Delta P/\rho + \Delta v^2 / 2g_c + h_{ft}(7)$$

Despreciando el término $\Delta v^2/2g_c$, resulta:

$$-W_f = \Delta Z(g/g_c) + \Delta P/\rho + h_{ft}$$

$$h_{ft} = \frac{f' v^2 L_{ft}}{2 g D_i} \quad (7)$$

Tubería de 4 pulgadas

El diámetro interno de la tubería de 4 pulgadas, cédula 40, recubierta con hule, es de 0.317 pie. Y la velocidad del agua es de 3.56 pie/seg (0.96 m/seg).

$$L_{et} = L_e + L_t = 84.6 \text{ pie} + 124 \text{ pie}$$

$$L_{et} = 208.6 \text{ pie (63.58 m)}$$

Número de Reynolds

$$Re = d v \rho / \mu ; R_e = \frac{0.3355 \times 3.15 \times 62}{0.7225 \times 0.000672}$$

$$R_e = 134 \ 600$$

Conociendo el número de Reynolds, de tablas (7) se encuentra el valor del factor de fricción $f' = 0.019$

$$h_{ft} = \frac{0.019 \times 9.92 \times 208.6}{2 \times 32.17 \times 0.3355}$$

$$h_{ft} = 1.825 \text{ pie (0.556 m)}$$

Tubería de 3 pulgadas

El diámetro de la tubería de 3 pulgadas cédula 40 recubierta

con hule es de 0.235 pie La velocidad del agua es 5.43 pie/seg.

Accesorios(7):	D	L/D
9 codos de 90°	0.235	270
2T	0.235	40
3 reducciones de 4" a 3"	0.235	30

$$L_e = 0.235 \times 340 = 80\text{pie} \quad (24.39 \text{ m})$$

$$L_t = 5.10 \text{ m} + 0.80 \text{ m} + 3.10 \text{ m} + 2.20 \text{ m} = 11.20 \text{ m}$$

$$L_t = 11.60 \text{ m} \quad (38.06 \text{ pie})$$

$$L_{et} = L_e + L_t ; L_{et} = 80\text{pie} + 38.06 \text{ pie}$$

Número de Reynolds:

$$R_e = d v \rho / \mu ; R_e = (0.235 \times 5.43 \times 62.116) / (0.7225 \times 0.000672)$$

$$R_e = 163 \ 254$$

Por tanto, el valor del factor de fricción es(7), $f' = 0.019$

$$h_{f2} = (0.019 \times 41.3 \times 118) / (2 \times 32.17 \times 0.235)$$

$$h_{f2} = 6.12 \text{ pie} \quad (1.92 \text{ m})$$

La pérdida por fricción a través de cada válvula de diafragma es de (31)

1 psi. Se considera una pérdida de 3 psi por los medidores de flujo.

Las pérdidas por fricción a través de válvulas, medidores y unidad catiónica son:

$$h_{f3} = 3 \text{ psi} + 3 \text{ psi} + 3 \text{ psi}$$

$$h_{f3} = 20.8 \text{ pie} \quad (6.34 \text{ m})$$

$$\Delta P / \rho = (14.3 \text{ lb/pulg}^2) \times (144 \text{ pulg}^2/\text{pie}^2) / (62 \text{ lb/pie}^3)$$

$$\Delta P / \rho = 33.3 \text{ pie (10.15 m)}$$

$$h_{ft} = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} ; h_{ft} = 1.825 \text{ pie} + 6.0 \text{ pie} + 20.8 \text{ pie}$$

$$h_{ft} = 28.75 \text{ pie (8.7 m)}$$

Carga dinámica:

$$\Delta P / \rho + h_{ft} = 62.05 \text{ pie (18.8 m)}$$

Carga estática:

$$Z(g/g_c) = 5.4 \text{ m (17.75 pie)}$$

$$-W_f = \Delta P / \rho + Z(g/g_c) + h_{ft}$$

$$-W_f = 80 \text{ pie (24.37 m)}$$

Potencia al freno:

$$\text{bHP} = \frac{Q \times W_f \times Sg}{3\,960 \times \eta_m}$$

donde,

$$Q \quad \text{gal/min}$$

$$W_f \quad \text{pie}$$

$$\eta_m \quad 0.70$$

$$\text{bHP} = (125 \times 80 \times 0.995) / (3\,960 \times 0.7)$$

$$\text{bHP} = 3.6 \text{ HP}$$

La bomba de agua cruda tiene una potencia de 5 HP .

5.6.2 Bomba de transferencia de agua desgasificada

Una de las condiciones que se deben satisfacer es que el efluente de agua de la planta salga a la presión de 2 kg/cm^2 .

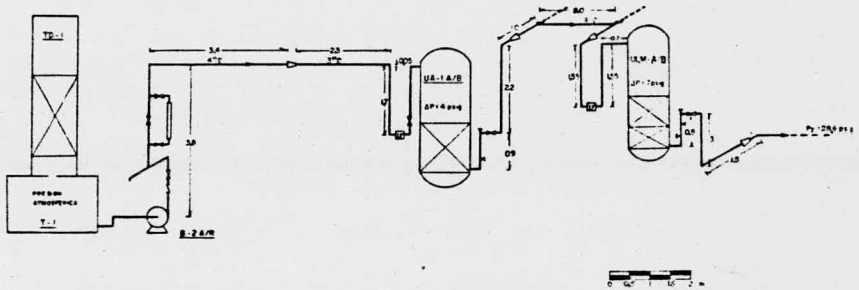


Diagrama para calcular las pérdidas que debe vencer la bomba que transfiere el agua desgasificada

Tubería de 4 pulgadas

El diámetro interno de la tubería de 4 pulgadas cédula 40 recubierta con hule es de (17) 0.315 pie. La velocidad del agua es de 3.56 pie/seg .

Accesorios(7):	D	L/D
2 codos de 90°	0.315	60
5 T	0.315	100
1 válvula de un paso	0.315	135

$$L_e = 0.315 \times 295$$

$$L_e = 93 \text{ pie} (28.34 \text{ m})$$

$$L_t = 3.80 \text{ m} + 3.40 \text{ m} + 2.00 \text{ m}$$

$$L_t = 9.2 \text{ m} (30.2 \text{ pie})$$

$$L_{et} = L_t + L_e$$

$$L_{et} = 123.2 \text{ pie}(37.54 \text{ m})$$

Número de Reynolds

$$R_e = (0.315 \times 3.56 \times 62) / (0.7225 \times 0.000672)$$

$$R_e = 142\,500$$

Conociendo el número de Reynolds, se obtiene el factor de fricción(7)

$$f' = 0.01965 .$$

$$h_{f1} = (0.01965 \times 12.7 \times 123.2) / (2 \times 32.17 \times 0.315)$$

$$h_{f1} = 1.53 \text{ pie}(0.466 \text{ m})$$

Tubería de 3 pulgadas

El diámetro interno de la tubería de 3 pulgadas cédula 40 recubierta de hule es de 0.235 pie. La velocidad del agua es de 5.425 pie/seg.

Accesorios(7):	D	L/D
13 codos de 90°	0.235	390
7 T	0.235	140
4 reducciones de 4" a 3"	0.235	40

$$L_e = 0.235 \times 570$$

$$L_e = 134 \text{ pie}(40.83 \text{ m})$$

$$L_t = 2.3 \text{ m} + 1.75 \text{ m} + 1.7 \text{ m} + 0.80 \text{ m} + 0.90 \text{ m} + 2.20 \text{ m} + 1 \text{ m} + 1 \text{ m} + \\ 1.55 \text{ m} + 1.55 \text{ m} + 0.65 \text{ m} + 0.80 \text{ m} + 1.30 \text{ m} + 1.50 \text{ m}$$

$$L_t = 19.00 \text{ m (62.3 pie)}$$

$$L_{et} = L_e + L_t$$

$$L_{et} = 196.3 \text{ pie (59.81 m)}$$

Número de Reynolds

$$R_e = d v \rho / \mu ; R_e = (0.235 \times 5.425 \times 62) / (0.7225 \times 0.000672)$$

$$R_e = 163 \ 254$$

Conociendo el R_e , se conoce el factor de fricción $f' = 0.019$ (7)

$$h_{f2} = (0.019 \times 29.43 \times 196.3) / (2 \times 32.17 \times 0.235)$$

$$h_{f2} = 72.6 \text{ pie (2.21 m)}$$

Se tienen 5 válvulas de diafragma, por tanto, una pérdida de 5 psi . En la unidad aniónica la pérdida de presión es 4 psi , en la de lecho mixto es de 7 psi y se estima una pérdida de presión de 3 psi a través de los medidores de flujo.

$$h_{f3} = 5 \text{ psi} + 4 \text{ psi} + 7 \text{ psi} + 3 \text{ psi}$$

$$h_{f3} = 43.8 \text{ pie (13.34 m)}$$

$$h_{ft} = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3}$$

$$h_{ft} = 55.83 \text{ pie (17.01 m)}$$

$$\Delta P/\rho = (28.6 \text{ lb/pulg}^2) \times (144 \text{ pulg}^2 / \text{nie}^2) / (62 \text{ lb/pie}^3)$$

$$\Delta P/\rho = 66.3 \text{ pie (20.2 m)}$$

Carga dinámica:

$$\Delta P/\rho + h_{ft} = 122.13 \text{ pie (37.21 m)}$$

Carga estática:

$$Z(g/g_c) = 3.8 \text{ m (12.45 pie)}$$

$$-W_0 = \Delta P/\rho + Z(g/g_c) + h_{ft}$$

$$-W_0 = 134.58 \text{ pie (41.01 m)}$$

Potencia al freno:

$$\text{bHP} = (125 \times 134.58 \times 0.995) / (3\,960 \times 0.70)$$

$$\text{bHP} = 6.04$$

La bomba de transferencia de agua desgasificada tendrá una potencia de 6 HP .

5.6.3 Bomba para ácido sulfúrico

La velocidad recomendada para el ácido sulfúrico es de 4 pie/seg. Para un gasto de 5.863 gal/min se selecciona la tubería de 3/4 de pulgada de diámetro y resulta una velocidad de 3.52 pie/seg. El fluido a transportar es ácido sulfúrico diluido al 30 por ciento.

Condiciones de operación:

$$D_c = 0.824 \text{ pulg (0.0687 pie)}$$

$$T = 25 \text{ °C (77 °F)}$$

$$Sg = 1.2185 \text{ (11)}$$

$$\rho = 76.069 \text{ lb/pie}^3$$

$$\mu = 2 \text{ cps (11)}$$

$$R_e = 13\,687$$

Conociendo el R_e , se encuentra el valor del factor de fricción(7) igual a 0.0334

$$h_{f1} = \frac{f' v^2 L_{et}}{2 g D} ; h_{f1} = (0.0334 \times 12.39 \times 46.55) / (2 \times 32.17 \times 0.0687)$$

$$h_{f1} = 4.36 \text{ pie}(1.33 \text{ m})$$

Las pérdidas por fricción a través de válvulas y medidor de flujo son de 3 y 1.5 psi respectivamente.

$$h_{f2} = (3 + 1.5) \text{ psi} \times 2.31 \text{ pie de H}_2\text{O} / \text{psi}$$

$$h_{f2} = 10.4 \text{ pie}(3.17 \text{ m})$$

$$h_{ft} = h_{f1} + h_{f2}$$

$$h_{ft} = 14.76 \text{ pie}(4.5 \text{ m})$$

$$\Delta P/\rho = (10 \text{ lb/pulg}^2) \times (144 \text{ pulg}^2/\text{pie}^2) / (76.069 \text{ lb/pie}^3)$$

$$\Delta P/\rho = 18.93 \text{ pie}(5.77 \text{ m})$$

$$Z(g/g_c) = 3.8 \text{ m}(12.45 \text{ pie})$$

$$-W_f = \Delta P/\rho + Z(g/g_c) + h_{ft}$$

$$-W_f = 46.14 \text{ pie}(14.06 \text{ m})$$

$$\text{bHP} = \frac{Q \times W_f \times S_g}{3\,960 \times \eta_m} ; \text{bHP} = \frac{5.863 \times 46.14 \times 1.2185}{3\,960 \times 0.7}$$

$$\text{bHP} = 0.12$$

La potencia requerida para la bomba de ácido sulfúrico es de 1/4 HP .

5.6.4 Bomba para sosa cáustica

La velocidad recomendada para sosa cáustica es de 6 pie/seg. Se tiene un gasto de 1.48 gal/min, por tanto, se selecciona una tubería de 1/4 de pulgada y la velocidad de la sosa cáustica es de 4.576 pie/seg. La sosa cáustica fluye a la concentración del 30 por ciento.

Condiciones de operación:

$$D_i = 0.0303 \text{ pie}$$

$$T = 25 \text{ }^\circ\text{C} (77 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$S_g = 0.9918 \text{ (11)}$$

$$\rho = 82.69 \text{ lb/pie}^3$$

$$\mu = 8.5 \text{ cps (11)}$$

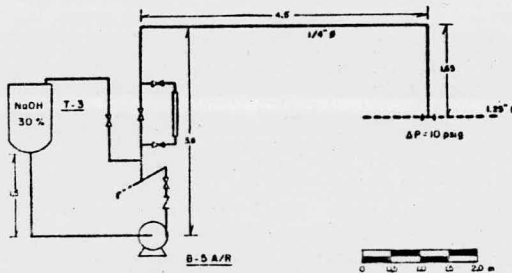


Diagrama para calcular las pérdidas que debe vencer la bomba que alimenta la sosa cáustica

Accesorios(7):	D	L/D
3 codos de 90°	0.0303	90
1 T	0.0303	20
1 T	0.0303	60
1 válvula de un paso	0.0303	135

$$L_e = 0.0303 \times 305$$

$$L_e = 9.24 \text{ pie} (2.82 \text{ m})$$

$$L_t = 3.80 \text{ m} + 4.5 \text{ m} + 1.65 \text{ m}$$

$$L_t = 9.95 \text{ m} (32.6 \text{ pie})$$

$$L_{et} = L_e + L_t$$

$$L_{et} = 41.84 \text{ pie} (12.75 \text{ m})$$

Número de Reynolds:

$$R_e = d v \rho / \mu ; R_e = (0.0303 \times 4.576 \times 82.69) / (8.5 \times 0.000672)$$

$$R_e = 2007$$

Conociendo el R_e , se encuentra el valor del factor de fricción

$$f' = 0.0319$$

$$h_{f1} = \frac{f' v^2 L_{et}}{2 g D_i} ; h_{f1} = \frac{0.0319 \times 20.94 \times 41.84}{2 \times 32.17 \times 0.0303}$$

$$h_{f1} = 143.4 \text{ pie} (4.37 \text{ m})$$

Si se tienen 3 válvulas de diafragma y un medidor de flujo, la pérdida por fricción es de 3 y 1.5 psi respectivamente.

$$h_{f2} = (4.5 \text{ lb/pulg}^2) \times (2.3 / \text{pie/lb/pulg}^2)$$

$$h_{f2} = 10.4 \text{ pie} (3.17 \text{ m})$$

$$h_{ft} = h_{f1} + h_{f2}$$

$$h_{ft} = 24.74 \text{ pie} (7.54 \text{ m})$$

$$\Delta P/\rho = (10 \text{ lb/pulg}^2) \times (144 \text{ pulg}^2/\text{pie}^2) / (82.69 \text{ lb/pie}^3)$$

$$\Delta P/\rho = 17.41 \text{ pie} (5.31 \text{ m})$$

$$Z(g/g_c) = 3.80 \text{ m} + 1.50 \text{ m}$$

$$Z(g/g_c) = 5.3 \text{ m} (17.39 \text{ pie})$$

$$-W_f = \Delta P/\rho + Z(g/g_c) + h_{ft}$$

$$-W_f = 59.54 \text{ pie} (18.15 \text{ m})$$

Carga dinámica:

$$\Delta P/\rho + h_{ft} = 42.15 \text{ pie} (12.85 \text{ m})$$

Carga estática:

$$Z(g/g_c) = 5.3 \text{ m} (17.39 \text{ pie})$$

Potencia al freno:

$$bHP = \frac{Q \times W_f \times Sg}{3\,960 \times \eta_m} ; \quad bHP = \frac{1.48 \times 59.54 \times 0.9918}{3\,960 \times 0.70}$$

$$bHP = 0.03$$

La potencia requerida para la bomba de sosa cáustica es de 1/4 HP .

5.6.5 Bomba para la regeneración de las resinas aniónicas

Se considera que la tubería tenga de diámetro 1.25 pulgadas, por ser el mismo diámetro del tubo interior del cambiador. La velocidad calculada para un gasto de 12.65 gal/min es de 2.71 pie/seg. Estimando la temperatura media de 39.4 °C (103 °F), se calcularon las pérdidas por fricción hasta la mezcla con la sosa cáustica y para la regeneración.

Condiciones de operación:

$$D = 0.104 \text{ pie}$$

$$T = 39.4 \text{ °C} (103 \text{ °F})$$

$$R_e = d v \rho / \mu \quad ; \quad R_e = (0.104 \times 2.71 \times 61.92) / (0.7 \times 0.000672)$$

$$R_e = 37\,099$$

Conociendo el R_e , se conoce el factor de fricción (γ) $f' = 0.0265$

$$h_{f1} = \frac{f' v^2 L_{et}}{2 g D} \quad ; \quad h_{f1} = \frac{0.0265 \times 8.18 \times 128.8}{2 \times 32.17 \times 0.104}$$

$$h_{f1} = 4.17 \text{ pie}(1.27 \text{ m})$$

Pérdidas por fricción después de la T de mezcla

Cálculo de las condiciones de la solución después de la T de mezcla

Subíndices:

- 1) corresponde al agua
- 2) corresponde a la sosa cáustica al 30 por ciento

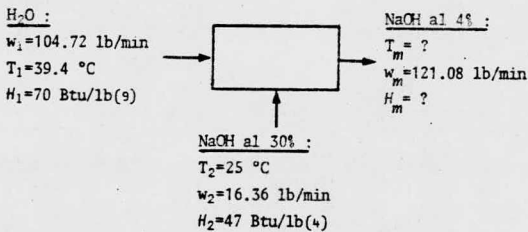
$$W_1 = (12.65 \text{ gal/min}) \times (61.92 \text{ lb/pie}^3) / (7.48 \text{ gal/pie}^3)$$

$$W_1 = 104.72 \text{ lb/min}$$

$$W_2 = (1.48 \text{ gal/min}) \times (61.92 \text{ lb/pie}^3) / (7.48 \text{ gal/pie}^3)$$

$$W_2 = 16.36 \text{ lb/min}$$

Condiciones de operación:



Para calcular las pérdidas por fricción después de la T de mezcla, se debe conocer la viscosidad de la solución que depende de la temperatura, y ésta a su vez es función de la entalpia.

Balance de entalpia:

$$W_m H_m = W_1 H_1 + W_2 H_2$$

$$H_m = \frac{(104.72 \text{ lb/min} \times 70 \text{ Btu/lb}) + (16.36 \text{ lb/min} \times 47 \text{ Btu/lb})}{121.08 \text{ lb/min}}$$

$$H_m = 66.76 \text{ Btu/lb}$$

Del diagrama "Entalpia-Concentración" para el hidróxido de sodio(4), la temperatura de la solución al 4 por ciento es de $T = 94 \text{ }^\circ\text{F}$ ($34.4 \text{ }^\circ\text{C}$). De la fig 5.2 , a la temperatura de $94 \text{ }^\circ\text{F}$ la viscosidad de la solución es:

$$0.98 \text{ cps}$$

Condiciones de operación:

NaOH al 4%

$$D_i = 0.104 \text{ pie}$$

$$T_m = 34.4 \text{ }^\circ\text{C} (94 \text{ }^\circ\text{F})$$

$$W_m = 12.08 \text{ lb/min}$$

$$H_m = 66.76 \text{ Btu/lb}$$

$$Q = 14.13 \text{ gal/min}$$

$$v = 3.03 \text{ pie/seg}$$

$$\mu_m = 0.98 \text{ cps (11)}$$

$$\rho_m = 63.88 \text{ lb/pie}^3 (11)$$

Accesorios(7):

5 codos de 90°

3 T

1 reducción (17)

$$L_e = 0.104 \times 239$$

$$L_e = 24.9 \text{ pie (7.59 m)}$$

$$L_t = 0.60 \text{ m} + 0.15 \text{ m} + 1.7 \text{ m} + 2.2 \text{ m} + 0.50 \text{ m} + 1.10 \text{ m}$$

$$L_t = 5.25 \text{ m (17.22 pie)}$$

$$L_{et} = L_e = L_t$$

$$L_{et} = 42.1 \text{ pie (12.83 m)}$$

Número de Reynolds:

$$R_e = d v \rho / \mu ; R_e = \frac{0.104 \times 3.03 \times 63.88}{0.98 \times 0.000672}$$

$$R_e = 30\,567$$

Conociendo el valor de R_e , se encuentra el valor del factor de fricción(f')

$$f' = 0.027$$

$$h_{f2} = \frac{0.027 \times 9.18 \times 42.1}{2 \times 32.17 \times 0.104}$$

$$h_{f2} = 1.56 \text{ pie (0.48 m)}$$

La pérdida por fricción a través de válvulas, unidad aniónica y medidor de flujo es 3, 4 y 1.5 psi respectivamente.

$$h_{f3} = (8.5 \text{ psi}) \times (2.31 \text{ pie/psi})$$

$$h_{f3} = 19.6 \text{ pie (5.97 m)}$$

$$h_{ft} = h_{f1} + h_{f2} + h_{f3}$$

$$h_{ft} = 25.33 \text{ pie (7.72 m)}$$

$$Z(g/g_c) = 1.85 \text{ m (6.2 ft)}$$

$$\Delta P/\rho = (10 \text{ lb/pulg}^2) \times (144 \text{ pulg}^2/\text{pie}^2)/(63.88 \text{ lb/pie}^3)$$

$$\Delta P/\rho = 22.54 \text{ pie (6.87 m)}$$

$$-W_f = \Delta P/\rho + Z(g/g_c) + h_{ft}$$

$$-W_f = 54.07 \text{ pie (16.48 m)}$$

Potencia al freno:

$$\text{bHP} = \frac{Q \times W_f \times Sg}{3\,960 \times \eta_m} \quad ; \quad \text{bHP} = \frac{14.13 \times 54.07 \times 1.023}{3\,960 \times 0.70}$$

$$\text{bHP} = 0.28$$

La potencia requerida para la bomba de regeneración de las resinas aniónicas es de 1/2 HP .

5.6.6 Compresora

La compresora produce un gasto volumétrico de 110 pie³/min de aire, que se usa para mezclar las resinas aniónica y catiónica.

Condiciones de operación:

$$V = 110 \text{ pie}^3/\text{min}$$

$$T_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C (77 }^\circ\text{F)}$$

$$P_1 = 11.9 \text{ psia}$$

$$P_2 = 30 \text{ psia}$$

La ecuación que satisface las características de operación (11) es:

$$bHP = \frac{144}{33\ 000} \left(\frac{k}{k+1} \right) (P_1 V_1 Z_1 \left((r_c)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \times \frac{1}{\eta_m})$$

donde,

k , adimensional

P_1 , lb/pulg²

r_c , adimensional

V , pie³/min

Z , adimensional

η_m , adimensional

Los valores de las variables de la ecuación son(11):

$$Z = 0.98$$

$$r_c = \frac{30}{11.9} ; r_c = 2.52$$

$$k = 1.4$$

A condiciones normales:

$$\rho_s \text{ a } 60 \text{ } ^\circ\text{F} = 0.0765 \text{ lb / pie}^3$$

$$W = (110 \text{ pie}^3/\text{min}) \times (0.0765 \text{ lb/pie}^3)$$

$$W = 8.4 \text{ lb/min}$$

Corrección de la densidad del aire por presión y temperatura:

$$\rho_1 = \frac{M}{359} \times \frac{P_1}{14.7} \times \frac{492}{460 + T_1}$$

donde,

M , lb/lb mol

P_1 , lb/pulg²

T , °F

$$\rho_1 = (29/359) \times (452/537) \times (11.9/14.7)$$

$$\rho_1 = 0.0598 \text{ lb/pe}^3$$

$$V_1 = (8.4 \text{ lb/min}) / (0.0598 \text{ lb/pe}^3)$$

$$V_1 = 140 \text{ lb/pe}^3$$

$$\text{bHP} = \frac{144}{33\,000} \times \frac{1.4}{1.4-1} (11.9 \times 140 \times 0.98) (2.52^{0.286} - 1) \frac{1}{0.80}$$

$$\text{bHP} = 9.96$$

Se requiere la compresora con una potencia de 10 HP .

6. ESTUDIO ECONOMICO Y PLANEATIVO DEL PROYECTO

Para efectos de estudio, éste capítulo se presenta en dos partes: la primera enfocada a la viabilidad para realizarlo y la segunda que planea como y cuando se llevará a cabo. La integración de ambas partes definen mas claramente el avance, y los costos que ello implica.

6.1 PRIMERA PARTE. Factibilidad financiera

El objetivo de éste capítulo es conocer, desde el punto de vista proyecto del sector público (CFE), si la planta al cabo de X tiempo de operación, recupera el capital invertido produciendo utilidades. Por tanto, es necesario hacer el análisis de la inversión desde la cotización del equipo hasta el estado financiero.

Con motivo del proceso inflacionario en que se encuentra -

actualmente el país, es difícil determinar con precisión los costos de adquisición, transporte, mano de obra, etc. De un momento a otro varían los precios. Sin embargo, para determinarlos se pueden seguir varios métodos:

- a) Evaluación económica directa; estimación con fabricantes, contratistas, etc.
- b) Evaluación económica indirecta; estimación con índices de costos (usando las características especificadas por la bibliografía especializada).
- c) Evaluación económica global de la planta o proyecto por comparación de capacidades.

En la actualidad el método que da una mejor aproximación, es el de la evaluación directa. No obstante, en casos en que se dificulta obtener información directa, se recurre a la evaluación indirecta, que conforme a cierto criterio en usarla genera buenos resultados.

El último método es demasiado global y se recomienda para darse idea de la magnitud del costo del proyecto respecto a uno en operación.

La metodología que se desarrolla, como parte del análisis financiero del proyecto, está orientada al conocimiento de las relaciones existentes entre las ventas y los gastos (método del punto de equilibrio), y de la tasa de descuento

a una cifra que considera el monto total de ingresos y gastos (método del beneficio actualizado). El desarrollo de estos métodos se hace mas adelante, conforme se obtiene la información para aplicarlos.

6.1.1 Características de los equipos y materiales

Para poder definir los costos de los equipos, antes se debe definir el material de que se harán. En el cuadro siguiente se identifican equipos y material (es) de que estarán hechos:

Equipo	Material
B-1/R	Acero al carbón, Fierro
B-2/R	Acero inoxidable, SS-316
B-3/R	Resina epóxica
B-4/R	Resina epóxica, Vitón-59
B-5/R	Resina epóxica, neopreno
CC-1	Acero inoxidable
T-1	Resina y fibra de vidrio
T-2	Resina epoxi y fibra de vidrio
T-3	Resina epoxi y fibra de vidrio
TD-1	Resina y fibra de vidrio
UA-1A/B	Resina y fibra de vidrio
UC-1A/B	Resina y fibra de vidrio
ULM-1A/B	Resina y fibra de vidrio

Con esa información y la de especificaciones de los --- equipos, se hizo la estimación; incluyendo, al obtener - información de fabricantes, el costo por transporte. Algunos equipos se cotizaron doble por los dos trenes que se tienen. La cotización de los equipos y materiales se hizo en periodo inflacionario así que, posiblemente se han incrementado los precios.

6.1.2 Cotización de los equipos

CLAVE DE EQUIPO	DESCRIPCION DEL EQUIPO	CANTIDAD (1)	COSTO/UNI- DAD M.N. (2)	*COSTO (1) X (2)
B-1A/R	Bomba de alimentación de agua cruda	2	7,500.00	15,500.00
B-2A/R	Bomba de transferencia agua desgasificada	2	35,000.00	70,000.00
B-3A/R	Bomba de regeneración de resinas	2	6,750.00	13,500.00
B-4A/R	Bomba de alimentación de H ₂ SO ₄ al 30%	2	8,500.00	17,000.00
B-5A/R	Bomba de alimentación de NaOH al 30%	2	9,500.00	19,000.00
C-1	Compresora para redistribuir resina	1	30,000.00	30,000.00
CC-1	Calentador de Agua de regeneración	1	25,000.00	25,000.00
S-1	Soplador de aire de desgasificación	1	3,500.00	3,500.00
T-1	Tanque de agua desgasificada	1	20,000.00	20,000.00
T-2	Tanque diluyente de H ₂ SO ₄	1	7,500.00	7,500.00
T-3	Tanque diluyente de NaOH	1	7,800.00	7,800.00
TD-1	Torre desgasificadora	1	32,000.00	32,000.00
UA-1A/B	Unidad Aniónica	2	29,000.00	58,000.00
UC-1A/B	Unidad Catiónica	2	29,000.00	58,000.00
ULM-1A/B	Unidad de lecho mixto	2	21,500.00	43,000.00

NUMERO T. DE EQUIPOS

23

(I) COSTO TOTAL DE EQUIPOS

\$419,800.00

* Incluye el costo por transporte (puesto en campo)

- En el precio de las bombas se incluye el del motor, acoplamiento y accesorios.

6.1.3. Cotización de internos de los equipos

DESCRIPCION	CANTIDAD (1)	COSTO/UNIDAD (2)	COSTO M.N. (1) X (2)
Resina catiónica IR-120	192 pie ³	600 /pie ³	117 000
Resina aniónica fuertemente ácida IRA-402	134 pie ³	1 800 /pie ³	243 000
Resina aniónica débilmente ácida IRA-93	48 pie ³	2 000 /pie ³	98 000
Anillos rashing de - - - 1x1x2 pulgadas	72 pie ³	8,400 /pie ³	6 100
Distribuidores y soportes			40 000
Agitadores	2	10,000.	16 000
COSTO TOTAL DE INTERNOS (II)			\$524 000

6.1.4 Cotización de tuberías, instrumentos, instalaciones y accesorios.

DESCRIPCION	COSTO M. N.
equipos instalados	210 000
Instrumentos instalados	45 000
Tubería y accesorios instalados	190 000
distribución eléctrica	40 000
Urbanización y obra civil	198 000
Ingeniería y construcción	350 000
Servicios	170 000
TOTAL DE INSTALACIONES Y SERVICIOS (III)	\$ 1203 000

La suma de los incisos anteriores genera el subtotal del activo fijo. A ese valor se le agrega un 10 por ciento por imprevistos del subtotal.

I + II + III = 2 146 800

mas 10 por ciento de imprevistos \$ 214 680

TOTAL DEL ACTIVO FIJO = 2 361 480

6.1.5 Costos de operación

Dentro de dichos costos, quedan definidos: materias primas, mano de obra, servicios, mantenimiento, supervisión, depreciación, etc.,.

Para estimar el costo anual de cada uno de esos conceptos, se hicieron las consideraciones siguientes:

Concepto	Incremento anual (%)
Materia prima	15
Mano de obra	18
Servicios	10
Mantenimiento	12
Supervisión	18

La depreciación será a 10 años y se hará por el método de la línea recta, que supone que el valor del equipo disminuye linealmente con el tiempo, será de un 10 por ciento anual de la inversión del capital.

a) Costo de materia prima y auxiliares(anual)

			M.N.
Agua	426 200 M ³	\$ 0.20/m ³	85 240
H ₂ SO ₄	438 Ton	\$ 535/Ton	234 330
NaOH	260 Ton	\$ 1 500/Ton	390 000

COSTO TOTAL DE MATERIA PRIMA 709 570

b) Costo de servicios (anual)

			M.N.
Electricidad	138 093 kw	\$ 0.35kw	48 333
Vapor	4 176 Ton	\$ 15/ Ton	62 640
Gastos de laboratorio			30 000

COSTO TOTAL DE SERVICIOS 140 972

c) Costo de mano de obra y supervisión(anual)

1) Costo de mano de obra	
2 trabajadores (operarios) a \$ 130./Día	
365 días/año	94 900
	<hr/>
Subtotal	94 900
Prestaciones 50%	47 450
	<hr/>
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA	\$142 350
2) Supervisión	
1 Supervisor a \$ 5 500./mes-12 meses/año	66 000
1 Químico a \$ 8 000./mes-365 días/año	96 000
	<hr/>
Subtotal	162 000
Prestaciones 50%	81 000
	<hr/>
COSTO DE SUPERVISION	\$243 000

Cuadro 6.1 Costos de operación

Concepto / Año	P e s o s				
	1	2	3	4	5
1) Costos variables *					
Materias primas	624 330 85 240	98 026	112 730	129 639	149 085
Materias auxiliares	624 330	717 979	825 676	949 527	1 091 957
Mano de obra	142 350	167 973	198 208	233 885	275 985
Servicios	140 972	155 069	170 576	187 634	206 397
TOTAL VARIABLES	<u>992 536</u>	<u>1 139 047</u>	<u>1 307 190</u>	<u>1 500 685</u>	<u>1 723 424</u>
2) Costos fijos **					
Mantenimiento	70 000	78 400	87 808	98 344	110 146
Depreciación	236 148	236 148	236 148	236 148	236 148
Supervisión	243 000	286 740	338 353	399 256	471 122
TOTAL FIJOS	<u>549 148</u>	<u>601 288</u>	<u>662 309</u>	<u>733 749</u>	<u>817 417</u>
COSTO TOTAL DE OPERACION	<u>1 542 040</u>	<u>1 740 335</u>	<u>1 969 499</u>	<u>2 234 434</u>	<u>2 540 841</u>

* aquellos costos directamente relacionados con la producción, que dependen solo del nivel de producción

** aquellos costos relacionados con la capacidad productiva de la empresa (depreciación, supervisión), independientes de la producción real

2'166 330

6.1.6 Análisis financiero

a) Financiamiento

El financiamiento del proyecto se va a hacer mediante un préstamo bancario, de tal manera, que se satisfagan los requisitos de crédito e interés.

El financiamiento del capital se dispone de la forma siguiente:

- se solicita el 50 por ciento de la inversión en el equipo----
(\$ 943 800), cantidad que se pagará en 10 años a un interés del 12 por ciento anual.
- se solicita , en el tiempo previsto, el 20 por ciento de la inversión total (\$ 2 361 480) para la construcción e instalación de la planta.

De lo anterior, el crédito asciende a:

$$0.50 \times 943\,800 = 471\,900$$

$$0.20 \times 2\,361\,480 = \underline{472\,296}$$

$$\text{crédito} = \$ 944\,196$$

La amortización del capital total se hará a 10 años con pagos anuales del 12 por ciento.

b) Capital de trabajo

concepto año	pesos				
	1	2	3	4	5
Efectivo	808 984	934 377	1 079 205	1 246 482	1 439 686
Producto terminado (15 días de prod.)	86 920	99 958	114 952	132 194	152 024
Materias primas (30 días)	58 320	67 068	77 128	88 697	102 002
Cuentas por pagar (60 días de m.p.)	116 641	134 137	154 258	177 396	204 006
CAPITAL DE TRABAJO	837 583	967 266	1 117 027	1 289 977	1 489 796

c) Producción

La producción es constante durante el transcurso de operación de la planta (341 137 m³/año).

Conforme a las estimaciones de inversión y gastos hechas en el estudio, se determina que el m³ de agua tratada cuesta \$6.20, para el primer año de operación. Debido al incremento anual de los gastos, se prevee un incremento anual del 15 por ciento en el valor del producto.

d) Resumen de ingresos y egresos

Cuadro 6.1.0 Resumen de costos y utilidades

Concepto	p e s o s					
	año	1	2	3	4	5
UTILIDADES						
Valor de la producción	2 115 049	2 432 307	2 797 153	3 216 726	3 699 235	
Costos fijos	549 148	601 288	662 309	733 749	817 417	
Costos variables	992 892	1 139 047	1 307 190	1 500 685	1 723 424	
Utilidad de la planta	573 009	691 972	827 674	982 289	1 158 394	
Gastos de operación	113 303	113 303	113 303	113 303	113 303	
Utilidad de operación	459 706	578 669	714 371	868 986	1 045 091	
CAJA						
Fondo de capital	2 361 480	2 361 480	2 361 480	2 361 480	2 361 480	
Capital de trabajo	837 583	967 266	1 117 027	1 289 977	1 489 706	
Capital total empleado	3 199 063	3 328 746	3 478 507	3 651 457	3 851 186	
Utilidad de operación	459 706	578 669	714 371	868 986	1 045 091	
Depreciación	236 148	236 148	236 148	236 148	236 148	
Crédito utilizado	94 419	94 419	94 419	94 419	94 419	
Total de caja	601 435	720 398	856 100	1 010 715	1 186 820	
Efectivo acumulado	601 435	720 398	856 100	1 010 715	1 186 820	
COSTOS						
FIJOS DE PLANTA	Mantenimiento	70 000	78 400	87 808	98 345	110 146
	Depreciación	236 148	236 148	236 148	236 148	236 148
	Supervisión	243 000	286 740	338 353	399 256	471 123
TOTAL DE FIJOS	549 148	601 288	662 309	733 749	817 417	

RESUMEN (continuación)

Concepto		p e s o s				
		año	1	2	3	4
VARIA- BLES DE PLANTA	Materias primas	709 507	816 005	938 406	1 079 167	1 241 042
	Mano de obra	142 350	167 973	198 208	233 885	275 985
	Servicios	140 972	155 069	170 576	187 634	206 397
TOTAL DE VARIABLES		992 892	1 139 047	1 307 190	1 500 685	1 723 424
GASTOS						
	Financieros	113 303	113 303	113 303	113 303	113 303
	TOTAL	113 303	113 303	113 303	113 303	113 303

e) Amortización

La amortización se hará a un préstamo de \$ 3 200 000, pagaderos en anualidades constantes a un interés del 12 por ciento, para liquidarse en el período de 10 años.

Cuadro 6.1.1 Amortización del capital

Año Concepto	Saldo	Amortización del capital	Interés	Anualidad
0	3 200 000			
1	3 017 651	182 349	384 000	566 349
2	2 813 319	204 232	362 117	566 349
3	2 584 580	228 739	337 610	566 349
4	2 328 392	256 188	310 161	566 349
5	2 041 460	286 932	279 417	566 349
6	1 720 098	321 362	244 987	566 349
7	1 360 173	359 925	206 424	566 349
8	957 057	403 116	163 233	566 349
9	565 568	451 489	114 860	566 349
10		505 669	60 680	566 349
TOTAL		3 200 000	2 463 489	5 663 491

f) Punto de equilibrio

El objetivo primordial de éste método, es el conocimiento en el transcurso de vida de la compañía, de los valores mínimos de producción y

valor del producto para que sea factible financieramente.

La metodología que describe el método sigue cierta secuencia matemática, la cual se describe a continuación:

Como primer paso se describe el significado de las literales usadas

V, precio de venta por unidad, \$/ton

P, producción, ton/año

CF₁, costos fijos totales, \$/año

CF₂, costos fijos sin depreciación, \$/año

CV, costos variables por unidad producida, \$/ton

GF, gastos financieros, \$/año

PE, punto de equilibrio, ton/año

M₁, precio mínimo de venta por unidad, \$/ton

M₂, precio mínimo de venta por unidad (sin depreciación),
\$/ton

La ecuación que define el punto de equilibrio* es la siguiente:

$$PE \times V = CF + (CV \times PE) + GF$$

$$PE = \frac{CF + GF}{V - CV}$$

Para calcular el precio mínimo de venta del producto, se hace con la ecuación siguiente:

$$P \times M_1 = CF + (CV \times P)$$

$$M_1 = \frac{CF + (CV \times P) + GF}{P}$$

* llamado así porque es el punto, en cualquier año, en que los ingresos se igualan a los costos.

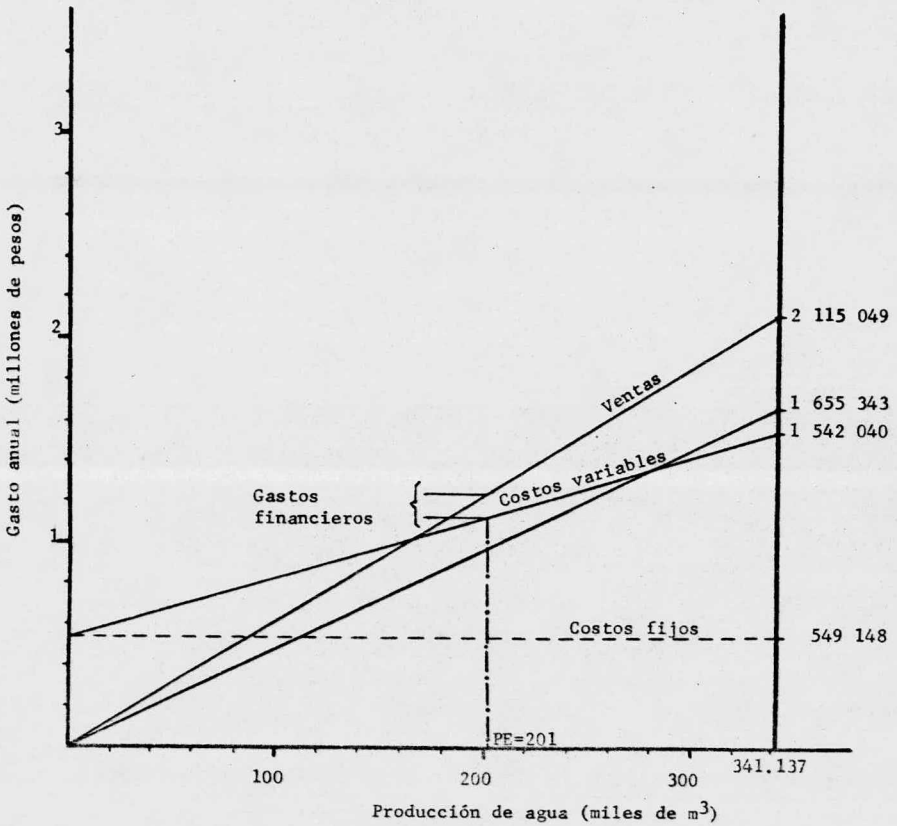
Para el cálculo del precio mínimo de venta del producto, sin tomar en cuenta la depreciación, se tiene:

$$P \times M_2 = CF_2 + (CV \times P) + GF$$

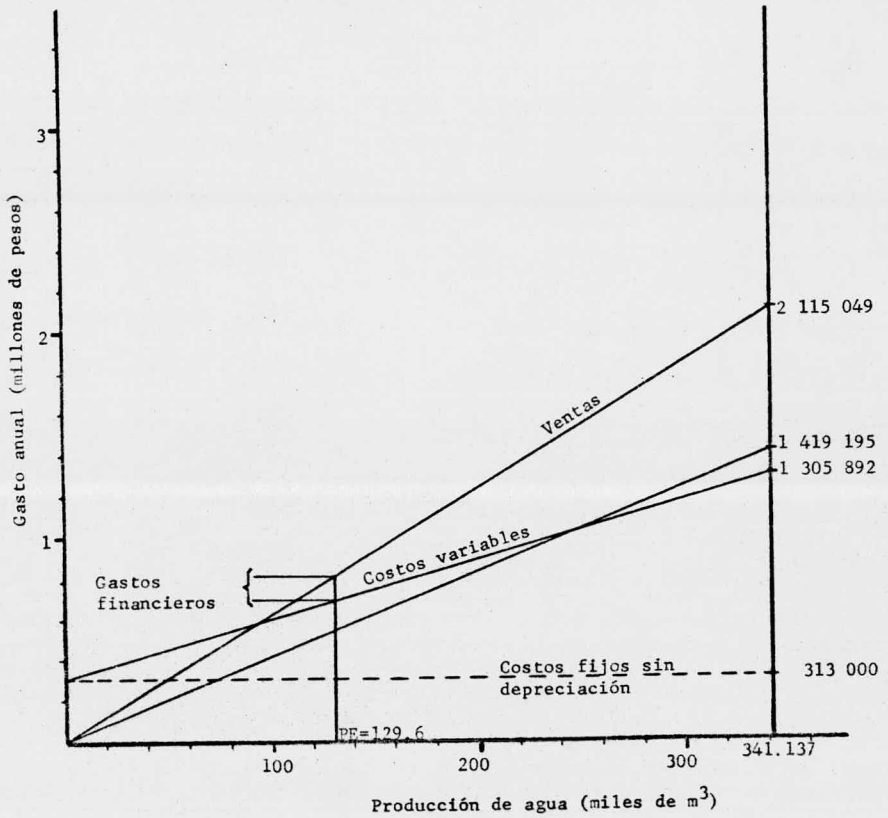
$$M_2 = \frac{CF_2 + (CV \times P) + GF}{P}$$

Se calcula el punto de equilibrio en el transcurso de los primeros cinco años de operación, para conocer cuales son los valores mínimos, tanto de producción como de producto .

En las grafs. 6.1 y 6.2 se presentan el punto de equilibrio y previsión financiera para el primer año de operación, los demás puntos se encuentran en el resumen de los puntos de equilibrio (cuadro 6.1.2).



Gráfica 6.1 Punto de equilibrio para el primer año de operación a un costo de \$ 6.20 por m³ de agua tratada



Gráfica 6.2 Punto de equilibrio (previsión financiera) para el primer año de operación

Cuadro 6.1.2 Resumen de los puntos de equilibrio para los primeros cinco años de operación:

Concepto	Año				
	1	2	3	4	5
1. Producción (m ³ /año)	341 137	341 137	341 137	341 137	341 137
2. Valor del producto (\$/m ³)	6.20	7.15	8.20	9.45	10.85
3. Punto de equilibrio (m ³ /año)	201 386	188 997	177 563	168 370	160 524
4. Valor mínimo del producto con producción total (\$/m ³)	4.85	5.45	6.10	6.85	7.80
5. Producción mínima para cubrir los costos variables (m ³ /año)	129 596	126 231	123 501	121 430	119 795
6. Valor mínimo de ingresos para cubrir costos variables (\$/año)	803 498	900 030	1 012 707	1 145 088	1 299 777
7. Valor de los ingresos mínimos sin depreciación (\$/año)	1 419 195	1 617 590	1 846 654	2 111 589	2 417 996
8. Valor mínimo del producto sin depreciación (\$/m ³)	4.15	4.75	5.40	6.20	7.10

g) Estado de pérdidas y ganancias

Cuadro 6.1.3 Estado de pérdidas y ganancias

CONCEPTO AÑO	P E S O S				
	1	2	3	4	5
Valor de la producción	2 115 049	2 432 307	2 797 153	3 216 726	3 699 235
Costo total de la producción	1 542 040	1 740 335	1 969 499	2 234 434	2 540 841
Utilidad a nivel planta	573 009	691 972	827 674	982 289	1 158 394
Gastos	113 303	113 303	113 303	113 303	113 303
Utilidad antes de impuestos	459 706	578 669	714 371	868 986	1 045 091
Impuestos	- 0 -	- 0 -	- 0 -	- 0 -	- 0 -
Utilidad Neta	459 706	578 669	714 371	868 986	1 045 091

h) Balance general proforma al primer año de operación

ACTIVO		PASIVO	
Circulante:		Circulante:	
Efectivo	808 984	Cuentas por pagar	116 641
Inventario:		Total de circulante	116 641
Materias primas	58 320	Otro pasivo	2 361 480
Producto terminado	86 920		
Total de circulante	954 224	Total de pasivo	2 478 121
Fijo:		CAPITAL	
Equipo e instalación	2 361 480	Capital social	361 435
Menos depreciación	236 148	Reserva	240 000
Total de activo fijo	2 125 332		
TOTAL DEL ACTIVO	3 079 556	TOTAL DEL PASIVO Y CAPITAL	3 079 556

i) Beneficio actualizado

Valor actualizado es la herramienta que compara diferentes evaluaciones de ingresos y gastos, reduciéndolos con el conocimiento de la tasa de descuento, a un solo valor que engloba los ingresos y gastos totales y la duración del proyecto.

La ecuación que define el beneficio actualizado (valor presente descontado o actual del proyecto) es:

$$B = -I + \frac{Y_1 - G_1}{1+i} + \frac{Y_2 - G_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Y_p - G_p}{(1+i)^p} + \dots + \frac{Y_n - G_n}{(1+i)^n}$$

$$B = \sum_{p=0}^n \frac{Y_p - G_p}{(1+i)^p} - I$$

donde las variables que la integran se definen de la manera siguiente:

I es la inversión inicial realizada en el año cero

Y_1, Y_2, \dots, Y_n son los ingresos anuales del proyecto durante los cuales se explotará

G_1, G_2, \dots, G_n son los gastos anuales de operación del proyecto, considerados solos los gastos reales

i es la tasa de actualización de la empresa

B es el beneficio actualizado después de un período n de años

Para el estudio se considera que no existen limitaciones financieras, es decir, la aplicación de este método supone la existencia de un mercado perfecto de capital que satisfaga las condiciones siguientes:

- en cualquier momento hay una tasa uniforme i , que está determinada por la oferta y demanda de capital

Cuadro 6.1.4 Evaluación económica del proyecto por el método Costo-Beneficio

concepto	año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS			2 115 049	2 432 307	2 797 153	3 216 726	3 699 235	4 254 120	4 892 238	5 626 073	6 469 986	7 440 482
COSTOS DE OPERACION												
Materia prima			85 240	98 026	112 730	129 639	149 085	171 448	197 165	226 740	260 751	299 864
Materias auxiliares			624 330	717 979	825 676	949 528	1 091 957	1 235 751	1 444 113	1 660 730	1 909 840	2 196 316
Mano de obra			142 350	167 973	198 208	233 886	275 985	325 662	384 281	453 452	535 074	631 387
Servicios			140 972	155 069	170 576	187 634	206 397	227 037	249 740	274 715	302 186	332 405
Mantenimiento			70 000	78 400	87 808	98 345	110 146	123 364	138 168	154 748	173 317	194 115
Supervisión			243 000	286 740	338 353	399 257	471 123	555 925	655 992	774 070	913 403	1 077 815
TOTAL			1 305 892	1 504 187	1 733 351	1 998 289	2 304 693	2 659 187	3 069 459	3 544 455	4 094 574	4 731 902
Utilidad bruta			809 157	928 120	1 063 822	1 218 437	1 394 542	1 594 933	1 822 779	2 081 618	2 375 410	2 708 580
Depreciación			236 148	236 148	236 148	236 148	236 148	236 148	236 148	236 148	236 148	236 148
Utilidad neta			573 009	691 972	827 674	982 289	1 158 394	1 358 785	1 586 631	1 845 470	2 139 262	2 472 432
Cargos por interés			431 685	407 085	379 534	348 676	314 116	275 410	232 058	183 503	129 123	68 215
Utilidad antes de impuesto			141 324	284 887	448 140	636 613	844 278	1 083 375	1 354 573	1 661 967	2 010 139	2 404 217
Utilidad después de impuesto			141 324	284 887	448 140	636 613	844 278	1 083 375	1 354 573	1 661 967	2 010 139	2 404 217
Flujo de efectivo			377 472	521 035	684 288	869 761	1 080 426	1 319 523	1 590 721	1 898 115	2 246 287	2 640 365
Erogaciones de capital			---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Flujo total de efectivo			377 472	521 035	684 288	869 761	1 080 426	1 319 523	1 590 721	1 898 115	2 246 287	2 640 365
Préstamo de capital		3 200 000	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Amortización			182 349	204 232	228 739	256 188	286 932	321 362	359 925	403 116	451 489	505 669
Generancias o Pérdidas			195 123	316 803	455 549	613 573	793 494	998 161	1 230 796	1 494 999	1 794 798	2 134 696
VALOR PRESENTE NETO AL 12 POR CIENTO			0,893	0,797	0,712	0,636	0,567	0,507	0,452	0,404	0,361	0,322
BENEFICIO ACTUALIZADO			174 245	252 492	324 351	390 232	449 911	506 067	556 320	603 979	647 922	687 372

- a una tasa i , existente en el mercado, siempre es posible obtener crédito para cualquier cantidad

En tales condiciones, se selecciona la tasa de interés del mercado como tasa de actualización, considerando para objeto del estudio una tasa del 12 por ciento.

Es conveniente aclarar, que para el cálculo del beneficio actualizado se suponen conocidos ciertos datos: ingresos y gastos de inversión y operación, el tiempo que abarcan las estimaciones y la tasa de actualización.

6.1.7 Análisis económico del proceso de generación eléctrica (termoeléctrica)

El análisis del proceso de desmineralización como una de las partes del proceso de generación eléctrica, tiene mejor representatividad que aislándolo del proceso total. De esa forma se hace la separación del proceso de generación eléctrica (plantas termoeléctricas) en tres etapas:

- desmineralización del agua (unidad de tratamiento)
- generación de vapor (caldera y servicios)
- generación de electricidad (turbogenerador)

Cada una de las etapas se analiza separadamente conforme a sus características de operación, representándose en la tabla 6.1. Además, se hace el análisis del proceso total, y se representa en esa misma tabla.

TABLA 6.1 Análisis económico de las etapas que integran el proceso de generación eléctrica

Etapa Concepto	Características de proceso	Inversión total (\$)	Ingresos anuales promedio (\$)	Gastos anuales promedio (\$)	Periodo de recuperación (años)
1. Unidad desmineralizadora	832 l/min	3 200 000	4 294 337	2 695 599	2.0
2. Unidad generadora de vapor	P= 174 kg/cm ² T= 538 °C Prod=687 500 kg/h	259 000 000	18 000 000	12 500 000	4.0
3. Unidad generadora de energía eléctrica	Prod= 300 MWH	212 000 000	39 500 000	19 000 000	1.0
4. Unidad completa (1 + 2 + 3)		475 000 000	40 000 000	19 000 000	2.0

6.1.8 Resultado de la evaluación económica

- Del cuadro 6.1.2, los puntos de equilibrio (PE) representan la producción mínima de producto anualmente para cubrir los costos totales.

El punto 4 representa valor mínimo del producto a una producción total, para cubrir los costos anuales totales.

Los puntos 5 y 6 significan la producción y valor mínimos de ingresos para cubrir los costos variables, disminuyendo -- esos valores la empresa se verá en la necesidad de cerrar.

Los puntos 7 y 8 son los ingresos y valor mínimos para cubrir los costos totales, excluyendo la depreciación. Disminuyendo esos valores la empresa no alcanza a cubrir sus costos y, la empresa tiene que dejar de operar.

- Del cuadro 6.1.4 , el beneficio actualizado a un VPN del 12 por ciento, es positivo $B = 4\ 592\ 891$. Por tanto, la relación B / I es mayor que la unidad 1.43 , por lo que, el proyecto es viable en las condiciones en que se hizo el estudio.

La consideración de que el interés del préstamo sea igual a la tasa de actualización, como un mercado financiero perfecto, se hace para conocer si es posible el proyecto en esas condiciones. Sin embargo, resulta que con una tasa de actualiza-

ción mayor, 15 por ciento, el proyecto produce beneficios.

6.2 SEGUNDA PARTE. Programación del proyecto

Antes de definir aspectos de programación, cabe mencionar que el proyecto se quiere planear usando un modelo que integre las actividades que lo constituyen; asignando tiempos, secuencias y recursos de tal manera que se plantee la forma de ejecutarlo. Aunque el manejo de esas variables son propias de la experiencia en ese campo. La idea fundamental es presentar algunos aspectos que se deben tomar en consideración para planear, programar y controlar un -- proyecto.

La planeación esta supeditada a tener conocimiento más detallado y preciso de las variables consideradas en el estudio económico, la asignación de recursos a las diferentes actividades que integran el proyecto juegan también un papel muy importante.

Todos esos factores definen claramente un proyecto, la dificultad es evaluarlos y sobre todo en situaciones inflacionarias como la actual.

En la actualidad la planeación ha jugado un papel muy importante en la industria, sobre todo en la del sector privado; debido a la optimización de los recursos. En el sector público a sido menor, porque se siguen otras políticas. Más sin embargo, en la programación y control se han tenido muy buenos resultados.

6.2.1 Aspectos generales de planeación

Por planeación de un proyecto se entiende, que es el proceso de seleccionar un método y orden dentro de todas las posibilidades y secuencias en que pueda efectuarse, señalando su forma de realización. En el desarrollo de un proyecto ésta cumple económicamente su objetivo, aunque en sí los beneficios que se obtienen de ella son:

- Organización de los proyectos
- Asignación y distribución de los recursos
- Toma de decisiones

El planear implica coordinar actividades de tal manera, que cuando se vaya a realizar una de ellas no exista otra que se lo impida.

La programación aplicada a la realización de un proyecto, es la determinación de los tiempos de ejecución de las diferentes actividades que integran un proyecto.

Siendo la planeación y la programación aspectos que deben estar constituidos para su desarrollo por conocimientos administrativos, constructivos, legales, etc., debe ser controlada por personal que satisfaga esas características

El control, es la evaluación de las decisiones después de -- que éstas se han implantado.

La programación y el control son aspectos que vienen liga-

dos a la planeación, de alterarse alguno, la planeación se ve afectada y por consecuencia las tomas de decisiones no serán las adecuadas.

La planeación debe ser un proceso continuo, que esté siempre sujeto a revisión. Ningún plan es el producto final del proceso de planear, sino un informe provisional. Es el registro de un conjunto complejo de decisiones que se complementan unas con otras y que se pueden dividir de diversas formas.

Las partes en que se pueden dividir genéricamente la planeación son tres:

- a) fines
- b) recursos
- c) realización y control

La forma en que se encuentran, es criterio propio del planeador.

Los fines para la realización de un proyecto cualesquiera que sea, se presentan con la necesidad de cumplir ciertas metas u objetivos. Plantear los objetivos que posteriormente han de convertirse en metas de la empresa.

Dentro de la planeación de los recursos deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Determinar las necesidades o exigencias
2. Planificar su adquisición o generación

3. Distribuir cuatro tipos de recursos:

- dinero
- instalaciones y equipo
- materiales, abastecimientos y servicios
- personal

En lo que corresponde a la realización, debe existir una organización preparada para encontrar deficiencias en la planeación y enfrentarse a solucionarlas. Por tanto, la organización debe desarrollar procedimientos que hagan posible comparar lo que realmente sucede con respecto a lo esperado y realizar las correcciones cuando sean necesarias.

En la fig. 6.2.1 se representa el diagrama del flujo para planear, programar y controlar un proyecto.

Además de los conceptos anteriores que integran la planeación de un proyecto, son fundamentales los estudios para la realización del proyecto los siguientes:

- mercado
- proceso
- capacidad
- Viabilidad

Sin embargo, en el desarrollo del proyecto algunos de esos estudios se encuentran perfectamente definidos; de tal manera que se satisfaga una demanda. Por tanto, la viabilidad de un proyecto con características similares descansa en los siguientes conceptos:

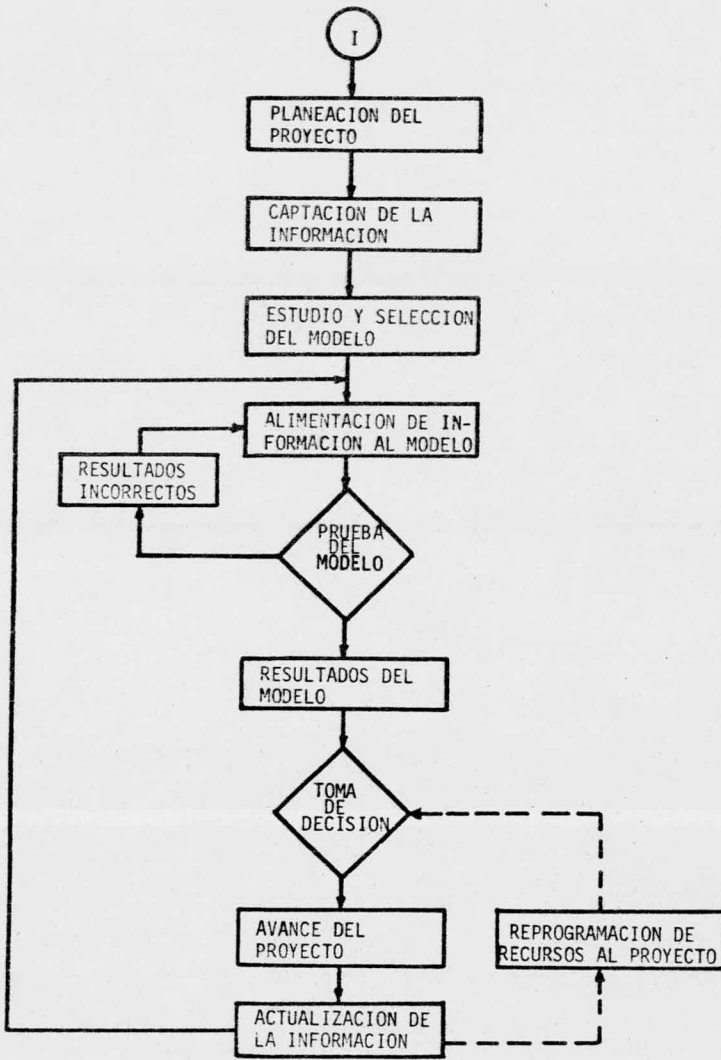


Fig 6.2.1 Diagrama de flujo para la realizacion del proyecto

1. Satisfacer las necesidades de producción para cumplir con las demandas de consumo.
2. Crear fuentes de trabajo que beneficien el medio, por que la localización de ese tipo de plantas ocasiona una tendencia a la industrialización de la región.

6.2.2 El método del camino crítico como un modelo de planeación

Se prefiere éste, por ser un modelo de planeación y control de proyectos, que determina de manera muy práctica el estado actual del proyecto y sobre todo la facilidad en su operación.

Se puede afirmar que el método del camino crítico se originó en 1957 y se debió a dos programas o métodos:

PERT (Program Evaluation and Review Technique), desarrollado por la armada de los Estados Unidos para controlar los tiempos de ejecución de las diversas actividades integrantes de los proyectos especiales.

CPM (Critical Path Method), también desarrollado en los Estados Unidos, por un centro de investigaciones; buscando el control y la optimización de los costos de operación mediante la planeación adecuada de las actividades componentes del proyecto.

El campo de acción es muy amplio, debido a su gran flexibi-

lidad y adaptabilidad a cualquier proyecto grande o pequeño.

6.2.3 Características del método del camino crítico

Este método consta de dos etapas:

- Planeación y programación
- Ejecución y control

La primera etapa consta, de la determinación del programa que define al proyecto: actividades, secuencias, duraciones, costos, etc.

La segunda etapa se define cuando se va a operar el programa: gráficas, toma de decisiones, actualizaciones, etc.,.

Existen dos tipos de representaciones en este método: 1) con actividades en las ramas y 2) con actividades en los nodos. La diferencia fundamental estriba; que en el 1) existen actividades ficticias, las cuales dificultan los cálculos entre más grande es el proyecto. En cambio en 2) se evita ese tipo de dificultad. El modelo programado que se usa, se basa en el método con actividades en los nodos o cuadros.

Para poder construir la red de precedencias y para calcular las actividades por el método del camino crítico, se deben -- cumplir ciertas características:

- i) Solamente debe existir un nodo inicial y un nodo fi--nal para cada proyecto
- ii) No debe de haber un ciclo en la red

- iii) Cuando una actividad se tenga que realizar al mismo tiempo que otra, se deben de hacer tantas actividades hasta eliminar esa posibilidad. Con eso se quiere decir, que solamente existe un tipo de relación.

Es muy importante el criterio que se tome para la construcción de la red de precedencias. Se puede llegar a demasiado detalle o generalizar en un proyecto; lo primero es bueno - porque se controla a minuciosidad, pero puede perderse el - objetivo, lo segundo es factible pero existe la posibilidad de no estar controlando nada. Para el mejor funcionamiento del método, la experiencia y los objetivos dan la pauta para tomar el criterio más adecuado.

6.2.4 APACE (Advanced Planning And Control Executive) como un modelo programado del camino crítico

En la actualidad el programa APACE se encuentra en operación en algunos centros de cómputo de varias dependencias gubernamentales (SRH, IMSS y PEMEX), que lo utilizan para planear, programar y controlar sus obras. El paquete tiene capacidad para aceptar diez mil actividades y veinticinco mil relaciones, ciento cincuenta recursos por proyecto; -- así como otras tantas cualidades.

El método de la ruta crítica ha sido mejorado al generarse este paquete, de tal manera, que algunas restricciones existentes en el método tradicional se han superado.

El sistema APACE, proporciona un control efectivo del proyecto y de la producción desde el punto de vista del tiempo y de los recursos.

a) *Descripción de los aspectos que integran una red.*

Las restricciones que se presentan en la construcción y operación de las redes al alimentarse al paquete son:

- Como en cualquier programa de ruta crítica, que solamente existan una actividad inicial y una final
- Que no deben existir ciclos de actividades
- Que deben de existir como mínimo diez actividades

Algunas de las características que presenta el modelo en su operación son:

- Que la duración de las actividades se pueden proporcionar en días o en semanas
- Que una actividad puede tener más de una predecesora y más de una sucesora
- Que los traslapes existentes entre actividades como relaciones, se pueden dar en porcentajes o en días de la sucesora o predecesora, dependiendo del caso.
- El sistema dispone de un calendario que opera con días hábiles y que puede calcular hasta los no hábiles, de--

pendiendo de la urgencia de terminar el proyecto conforme a la distribución de recursos.

Genera aproximadamente cincuenta diferentes tipos de reportes, además de un número equivalente de combinaciones de ellos. Reportes que pueden ser útiles desde nivel constructivo (contratista) hasta nivel ejecutivo (gerente).

1) Actividad

En la construcción de una red de un proyecto, también conocida como red de precedencias, la actividad se encuentra representada por un rectángulo; el cual se divide en secciones, cada una de las cuales representa una parte de la actividad - - (fig. 6.2.2)

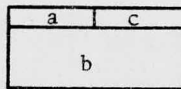


fig. 6.2.2 Representación gráfica de una actividad en donde: a representa el número, b la descripción - y c la duración.

A la actividad que sigue a otra se le llama sucesora, y a la actividad anterior a esa se le llama predecesora.

2) Relaciones

En la red de precedencia pueden existir tres tipos de relaciones, las cuales se representan por una flecha:

- i) relación fin-inicio
- ii) relación inicio-inicio
- iii) relación fin-fin

Se le llama traslape o retardo a los días que se debe atrasar o adelantar una actividad, para iniciarse una sucesora o una predecesora respectivamente. Existe un traslape total - cuando inmediatamente que se inicia o termina una actividad, se inicia o termina la otra.

i) relación fin-inicio

Cuando inmediatamente que se termina una actividad, se -- inicia la sucesora. El retardo existe cuando se desea iniciar la actividad cierto número de días después de terminada su predecesora.

ii) relación inicio-inicio

Existe esa relación cuando inmediatamente después de - iniciada la actividad predecesora se debe iniciar la sucesora. Cuando existe un retardo en este tipo de relación, viene dado en porcentaje o en días de la duración asignada a la actividad predecesora.

iii) relación fin-fin

Al haber este tipo de relaciones se interpreta, que terminada la actividad predecesora se puede terminar la sucesora. El adelanto en la terminación de la predecesora se define como porcentaje o días de la duración de la actividad sucesora.

En la fig. 6.2.3 se representan los tres tipos de relaciones que existen en el APACE

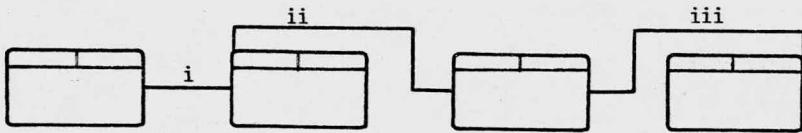


fig. 6.2.3 Representación de las relaciones en una red de precedencias

b) *Metología para el cálculo de una red*

Definidas la red, duraciones, traslapes y retardos de las actividades integrantes del proyecto, se sigue el procedimiento con los puntos siguientes:

- 1) Determinación de las fechas más próximas de inicio (FPI) y terminación (FPT) de las actividades de una red.

Si se desea conocer la fecha más próxima de inicio y terminación de una actividad, se deben de conocer las fechas de terminación de las actividades predecesoras. Por tanto, para conocer las fechas similares de todas las actividades de una red se debe conocer la fecha de inicio de la actividad inicial.

FIP = FPI

en donde,

FIP -fecha de inicio del proyecto, perfectamente definida.

FPI -fecha más próxima de inicio de la primera actividad del proyecto.

$$FPT = FPI + d$$

$$FPT_s = FPT_p + R_{sp}$$

donde

d duración de la actividad

R_{sp} es el retardo existente entre la actividad sucesora y la predecesora. De existir varios retardos, se toma el que retarde más a la actividad.

FPI_s Fecha más próxima de inicio de la actividad sucesora

FPT_p Fecha más próxima de la terminación de la actividad sucesora.

- 2) Determinación de la fecha más tardía de inicio (FTI) y de terminación (FTT) de cada una de las actividades.

Es la fecha más lejana en la cual se puede iniciar o terminar una actividad.

Para calcular la fecha más lejana de una actividad se debe conocer la fecha más lejana de todas las actividades sucesoras. Por tanto, para conocer las fechas más alejadas de todas las actividades basta conocer la de la actividad final.

$$FTP = FTT_f$$

en donde,

FTP fecha de terminación del proyecto

FTT_f fecha más tardía de terminación de la actividad final del proyecto.

Conociendo la fecha de terminación de la actividad final, se conocen las fechas tardías de todas las demás del proyecto.

$$FTI = FTT_f - d$$

$$FTT_p = FII_s - R_{sp}$$

En este caso también se toma en R_{sp} que de la mayor duración entre las dos actividades, como si se estuvieran calculando las actividades de izquierda a derecha (paso adelante)

3) Determinación de las holguras de una red.

i) holgura libre (HL)

Es el tiempo que se puede atrasar una actividad sin afectar la fecha de inicio de las sucesoras y se pueden usar diferentes ecuaciones, dependiendo del tipo de relación que exista entre dos actividades. De todas las holguras que se calculen al existir varias relaciones, la menor es la libre.

relación fin-inicio

$$HL_p = FPI_s - FPT_p - R_{ps}$$

relación inicio-inicio

$$HL_p = FPI_s - FPI_p - R_{ps}$$

relación fin-fin

$$HL_p = FPT_s - FPT_p - R_{ps}$$

ii) holgura con interferencia

Es el tiempo que una actividad puede atrasarse afectando a las sucesoras, pero sin afectar la terminación del proyecto. Este tipo de holgura, son holguras libres que se acumulan de las actividades sucesoras.

$$HI = HT - HL$$

iii) holgura total

Es el tiempo que una actividad puede atrasarse sin -
afectar la fecha de terminación del proyecto.

$$HT = HI + HL$$

- 4) Aplicación de la metodología para calcular las actividades determinantes (críticas) del proyecto.

Se escogió la ruta crítica como ejemplo para aplicar la metodología, por dos aspectos básicos: es la que define el tiempo de realización del proyecto, y como son menos actividades -- que evaluar se visualiza más claramente el uso de las ecuaciones.

Para calcular las fechas y holguras de las actividades y que éstas coincidieran con las evaluadas por la máquina, se fija la fecha de inicio de la actividad 101 (090575) y se usa el calendario en días laborables (apéndice A).

i) cálculo de la red paso adelante

La actividad 101 es la inicial del proyecto, por tanto:

$$FIP = 09.05.75$$

para la actividad 101, la fecha de terminación -
(FPT) es:

$$FPT = d + FIP$$

$$FPT = 44 + 09.05.75$$

sumando mediante el calendario (Tabla A.1) a la fecha de inicio (09.05.75) los 44 días de duración, re

sulta que:

$$FPI = 09.07.75$$

Actividad 201:

Como solo existe una relación (fin-inicio), esta actividad se inicia al siguiente día hábil de terminada la 101 ó sea:

$$FPI = 10.07.75$$

$$FPT = 154 + 10.07.75$$

$$FPT = 12.02.76$$

Después de la fecha de terminación de la actividad anterior existe un retardo de tres meses hábiles (66 días) para evaluar las actividades posteriores (fabricaciones). En este caso, para encontrar la fecha de inicio de las fabricaciones se utiliza la ecuación

$$FPI_s = FPT_p + R_{sp}$$

$$FPI_s = 12.02.76 + 66$$

$$FPI_s = 17.05.76$$

Todos los suministros y las fabricaciones se inician en esa fecha y para continuar evaluando las demás actividades, se sigue el mismo procedimiento. Solamente en los casos que a continuación se ilustran, cabe definir la forma de cálculo:

En el caso de la actividad 1101, esta tiene dos tipos de predecesores (con relación fin-inicio y fin-fin); se consideran ambos y el que haga que se termine más tarde la actividad ese es el que se toma en cuenta. En este caso las relaciones fin-fin definen la fecha más tardía de termina---

ción de la actividad 1101 (17.01.77)

La fecha de inicio de la actividad 1101 se calcula, restando a la fecha de terminación la duración de la misma:

$$\text{FPI} = 17.01.77 - 15$$

$$\text{FPI} = 28.12.76$$

Aprovechando que la actividad 1203 es sucesora de la 1101 y que están conectadas por dos tipos de relaciones, conviene hacer cálculos para ver cual es la que define la fecha de terminación más alejada:

Si se suman los traslapes con las duraciones correspondientes, se conoce cual es el indicado:

$$\text{Actividad 1101} : 15 + 2 = 17$$

$$\text{Actividad 1203} : 3 + 11 = 14$$

Por tanto, por ser mayor la suma de la duración de la actividad 1101 y la relación fin-fin, ésta última determina la terminación e inicio de la actividad 1203 (19.01.77 y 05.01.77 respectivamente).

Entre las actividades 1401 y 1501 sucede una cosa semejante al caso anterior, solamente que en este caso las dos relaciones dan la misma fecha de inicio y terminación, por tanto, la que se use da igual resultado

$$1401 : 1 + 5 = 6$$

$$1501 : 5 + 1 = 6$$

Las demás actividades tiene comportamientos semejantes a las ana-

lizadas

ii) Cálculo de la red paso atrás

Al terminar el cálculo de la red paso adelante, la actividad 1801 tiene fecha de terminación(FPT) del 31.01.77. Podría ponerse otra fecha de terminación(FTT) conforme a lo planeado, y en función de esa fecha se calcularían las fechas de las actividades de la red(paso atrás); para este caso se considera el 31.01.77 como la fecha mas tardía de terminación de la planta. La fecha de terminación del proyecto debe coincidir con la de la última actividad.

En paso atrás la fecha tardía de inicio de una actividad se calcula restando a su FTT la duración, como en el caso de la actividad 1801:

$$FTI = 31.01.77 - 1$$

$$FTI = 31.01.77$$

Se considera de esa manera porque el día se inicia a las cero horas y termina a las 24 del mismo día.

Cuando se trata de actividades críticas(holgura de cero), las mismas relaciones(paso adelante) que determinan la fecha de inicio y terminación tambien lo hacen para el cálculo paso atrás.

En el cálculo de las fechas tardías, la relación que existe entre la actividad 1101 y las actividades 405 y 406 da oportunidad para aplicar las ecuaciones que definen

esas fechas y las holguras; por dar los mismos resultados para las dos relaciones solamente se determina una de ellas (1101 - 405).

La actividad 1101 se inicia a mas tardar el 28.12.76; como no existe ningún retardo, la actividad 405 se termina a mas tardar el día 27.12.76.

Para calcular la otra fecha(FTI) y las holguras(HT y HL), se hace de la forma siguiente:

$$FTI = FTT - d$$

$$HL_p = FPI_s - FPT_p - R_{ps}$$

$$HT = HL + HI$$

En este caso, $R_{ps} = 0$ y $HI = 0$ o sea que no existen. Por tanto,

$$FTI = 27.12.76 - 154$$

$$FTI = 26.05.76$$

$$HL = 28.12.76 - 16.12.76$$

$$HL = 7$$

$$HT = HL = 7$$

6.2.5 Compresión de redes

En la realización de cualquier proyecto, los recursos económicos juegan el papel mas importante; aunque no dejan de serlo el político y el social. En la compresión de una red estos son parte fundamental del método.

La comprensión de redes significa pleno conocimiento de lo que se desea hacer, es decir, conocimiento de cuando se debe terminar el proyecto, recursos con los que se cuenta, necesidades que satisfacer, etc.,. En conclusión, tener conocimiento si nó de todo el proyecto de gran parte de él, para poder tomar decisiones.

El personal que vaya a llevar a cabo la comprensión deberá distribuir los recursos a cada una de las actividades, así como las duraciones. Para hacer eso, se necesitan cumplir ciertos aspectos, tales como:

- a) Desde el momento que se planea el proyecto, la red que lo programa debe hacerse en colaboración por personal de programación, campo, administración; coordinados por alguien directamente relacionado con la persona que toma las decisiones.
- b) La construcción de la red implica conocimiento y experiencia del campo, para poder definir secuencias y asignar duraciones.
- c) La asignación de los recursos significa conocimientos de costos de equipos, materiales; en fin, del período en que se haga la evaluación.

A grandes rasgos, esos aspectos deben cumplirse para comprimir un programa con cierta exactitud.

Particularizando en los recursos por asignar a una actividad, se observa que entre mayores sean, menor será la duración de la

actividad o viceversa. Existiendo un mínimo y un máximo para ambos casos; en la fig. 6.2.4 se representa el comportamiento.

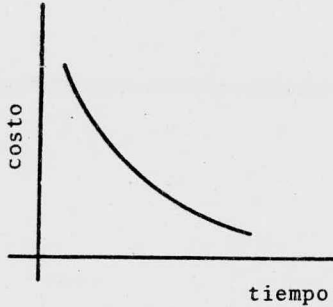


fig. 6.2.4 Comportamiento del costo-tiempo de una actividad cualquiera.

La metodología que se sigue en el momento que se quiere comprimir una red, es la siguiente:

Primer Paso. Se definen perfectamente a aquellas actividades críticas que sean posibles de comprimir.

Segundo paso. Dependiendo del lapso de tiempo que se vaya a reducir el programa, conviene analizar aquellas actividades que tengan como holgura total ese intervalo.

Tercer paso. Una vez conocidos esos aspectos, para hacer la primer compresión se busca la actividad crítica con menor pendiente de costo, que será la que dé la compresión más barata.

Cuarto paso. Conforme se va comprimiendo la red, se cuantifica el tiempo que se ha reducido, el costo -- que eso implica; de tal manera, que aquellas -

actividades reducidas al mínimo de duración sean eliminadas.

Quinto paso. Al mismo tiempo que se reduce una actividad -- crítica, se analizan las demás determinantes -- (aquellas con holgura cercana a cero). Se hace eso, para que no se presente otra ruta crítica cuando se comprime la otra. Por tanto, al llegar a la compresión deseada se deben tener tan tas rutas críticas como actividades se encuentran distribuidas en el programa.

Una de las características de la compresión es, que al hacerlo totalmente se llega a tener críticas todas las actividades, lo ideal de un programa será en esas circunstancias.

La compresión de una red tiene comportamiento semejante al de una actividad.

6.2.6 Comentarios a las características de los reportes generados por APACE.

En el apéndice A se presentan tres tipos de reportes conforme a las necesidades de información:

Los dos primeros se clasifican como reportes para conocimiento de la red (programación), el tercero se clasifica como reporte para conocer actividades representadas por barras (toma de deci siones)

En el apéndice B se presenta un reporte con las características para el campo, y el otro con las características del reporte -

para toma de decisiones (con las actividades programadas).

Lo anterior no quiere decir, que cada reporte sea específico para cada necesidad, sino que, en un momento dado uno satisface mejor esas características.

Los resultados obtenidos del ANEXO 1 estan representados por el APENDICE A, la información que se obtiene es sin tomar en cuenta recursos. El ANEXO II describe la ruta crítica del programa del APENDICE B.

El APENDICE B genera resultados de la misma red del ANEXO I. En este caso, como el asignar recursos por actividades implicaba amplia experiencia en el campo de la construcción, se consideran grupos de actividades (no más de cuatro) con el mismo costo global, para llevarse a cabo diariamente. Salvo en aquellos casos en que cinco o más actividades críticas se tienen que hacer el mismo día, no se cumple la consideración hecha. La idea de eso, es que en la realización de la obra no existan tiempos muertos con recursos inútiles.

7. CONCLUSION

Desde el punto de vista del análisis financiero del estudio, industria del sector público, conforme a los incrementos anuales estimados de costos de ingresos, la evaluación económica por medio del método del beneficio actualizado genera resultados satisfactorios para decidir que el proyecto es rentable en las condiciones de vida actuales. Aunque, debido al proceso inflacionario que se ha venido presentando en el país, es difícil prever condiciones estables para la industria, trayendo como consecuencia nuevos incrementos del valor del producto que equilibren las condiciones de evaluación.

En el caso de que la planta desmineralizadora no fuese rentable, el análisis de la tabla 6.1.5 en donde se presentan características económicas de las otras etapas del proceso de generación eléctrica, hace factible el proceso de desmineralización.

El modelo de computación usado para programar el proyecto de tratamiento, trae consigo un ahorro de recursos, define una posible fecha de terminación del proyecto y genera reportes a diferentes niveles ejecutivos deseados. Además, es un modelo dinámico que puede cambiar secuencias, du raciones conforme se actualice y transcurra el tiempo.

La planeación de un proyecto por un método computarizado es mayormente útil para proyectos grandes, en donde el control manual es inoperante.

El método de programación es muy importante porque evita atrasos en la terminación del proyecto. De lo contrario, se presentan mas gastos por tardanzas.

8. NOMENCLATURA

a	Volumen de agua para dilución de sosa cáustica, l(gal)
a_a	Area de flujo anular, cm^2 (pie^2)
a_v	Superficie del empaque seco por unidad de volumen, $\text{pie}^2/\text{pie}^3$
A	Volumen de agua para dilución de ácido sulfúrico, l(gal)
A_f	Area de flujo, m^2 (pie^2)
A_t	Superficie de transferencia de calor, m^2 (pie^2)
AMT	Acidez mineral total, ppm(gr/gal)
ATI	Aniones totales intercambiables, ppm(gr/gal)
b	Volumen de sosa cáustica diluida al 4 por ciento, l(gal)
bHP	Potencia al freno, HP
B	Volumen de sosa cáustica diluida al 50 por ciento, l(gal)
B1	Volumen de sosa cáustica diluida al 30 por ciento, l(gal)
cp	Capacidad calorífica del agua a t_m , Cal/g °C(Btu/lb °F)
Cp	Capacidad calorífica del vapor a T_m , Cal/g °C(Btu/lb °F)
CT	Cationes totales, ppm(gr/gal)
d, D_i	Diámetro interno, pie

D_o	Diámetro externo, pie
f'	Factor de fricción, adimensional
g	Aceleración de la gravedad, 32.18 pie/seg^2
g_c	Constante dimensional, $32.17 \text{ lb-pie/lb-seg}^2$
G	Gasto en masa de aire, $\text{kg/h}(\text{lb/h})$
G'	Masa velocidad del aire, $\text{kg/m}^2\text{-h}(\text{lb/pie}^2\text{-h})$
G_a, G_b	Masa velocidad del aire a la salida y a la entrada respectivamente, $\text{kg/m}^2\text{-h}(\text{lb/pie}^2\text{-h})$
G'_l	Masa velocidad del aire en el punto de inundación, $\text{lb/pie}^2\text{-h}$
h_{ft}	Carga por presión estática debido al flujo del fluido, pie de fluido
h_i	Coefficiente de transferencia de calor para el agua, ----- $\text{Cal/h-m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} (\text{Btu/h-pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F})$
h_o	Coefficiente de transferencia de calor para el vapor de agua, $\text{Cal/h-m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} (\text{Btu/h-pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F})$
h_{io}	Coefficiente de transferencia de calor referido al diámetro externo, $\text{Cal/h-m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} (\text{Btu/h-pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F})$
H_l	Altura de una unidad de transferencia, m
H	Altura cilíndrica de la columna, $\text{m}(\text{pie})$
H	Entalpia, Btu/lb
HRA, HRC	Altura de la resina aniónica y catiónica respectivamente, $\text{m}(\text{pie})$
L	Gasto en masa de agua, $\text{kg/h}(\text{lb/h})$

L	Masa velocidad del agua, $\text{kg/m}^2\text{-h}$ ($\text{lb/pie}^2\text{-h}$)
L_a, L_b	Masa velocidad del agua a la entrada y a la salida respectivamente, $\text{kg/m}^2\text{-h}$ ($\text{lb/pie}^2\text{-h}$)
L_e	Longitud equivalente de accesorios (válvulas, codos, etc), pie
L_{et}	Longitud equivalente total de accesorios y tubería, pie
LM	Lecho mezclado
LMTD	Media logarítmica de la temperatura, $^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$)
L_r	Longitud real de la tubería, m (pie)
L_t	Longitud total de la tubería, m (pie)
M_c, M_g, M_e	Pesos moleculares del bióxido de carbono, aire y agua respectivamente, g/g mol (lb/lb mol)
n_1, n_2	Número de moles de los fluidos 1 y 2, moles
N_t	Número de moles totales, moles
NUT	Número de unidades de transferencia, adimensional
NUT_ℓ	Número de unidades de transferencia en la fase líquida, adimensional
p	Presión parcial de soluto en la fase gaseosa, atm
ΔP	Diferencia de presión, lb/pulg^2
q	Gasto en volumen de agua de calentamiento, 1/min (gal/min)
Q_1, Q_2	Calor de intercambio, Cal/h (Btu/h)
Q	Gasto en volumen de la bomba, gal/min

RA,RC	Volumen de agua para enjuague de resina aniónica y catiónica respectivamente, l (gal)
R_d	Factor de obstrucción, adimensional
R_e	Número de Reynolds, adimensional
s	Volumen de ácido sulfúrico diluido al 4 ó 5 por ciento,--- l (gal)
S	Volumen de ácido sulfúrico concentrado a. 66°Be, l (gal)
S_g	Densidad relativa, g/cm^3
Sl	Volumen de ácido sulfúrico diluido al 30 por ciento,---- l (gal)
S	Superficie, m^2 (pie ²)
t	Tiempo, min
t_1, t_2	Temperatura del agua a la entrada y a la salida respectivamente, °C (°F)
t_m	Temperatura media del agua, °C (°F)
T	Temperatura, °C (°F)
T_1, T_2	Temperatura del vapor a la entrada y a la salida respectivamente, °C (°F)
T_e	Temperatura del agua, °C (°F)
T_g	Temperatura del aire, °C (°F)
T_m	Temperatura media del vapor, °C (°F)
U_g	Coficiente total de diseño, $Btu/h-pie^2-°F$

v	Velocidad, pie/pulg
v_L	Velocidad del agua, pie/seg
V_L	Gasto en volumen del agua, l/min (gal/min)
V_g	Gasto en volumen del aire, l/min (gal/min)
w	Gasto en masa de agua de calentamiento, kg/h (lb/h)
w_1, w_2	Gasto en masa de los fluidos 1 y 2 , lb/min
W	Gasto en masa de vapor, kg/h (lb/h)
W_f	Fricción total del fluido, pie de fluido
x	Fracción mol de soluto en la fase líquida, adimensional
x'	Fracción peso de soluto en la fase líquida, adimensional
x^*	Fracción mol de soluto en la fase líquida para condiciones en equilibrio, adimensional
x'^*	Fracción peso de soluto en la fase líquida para condiciones en equilibrio, adimensional
x'_a, x'_b	Fracción peso de bióxido de carbono a la entrada y a la salida respectivamente, adimensional
X_1, X_2	Fracción mol de los fluidos 1 y 2 , adimensional
y	Fracción mol de soluto en la fase gaseosa, adimensional
y'	Fracción peso de soluto en la fase gaseosa, adimensional
y_a, y_b	Fracción mol de soluto en la fase gaseosa a la salida y a la entrada de la columna, adimensional
z	Altura de empaque, m (pie)

Z	Altura respecto a un punto de referencia, m (pie)
ΔZ	Carga potencial o elevación del punto de referencia, m

LETRAS GRIEGAS

Δ	Diferencia entre dos puntos
ϵ	Porosidad, adimensional
ρ	Densidad, lb/pie ³
ρ_L	Densidad del agua, lb/pie ³
ρ_g	Densidad del aire, lb/pie ³
μ	Viscosidad, cps
μ_L	Viscosidad del agua, cps
μ_g	Viscosidad del aire, cps
η_m	Eficiencia mecánica, adimensional

9 . BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

REFERENCIAS

1. A. Anaya, "Apuntes de Ingeniería Química III", Facultad de Química, UNAM (1970).
2. American Public Health Association, Inc., "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", Twelve Edition, 1970.
3. A. S. Foust, L. A. Wenzel, C. W. Clump, L. Maus and L. B. Andersen, "Principles of Unit Operations", Wiley International Edition, ----
Tppan Co., LTD, Tokyo Japan, Corrected Second Editon (1969).
4. D. M. Himmelblau "Basic Principles and Calculations in Chemical En
gineering", Prentice - Hall, Inc.
5. D. Q. Kern, "Process Heat Transfer", Mc Graw Hill Company, Inc.,
International Student Edition (1950).
6. E. E. Ludwig, "Applied Process Design for Chemical and Petroque-
mical Plants", Gulf Publishing Co., Volumen II, Houston, Texas-----
(1964).

7. Engineering Division Crane, "Flow of Fluids Through Valves, Fitting and Pipe", Chicago, Illinois (1969).
8. E. Nordell, "Tratamiento de Agua para la Industria", Tercera Impresión, CECSA, (Junio de 1969).
9. H. C. Fonseca, "Métodos de Análisis de Agua para los Laboratorios de las Plantas de Vapor", C. F. E. , México (1973).
10. H. Sawitowsky y W. Smith, "Métodos de Cálculo en los Procesos de Transferencia de Materia", Editorial Alhambra, S. A. , Primera Edición (1967).
11. J. H. Perry, "Chemical Engineer's Handbook", McGraw Hill Co., Fourth Edition (1973).
12. J. Thompson and A. C. Reents, "Counter Flow Regeneration", Illinois Water Treatment Company Rockford, Illinois.
13. K. M. Guthrie, W. R. Grace & Co., "Costs", Chemical Engineering , April 14 1969 .
14. K. M. Guthrie, W. R. Grace & Co., "Data and Techniques for Preliminary Capital Cost Estimating", Chemical Engineering, April 14, 1969 .
15. L. Savidan, "Resina Intercambiadoras de Iones", Editorial Exendra.
16. M. S. Peters and K. D. Timmerhaus, "Plant Design and Economic --- for Chemical Engineer's", Second Edition, McGraw Hill Kogakusha, LTD, (1968).
17. Permutit Company, "Tables", (1974).

18. R. Kunin, "Elements of Ion Exchange", Printing & Published by Robert E. Krieger, Publishing Company Huntington, New York, 1971.
19. R. Kunin, "Ion Exchange Resins", Rhom & Haas Company, Philadelphia, Pennsylvania, John Wiley & Sons, Inc., 1958 .
20. Rohm and Haas Company Philadelphia, "Helpful Hints in Ion Exchange Technology", Amber-Hi-Lites, No. 138 (January 1974).
21. Rohm and Haas Company, "Engineering Data on Amberlite IR-120 Hydrogen Cycle", Washington Square, Philadelphia 5, Pa., The Resinous Products Division, Revised (July 1960).
22. Rohm and Haas Company, "Pollution Abatement and Control", Amber-Hi-Lites, No. 117 (May 1970), No. 118 (July 1970), No. 119 (September 1970), No. 121 (March 1971), No. 123 (July 1971), No. 124 (September 1971).
23. Rohm and Haas Company, Special Reports, "Summary Chart of Properties and Applications", Amber-Hi-Lites (January 1971).
24. Rohm and Haas Philadelphia, "Amberlite IR-120", Export Department, Technical Bulletin Ion Exchange Department.
25. Rohm and Haas Philadelphia, "Amberlite IR-120 Engineering Data Sulfuric Acid Regeneration", Export Department, Technical Bulletin.
26. Rohm and Haas Philadelphia, "Amberlite IRA-402, Stratified Beds of Anion Exchange Resins", Export Department, Technical Bulletin (February 1967).
27. Rohm and Haas Philadelphia, "Amberlite IRA-402, Engineering Notes", Export Department, Technical Bulletin, August 1961 (Rev. February 1967).

28. Rohm and Haas Philadelphia, "Amberlite IRA-93 Oxidation Resistant and Thermally Stable, Macroreticular Weak Base Anion Exchange Resin", Export Department, Technical Bulletin (December 1966).
29. R.F. Kirk and E.D. Otner, "Enciclopedia de Tecnología Química Tomo 14 (1974).
30. S.B. Applebaum, "Desmineralization by Ion Exchange", Academic Press New York, and London (1968).
31. Válvulas de Diafragma, Grinnell de México S.A. "Catálogo" 1974.
32. W.L. McCabe and J.C. Smith, "Unit Operation of Chemical Engineering", McGraw Hill Company, Second Edition.

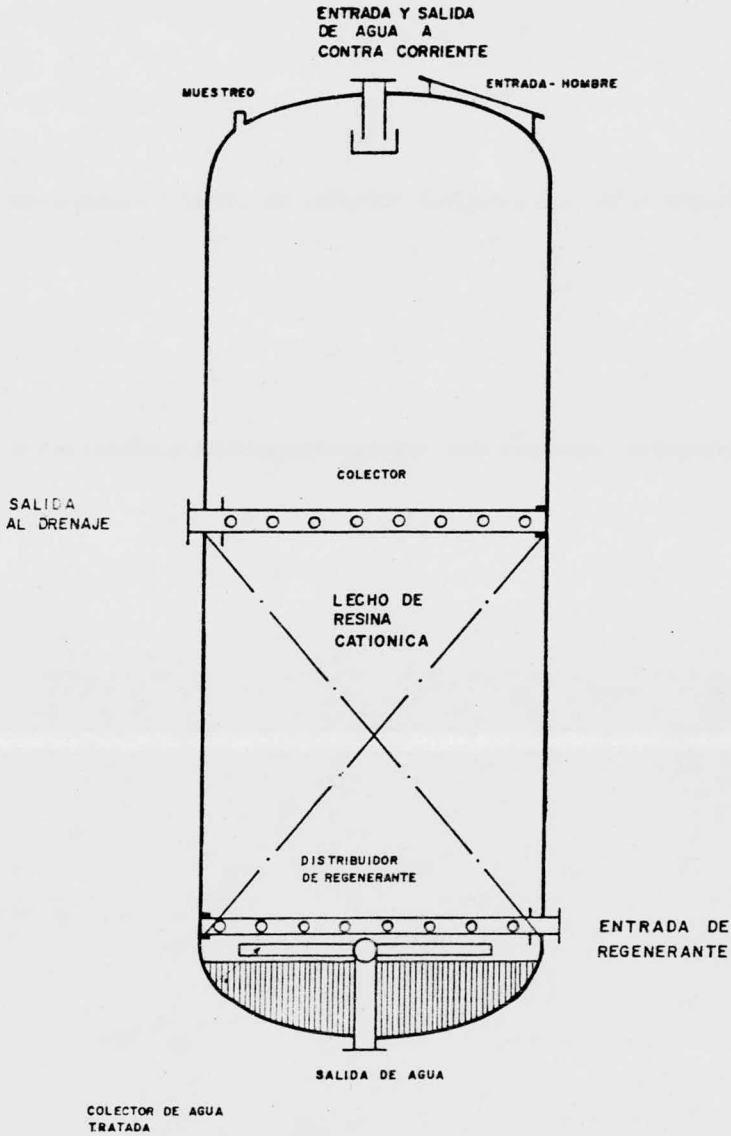
BIBLIOGRAFIA

- "Análisis Empresarial de Proyectos Industriales en Países en Desarrollo" Manual de Evaluaciones, CEMLA, México (1972).
- C.H. Chilton and the STAFF of Chemical Engineering, "Cost Engineering in the Process Industries", McGraw Hill Book Company, Inc., New York (1960).
- Control Data, Data Services Division "Manual de APACE (Advanced Planning and Control Executive)", User Information Manual, Australia (1968).
- D.S. Davis, R.D. Newton, "Chemical Engineering Cost Estimation", McGraw Hill Co., New York, (1960).
- E.E. Ludwig. "Applied Process Design for Chemical and Petroquímica Plants", Gulf Publishing Co., Volumen I y II, Houston, Texas (1964).
- E.L. Grant, W.G. Ireson, "Principles of Engineering Economy", Fourth Edition, The Ronald Press Company, New York (1964).

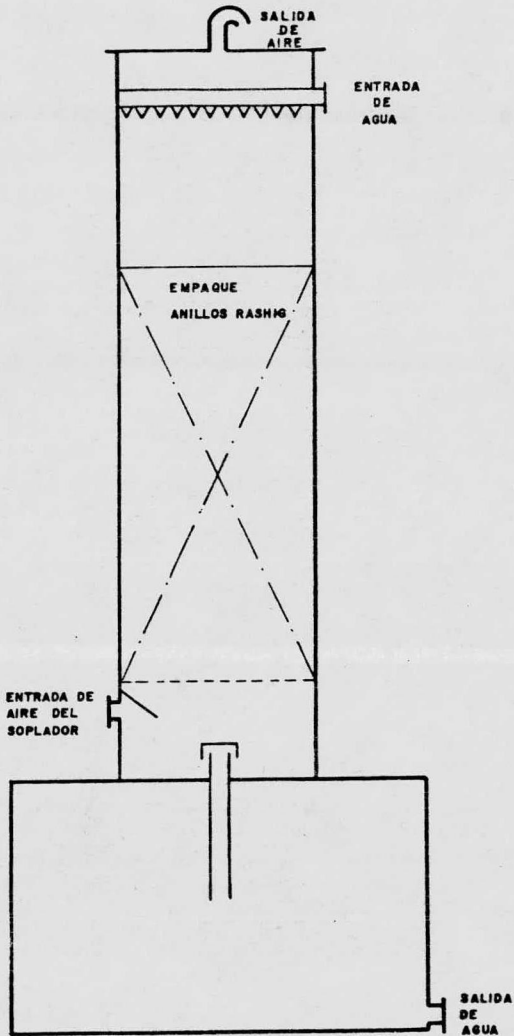
- E. Nordell, "Tratamiento de Agua para la Industria", Tercera Impresión, Edit. CECSA, (1969).
- H. Popper, "Modern Cost-Engineering Techniques"; an Economic Analysis and Cost Estimation Manual", McGraw Hill, New York (1970).
- J.H. Perry, "Chemical Engineers Hand book", McGraw Hill Co., Fourth Edition (1973).
- I.M.D. Little, J.A. Mirrless "Estudio Social del Costo-Beneficio en la industria de países en desarrollo", Manual de evaluación de proyectos, CEMLA, México (1973).
- J.J. Moder, C.R. Phillips, "Project Management with CPM and Pert", Second Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York (1970).
- J.M. Antill, R.W. Woodhead, "Método de la Ruta Crítica", Limusa, S.A. Segunda Reimpresión, México (1974).
- K.M. Guthrie, W.R. Grace & Co., "Costs", "Data and Techniques for Preliminary Capital Cost Estimating", Chemical Engineering, April 14, 1969.
- L.C. Jenckes, "How to Estimate Operating Costs and Depreciation", Chemical Engineering, December 14, 1970.
- M.S. Peters and K.D. Timmerhans, "Plant Design and Economic for Chemical Engineers", Second Edition, McGraw Hill Kogakusha, LTD (1968).
- W. Rantestrauch, R. Villers, "Economía de las Empresas Industriales", Quinta Edición, Fondo de Cultura Económica (1970).

10. A P E N D I C E S

Dibujos de los equipos principales de la planta y diagrama de
la misma

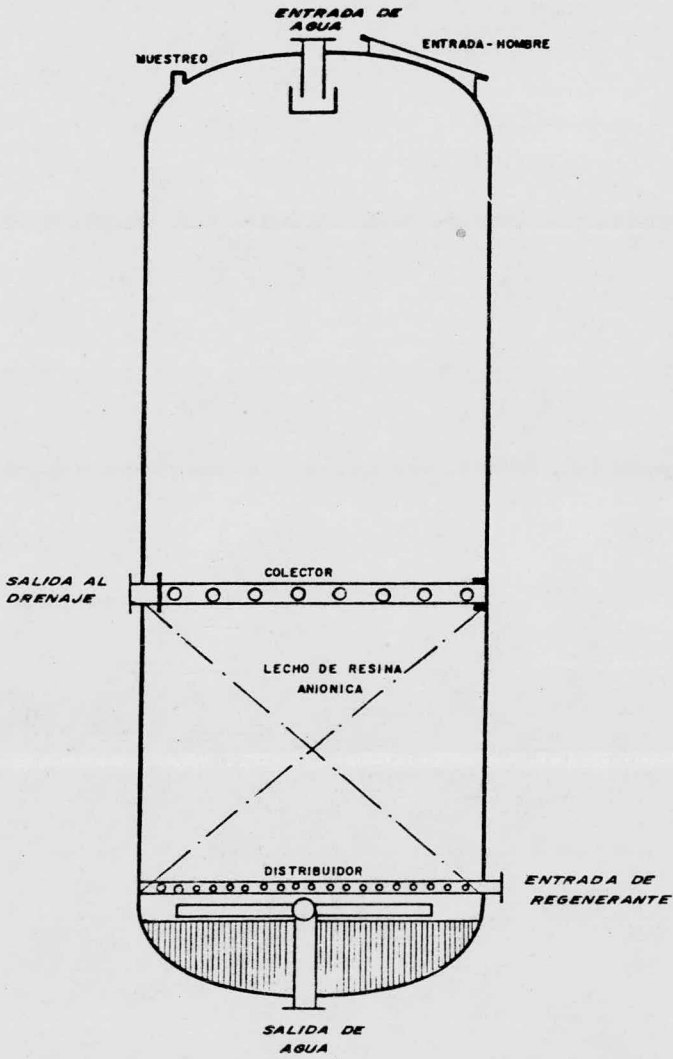


UNIDAD CATIONICA



TORRE DE GASIFICADORA Y RESPECTIVO TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

ESC. 1:30



UMDAD ANIONICA

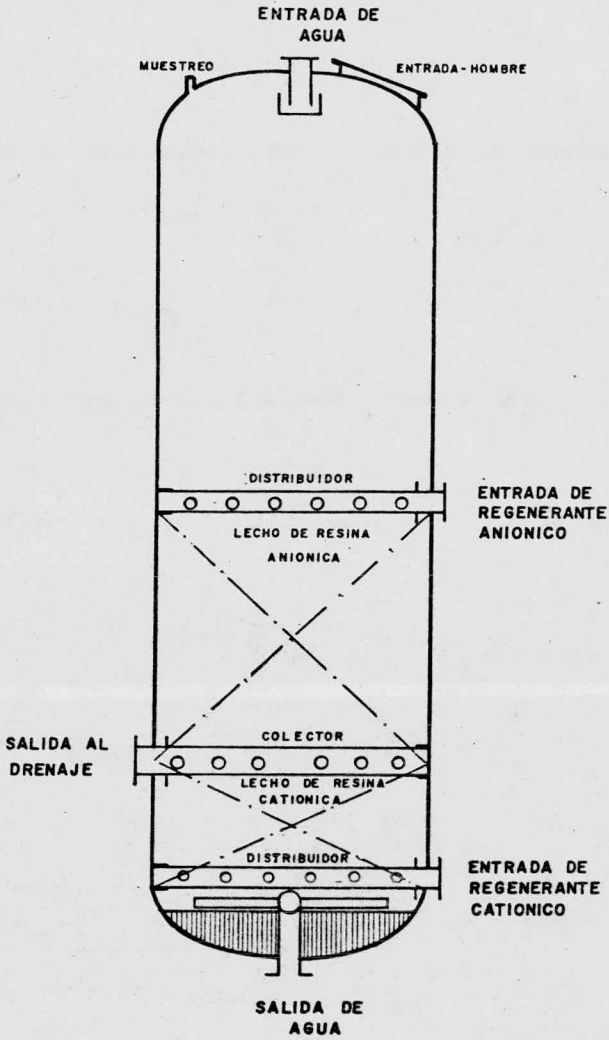
**UNIDAD DE LECHO MEZCLADO**

TABLA A.1 Calendario de APACE para calcular las fechas de ejecución de las actividades

DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
0	750505	750506	750507	750508	750509	0	0	750512	750513	750514	750515	750516	0
0	750519	750520	750521	750522	750523	0	0	750526	750527	750528	750529	750530	0
0	750602	750603	750604	750605	750606	0	0	750609	750610	750611	750612	750613	0
0	750616	750617	750618	750619	750620	0	0	750623	750624	750625	750626	750627	0
0	750630	750701	750702	750703	750704	0	0	750707	750708	750709	750710	750711	0
0	750714	750715	750716	750717	750718	0	0	750721	750722	750723	750724	750725	0
0	750729	750729	750730	750731	750801	0	0	750804	750805	750806	750807	750808	0
0	750811	750812	750813	750814	750815	0	0	750818	750819	750820	750821	750822	0
0	750825	750826	750827	750828	750829	0	0	750901	750902	750903	750904	750905	0
0	750909	750909	750910	750911	750912	0	0	750915	750916	750917	750918	750919	0
0	750922	750923	750924	750925	750926	0	0	750929	750930	750931	751001	751002	0
0	751006	751007	751008	751009	751010	0	0	751013	751014	751015	751016	751017	0
0	751020	751021	751022	751023	751024	0	0	751027	751028	751029	751030	751031	0
0	751103	751104	751105	751106	751107	0	0	751110	751111	751112	751113	751114	0
0	751117	751118	751119	751120	751121	0	0	751124	751125	751126	751127	751128	0
0	751201	751202	751203	751204	751205	0	0	751208	751209	751210	751211	751212	0
0	751215	751216	751217	751218	751219	0	0	751222	751223	751224	0	751226	0
0	751229	751230	751231	0	760102	0	0	760105	760106	760107	760108	760109	0
0	760112	760113	760114	760115	760116	0	0	760119	760120	760121	760122	760123	0
0	760126	760127	760128	760129	760130	0	0	760202	760203	760204	760205	760206	0
0	760209	760210	760211	760212	760213	0	0	760216	760217	760218	760219	760220	0
0	760223	760224	760225	760226	760227	0	0	760301	760302	760303	760304	760305	0
0	760308	760309	760310	760311	760312	0	0	760315	760316	760317	760318	760319	0
0	760322	760323	760324	760325	760326	0	0	760329	760330	760331	760401	760402	0
0	760405	760406	760407	760408	760409	0	0	760412	760413	760414	760415	760416	0
0	760419	760420	760421	760422	760423	0	0	760426	760427	760428	760429	760430	0
0	760503	760504	760505	760506	760507	0	0	760510	760511	760512	760513	760514	0
0	760517	760518	760519	760520	760521	0	0	760524	760525	760526	760527	760528	0
0	760531	760601	760602	760603	760604	0	0	760607	760608	760609	760610	760611	0
0	760614	760615	760616	760617	760618	0	0	760621	760622	760623	760624	760625	0
0	760628	760629	760630	760701	760702	0	0	760705	760706	760707	760708	760709	0
0	760712	760713	760714	760715	760716	0	0	760719	760720	760721	760722	760723	0
0	760726	760727	760728	760729	760730	0	0	760802	760803	760804	760805	760806	0
0	760809	760810	760811	760812	760813	0	0	760816	760817	760818	760819	760820	0
0	760823	760824	760825	760826	760827	0	0	760830	760831	760801	760802	760803	0
0	760906	760907	760908	760909	760910	0	0	760913	760914	760915	760916	760917	0
0	760920	760921	760922	760923	760924	0	0	760927	760928	760929	760930	761001	0
0	761004	761005	761006	761007	761008	0	0	761011	761012	761013	761014	761015	0
0	761018	761019	761020	761021	761022	0	0	761025	761026	761027	761028	761029	0
0	761101	761102	761103	761104	761105	0	0	761108	761109	761110	761111	761112	0
0	761115	761116	761117	761118	761119	0	0	761122	761123	761124	761125	761126	0
0	761129	761130	761201	761202	761203	0	0	761206	761207	761208	761209	761210	0
0	761213	761214	761215	761216	761217	0	0	761220	761221	761222	761223	761224	0
0	761227	761228	761229	761230	761231	0	0	770103	770104	770105	770106	770107	0
0	770110	770111	770112	770113	770114	0	0	770117	770118	770119	770120	770121	0
0	770124	770125	770126	770127	770128	0	0	770131	770201	770202	770203	770204	0
0	770207	770208	770209	770210	770211	0	0	770214	770215	770216	770217	770218	0
0	770221	770222	770223	770224	770225	0	0	770228	770301	770302	770303	770304	0
0	770307	770308	770309	770310	770311	0	0	770314	770315	770316	770317	770318	0
0	770321	770322	770323	770324	770325	0	0	770328	770329	770330	770331	770331	0
0	770404	770405	770406	770407	770408	0	0	770411	770412	770413	770414	770415	0
0	770418	770419	770420	770421	770422	0	0	770425	770426	770427	770428	770429	0

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

- Reporte de actividades selectas por identificación de actividades
 - Reporte de relaciones selectas por identificación de actividades
 - Diagrama de barras de actividades selectas por holgura total, primera fecha de inicio y primera fecha de terminación
-

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

EL PROGRAMA DE RUTA CRITICA ES PARA EL PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA CALDERAS DE ALTA PRESION, QUE SE LOCALIZA EN LA PLANTA TERMoeLECTRICA DE LA CFE UBICADA EN SALAMANCA, GTO.
LOS DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA ESTAN BASADOS EN LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LOS FABRICANTES, CONSTRUCTORES, Y POR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACION DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS INDUSTRIALES.

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
SEQUENCE: ACT. IDENT
IN THIS REPORT ACTIVITIES ARE PRESENTED FOR WHICH
EARLIEST START: 09-05-75

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE

ACTIVITY IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR. DAYS	EARLIEST EXPECTED START	LATEST ALLOWABLE START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	LATEST ALLOWABLE COMPL.	TOTAL FLOAT	FREI FLOAT	JIG. CODE 1	ORG. CODE 2	ORG. CODE 3
101	ESTUDIO INICIAL DEL PROYECTO	44	09-05-75	09-05-75	09-07-75	09-07-75	0	0			
201	INGENIERIA DEL PROYECTO	154	10-07-75	10-07-75	12-02-76	12-02-76	0	0			
301	PLANOS ISOMETRICOS DE TUBERIA DE PROCESO	33	13-02-76	09-04-76	30-03-76	25-05-76	40	33			
302	PLANOS DE DISTRIBUCION SUBESTANZA	33	06-01-76	27-11-76	19-02-76	10-12-76	211	72			
303	PLANOS DE CIMENTACION DE EQUIPOS	33	06-01-76	12-11-76	19-02-76	25-11-76	200	115			
304	PLANO DE LOCALIZACION DE EQUIPOS	33	06-01-76	12-11-76	19-02-76	25-11-76	200	115			
401	SUMINISTRO DE RESINA PARA LAS UNIDADES	44	17-05-76	12-11-76	15-07-76	12-01-77	129	129			
402	SUMINISTRO DE ANILLOS RASCING	22	17-05-76	15-12-76	15-06-76	14-01-77	153	30			
403	SUMINISTRO DE MATERIAL ELECTRICO	11	17-05-76	31-12-76	31-05-76	15-12-76	142	0			
404	SUMINISTRO DE LA TUBERIA PARA DRENAJES	44	17-05-76	12-11-76	15-07-76	10-12-76	106	0			
405	SUMINISTRO DE TUBERIA PARA EL PROCESO	154	17-05-76	25-11-76	16-12-76	27-12-76	7	7			
406	SUMINISTRO DE INSTRUMENTOS	88	17-05-76	14-01-76	15-09-76	13-01-77	86	0			
407	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA LA TUBERIA	154	17-05-76	25-09-76	16-12-76	27-12-76	7	7			
408	SUMINISTRO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION	44	17-05-76	27-01-76	15-07-76	25-11-76	95	0			
409	SUMINISTRO DE DISTRIBUIDORES PARA UNIDADES	22	17-05-76	14-12-76	15-06-76	12-01-77	151	30			
501	FABRICACION DEL TANQUE DE ALMACENAM. T0-1	88	17-05-76	07-03-76	15-09-76	06-01-77	81	0			
502	FABRICACION DEL DESGASIFICADOR D-1	110	17-05-76	03-01-76	15-10-76	07-01-77	60	0			
503	FABRICACION DE UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B	171	17-05-76	17-15-76	10-01-77	10-01-77	0	0			
504	FABRICACION DE UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B	171	17-05-76	17-05-76	10-01-77	10-01-77	0	0			
505	FABRICACION DE UNIDADES DE L. MIXTO ULM-1A/B	171	17-05-76	17-05-76	10-01-77	10-01-77	0	0			
506	FABRICACION DEL CALENTADOR DE AGUA CC-1	110	17-05-76	13-03-76	15-10-76	18-01-77	67	0			
507	FABRICACION DE COMPRESORA DE AIRE C-1	33	17-05-76	26-11-76	30-06-76	11-01-77	139	41			
508	FABRICACION DE TANQUES DE AGUA Y SODA T-2/3	55	17-05-76	27-10-76	30-07-76	11-01-77	117	19			
509	FABRICACION DEL SOPLACA DE AIRE S-1	11	17-05-76	28-12-76	31-05-76	11-01-77	161	111			
510	FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B	22	17-05-76	13-12-76	15-06-76	11-01-77	150	52			
511	FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA DESGAS. B-2A/B	110	17-05-76	11-03-76	15-10-76	11-01-77	62	0			
512	FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA REGENER. B-3A/B	88	17-05-76	10-01-76	15-09-76	11-01-77	84	0			
513	FABRICACION DE BOMBAS AGUA SULFURICO B-4A/B	132	17-05-76	12-07-76	16-11-76	11-01-77	40	0			
514	FABRICACION DE BOMBAS DE SODA CAUSTICA B5A/B	110	17-05-76	11-01-76	15-10-76	11-01-77	62	0			
601	CIMENTACION TANQUE ALMACENAM. AGUA DESGAS. T-1	11	16-07-76	13-12-76	30-07-76	27-12-76	106	11			
602	CIMENTACION DE UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B	22	16-07-76	25-11-76	16-08-76	27-12-76	95	0			
603	CIMENTACION DE UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B	22	16-07-76	25-11-76	16-08-76	27-12-76	95	0			
604	CIMENTACION DE UNIDADES LECHO MEZCL. ULM-1A/B	22	16-07-76	25-11-76	16-08-76	27-12-76	95	0			

141

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

LATEST UPDATE: 09-05-75

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

REPORT REQUESTED ON: 07-01-77

SEQUENCE: ACT. 10001

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE

IN THIS REPORT ACTIVITIES ARE PRESENTED FOR WHICH
EARLIEST START: 09-05-75

ACTIVITY IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR. DAYS	EARLIEST EXPECTED START	LATEST ALLOWABLE START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	LATEST ALLOWABLE COMPL.	TOTAL FLOAT	FREE FLOAT	% C. O. R. G.		
									1	2	3
605	CIMENTACION DEL CALENTADOR DE AGUA CC-1	9	16-07-76	16-12-76	27-07-76	27-12-76	109	14			
606	CIMENTACION DE LA COMPRESORA DE AIRE C-1	9	16-07-76	16-12-76	27-07-76	27-12-76	109	14			
607	CIMENTACION DE TANQUES ACIDO Y SOSA T-2/3	5	16-07-76	21-12-76	22-07-76	27-12-76	112	7			
608	CIMENTACION DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B	6	16-07-76	20-12-76	23-07-76	27-12-76	111	16			
609	CIMENTACION BOMBAS AGUA DEGASIFICADA B-2A/B	6	16-07-76	20-12-76	23-07-76	27-12-76	111	16			
610	CIMENTACION BOMBAS AGUA REGENERACION B-3A/B	6	16-07-76	20-12-76	23-07-76	27-12-76	111	16			
611	CIMENTACION BOMBAS ACIDO SULFURICO B-4A/B	4	16-07-76	22-12-76	21-07-76	27-12-76	113	10			
612	CIMENTACION BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B-5A/B	4	16-07-76	22-12-76	21-07-76	27-12-76	113	10			
701	INSTALACION OLCIOS ELECTRICOS SUBTERRANEOS	8	01-06-76	16-12-76	10-06-76	27-12-76	142	47			
702	INSTALACION DE LOS DRENAJES SUBTERRANEOS	11	16-07-76	13-12-76	30-07-76	27-12-76	106	11			
801	PLANTACION DE LA PLANTA	11	05-09-76	16-12-76	19-08-76	30-12-76	95	1			
901	MONTAJE TANQUE ALMACENAGUA DEGASIFICADA T-1	1	16-09-76	07-01-77	16-09-76	07-01-77	81	21			
902	MONTAJE DE LAS UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B	2	11-01-77	11-01-77	12-01-77	12-01-77	0	0			
903	MONTAJE DE LAS UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B	2	11-01-77	11-01-77	12-01-77	12-01-77	0	0			
904	MONTAJE UNIDADES DE LECHO MEZCLADO ULM-1A/B	2	11-01-77	11-01-77	12-01-77	12-01-77	0	0			
905	MONTAJE DEL CALENTADOR DE AGUA	1	18-10-76	17-01-77	18-10-76	19-01-77	67	0			
906	MONTAJE DE LA COMPRESORA DE AIRE C-1	1	27-08-76	12-01-77	27-08-76	12-01-77	98	98			
907	MONTAJE DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA T-2/3	1	27-08-76	12-01-77	27-08-76	12-01-77	98	0			
908	MONTAJE DEL DEGASIFICADOR T0-1	2	18-10-76	13-01-77	19-10-76	11-01-77	60	0			
909	MONTAJE DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B	1	27-08-76	12-01-77	27-08-76	12-01-77	98	98			
910	MONTAJE DE BOMBAS AGUA DEGASIFICADA B-2A/B	1	18-10-76	12-01-77	18-10-76	12-01-77	62	22			
911	MONTAJE DE BOMBAS AGUA DE REGENER. B-3A/B	1	16-09-76	12-01-77	16-09-76	12-01-77	84	44			
912	MONTAJE DE BOMBAS ACIDO SULFURICO B-4A/B	1	17-11-76	12-01-77	17-11-76	12-01-77	40	0			
913	MONTAJE DE BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B-5A/B	1	18-10-76	12-01-77	18-10-76	12-01-77	52	22			
914	MONTAJE DEL CALENTADOR S-1	1	20-10-76	12-01-77	20-10-76	12-01-77	60	0			
1001	COLOCACION DISTRIBUIDORES Y EMPAQUE DEGAS.	1	20-10-76	17-01-77	20-10-76	17-01-77	63	0			
1002	COLOCACION DISTRIBUIDORES Y RESINA UNID.CAT.	2	13-01-77	13-01-77	14-01-77	14-01-77	0	0			
1003	COLOCACION DISTRIBUIDORES Y RESINA UNID.ANI.	2	13-01-77	13-01-77	14-01-77	14-01-77	0	0			
1004	COLOCACION DISTR.Y RESINA UNID.LECHO MEZCL.	2	13-01-77	13-01-77	14-01-77	14-01-77	0	0			
1101	INSTAL.TUBERIAS Y ACCESORIOS PARA PROCESO	15	29-12-76	23-12-76	17-01-77	17-01-77	0	0			
1102	INSTAL.ELECTRICA A MOTORES DE LA PLANTA	4	18-11-76	13-01-77	23-11-76	21-01-77	43	3			
1201	PRUEBA HIDROST. DEGASIFICADOR Y TANQUE ALMAC	3	21-10-76	18-01-77	25-10-76	20-01-77	63	0			
1202	PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES CATIONICAS	3	17-01-77	17-01-77	19-01-77	19-01-77	0	0			
1203	PRUEBA HIDROSTATICA TUBERIA DE PROCESO	11	05-01-77	05-01-77	19-01-77	19-01-77	0	0			
1204	PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES ANIONICAS	3	17-01-77	17-01-77	19-01-77	19-01-77	0	0			
1205	PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES LECHO MEZCLADO	3	17-01-77	17-01-77	19-01-77	19-01-77	0	0			
1206	PRUEBA HIDROSTATICA DEL CALENTADOR DE AGUA	1	19-10-76	20-01-77	19-10-76	20-01-77	67	0			
1207	PRUEBA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA	1	30-09-76	21-01-77	30-09-76	20-01-77	103	0			
1301	PINTURA DEGASIFICADOR Y TANQUE ALMACENAM.	1	26-10-76	21-01-77	26-10-76	21-01-77	63	53			
1302	PINTURA DE LAS UNIDADES CATIONICAS	2	20-01-77	21-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			
1303	PINTURA VAO AISLAMIENTO TUBERIA DE PROCESO	5	17-01-77	17-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			
1304	PINTURA DE LAS UNIDADES ANIONICAS	2	20-01-77	21-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			
1305	PINTURA DE UNIDADES DE LECHO MEZCLADO	2	26-01-77	21-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			

142

ADVANCED PLANNING AND CONTROL EXECUTIVE

REPORT OF SELECTED ACTIVITIES

PAGE 1 3

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

LATEST UPDATE 09-05-75

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

REPORT REQUESTED ON: 07-01-77

SEQUENCE: ACT. IDENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE

IN THIS REPORT ACTIVITIES ARE PRESENTED FOR WHICH
EARLIEST START ≥ 09-05-75

ACTIVITY IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR. DAYS	EARLIEST EXPECTED START	LATEST ALLOWABLE START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	LATEST ALLOWABLE COMPL.	TOTAL FLOAT	FR_E FLOAT	ORG.	ORG.	ORG.
									1	2	3
1306	AISLAMIENTO DEL CALENTADOR DE AGUA	1	20-10-76	21-01-77	20-10-76	21-01-77	67	57			
1307	PINTURA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA	1	31-09-76	21-01-77	31-08-76	21-01-77	163	103			
1401	INSTRUMENTACION DE LA PLANTA	5	14-01-77	14-01-77	20-01-77	20-01-77	0	0			
1501	CALIBRACION DE INSTRUMENTOS DE LA PLANTA	5	17-01-77	17-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			
1601	LIMPIEZA DE LA PLANTA	1	24-01-77	24-01-77	24-01-77	24-01-77	0	0			
1701	PRUEBA DE ARRANQUE DE LA PLANTA	4	25-01-77	25-01-77	28-01-77	28-01-77	0	0			
1801	OPERACION DE LA PLANTA	1	31-01-77	31-01-77	31-01-77	31-01-77	0	0			

ADVANCED PLANNING AND CONTROL EXECUTIVE

REPORT OF SELECTED ACTIVITIES

PAGE 1 3

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

LATEST UPDATE 1 09-05-75
REPORT REQUESTED ON: 07-01-77

SEQUENCE: ACT. IDENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE

IN THIS REPORT ACTIVITIES ARE PRESENTED FOR WHICH

EARLIEST START: 09-05-75

ACTIVITY IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR. DAYS	EARLIEST EXPECTED START	LATEST ALLOWABLE START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	LATEST ALLOWABLE COMPL.	TOTAL FLUAT	FR-E FLOAT	ORG.	ORG.	ORG.
									1	2	3
1316	AISLAMIENTO DEL CALENTADOR DE AGUA	1	20-10-76	21-01-77	20-10-76	21-01-77	67	57			
1307	PINTURA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA	1	31-08-76	21-01-77	31-08-76	21-01-77	163	103			
1401	INSTRUMENTACION DE LA PLANTA	5	14-01-77	14-01-77	20-01-77	20-01-77	0	0			
1501	CALIBRACION DE INSTRUMENTOS DE LA PLANTA	5	17-01-77	17-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			
1601	LIMPIEZA DE LA PLANTA	1	24-01-77	24-01-77	24-01-77	24-01-77	0	0			
1701	PRUEBA DE ARRANQUE DE LA PLANTA	4	25-01-77	25-01-77	28-01-77	28-01-77	0	0			
1801	OPERACION DE LA PLANTA	1	31-01-77	31-01-77	31-01-77	31-01-77	0	0			

PROJECT 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

NUMBER OF ACTIVITIES = 83
NUMBER OF RELATIONS = 193
NUMBER OF MILESTONES = 0

PROJECT START DATE IS 750509

LAST UPDATE WAS ON 750509, NETWORK LASTLY CALCULATED

EL PROGRAMA DE RUTA CRITICA ES PARA EL PROYECTO ADISENO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA CALDERAS DE ALTA PRESION, QUE SE LOCALIZA EN LA PLANTA TERMoeLECTRICA DE LA CFE UBICADA EN SALAMANCA, GTO.

LOS DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA ESTAN BASADOS EN LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LOS FABRICANTES, CONSTRUCTORES, Y POR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACION DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS INDUSTRIALES.

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
SEQUENCE: ACT. IDENT

ACTIVITY- IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR. DAYS	TOTAL FLOAT	FREE I FLOAT I	PREDECESSOR I ACTIVITY IDENT.	ACT. DUR. DAYS	TOTAL FLOAT	R E L	--DE-- L AY-- IN IN PER. DAYJ
201	INGENIERIA DEL PROYECTO	154	0	0	I	101	44	0	J
301	PLANOS ISOMETRICOS DE TUBERIA DE PROCESO	33	40	33	I	201	154	0	J
302	PLANOS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA	33	211	72	I	201	154	0	C J
					I	201	154	0	S 33
303	PLANOS DE CIMENTACION DE EQUIPOS	33	200	105	I	201	154	0	C 5
					I	201	154	0	S 44
304	PLANO DE LOCALIZACION DE EQUIPOS	33	200	105	I	201	154	0	C 5
					I	201	154	0	S 00
401	SUMINISTRO DE RESINA PARA LAS UNIDADES	44	129	129	I	201	154	0	06
402	SUMINISTRO DE ANILLOS RASCHING	22	153	90	I	201	154	0	03
403	SUMINISTRO DE MATERIAL ELECTRICO	11	142	0	I	201	154	0	03
404	SUMINISTRO DE LA TUBERIA PARA DRENAJES	44	106	0	I	201	154	0	03
405	SUMINISTRO DE TUBERIA PARA EL PROCESO	154	7	7	I	201	154	0	03
					I	301	33	40	J
406	SUMINISTRO DE INSTRUMENTOS	33	96	86	I	201	154	0	00
407	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA LA TUBERIA	154	7	7	I	201	154	0	00
408	SUMINISTRO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION	44	95	0	I	201	154	0	00
409	SUMINISTRO DE DISTRIBUIDORES PARA UNIDADES	22	151	90	I	201	154	0	05
501	FABRICACION DEL TANQUE DE ALMACENAM. T0-1	88	81	0	I	201	154	0	05
502	FABRICACION DEL DESGASIFICADOR D-1	110	60	0	I	201	154	0	05
503	FABRICACION DE UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B	171	0	0	I	201	154	0	05
504	FABRICACION DE UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B	171	0	0	I	201	154	0	00
505	FABRICACION DE UNIDADES DE L. MIXTO ULH-1A/B	171	0	0	I	201	154	0	00
506	FABRICACION DEL CALENTADOR DE AGUA CC-1	110	67	0	I	201	154	0	00
507	FABRICACION DE COMPRESORA DE AIRE C-1	33	139	41	I	201	154	0	00
508	FABRICACION DE TANQUES DE ACIDO Y SOSA T-2/3	55	117	19	I	201	154	0	06
509	FABRICACION DEL SOPLANOR DE AIRE S-1	11	161	101	I	201	154	0	00
510	FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B	22	150	52	I	201	154	0	00
511	FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA DESGAS. B-2A/B	110	62	0	I	201	154	0	05
512	FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA REGENER. B-3A/B	88	84	0	I	201	154	0	00
513	FABRICACION DE BOMBAS ACIDU SULFURICO B-4A/B	132	40	0	I	201	154	0	00
514	FABRICACION DE BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B5A/B	110	62	0	I	201	154	0	00
601	CIMENTACION TANQUE ALMACENAM. AGUA DESGAS. T-1	11	106	11	I	303	33	200	J
					I	304	33	200	J
					I	408	44	95	J

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
SEQUENCE: ACT. IDENT

LATEST UPDATE: 1 09-05-75
REPORT REQUESTED ON: 07-01-77

ACTIVITY- IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR. DAYS	TOTAL FLOAT	FREE I FLOAT I	PREDECESSOR ACTIVITY IDENT.	ACT. DUR. DAYS	TOTAL FLOAT	R E L	--DELAY-- IN PER.	IN DAYS	
602	CIMENTACION DE UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B	22	95	0	I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
603	CIMENTACION DE UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B	22	95	0	I	408	44	95			J
					I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
					I	408	44	95			J
604	CIMENTACION DE UNIDADES LECHO MEZCL.ULM-1A/B	22	95	0	I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
					I	408	44	95			J
605	CIMENTACION DEL CALENTADOR DE AGUA CC-1	8	109	14	I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
					I	408	44	95			J
606	CIMENTACION DE LA COMPRESORA DE AIRE C-1	8	109	14	I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
					I	408	44	95			J
607	CIMENTACION DE TANQUES ACIDO Y SOSA T-2/3	5	112	17	I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
					I	408	44	95			J
608	CIMENTACION DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B	6	111	16	I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
					I	408	44	95			J
609	CIMENTACION BOMBAS AGUA DESGASIFICADA B-2A/B	6	111	16	I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
					I	408	44	95			J
610	CIMENTACION BOMBAS AGUA REGENERACION B-3A/B	6	111	16	I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
					I	408	44	95			J
611	CIMENTACION BOMBAS ACIDO SULFURICO B-4A/B	4	113	18	I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
					I	408	44	95			J
612	CIMENTACION BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B-5A/B	4	113	18	I	303	33	200			J
					I	304	33	200			J
					I	408	44	95			J
701	INSTALACION DUCTOS ELECTRICOS SUBTERRANEOS	8	142	47	I	302	33	211			J
					I	403	11	142			J
702	INSTALACION DE LOS DRENAJES SUBTERRANEOS	11	106	11	I	302	33	211			J
					I	404	44	106			J
801	PAVIMENTACION DE LA PLANTA	11	95	0	I	408	44	95			J
					I	601	11	106	C		J
					I	602	22	95	C		J
					I	603	22	95	C		J
					I	604	22	95	C		J
					I	605	8	109	C		J
					I	606	8	109	C		J
					I	607	5	112	C		J

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
SEQUENCE: ACT. IDENT

LATEST UPDATE: 09-05-75
REPORT REQUESTED ON: 07-01-77

ACTIVITY- IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR.	TOTAL FLOAT	FREE FLOAT	I I	PREDECESSOR ACTIVITY IDENT.	ACT. DUR.	TOTAL FLOAT	R E L	--DELAY-- IN IN PER. JAYS	
						I	608	6	111	C	J
						I	609	6	111	C	J
						I	610	6	111	C	J
						I	611	4	113	C	J
						I	612	4	113	C	J
						I	701	8	142	C	J
						I	702	11	106	C	J
901	MONTAJE TANQUE ALMAC.AGUA DESGASIFICADA T-1	1	81	21	I	501	88	81			J
						I	601	11	106		J
						I	801	11	95		J
902	MONTAJE DE LAS UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B	2	0	0	I	503	171	0			J
						I	602	22	95		J
						I	801	11	95		J
903	MONTAJE DE LAS UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B	2	0	0	I	504	171	0			J
						I	603	22	95		J
						I	801	11	95		J
904	MONTAJE UNIDADES DE LECHO MEZCLADO ULM-1A/B	2	0	0	I	505	171	0			J
						I	604	22	95		J
						I	801	11	95		J
905	MONTAJE DEL CALENTADOR DE AGUA	1	67	0	I	506	110	67			J
						I	605	5	109		J
						I	801	11	95		J
906	MONTAJE DE LA COMPRESORA DE AIRE C-1	1	98	98	I	507	33	139			J
						I	606	8	109		J
						I	801	11	95		J
907	MONTAJE DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA T-213	1	98	0	I	508	55	117			J
						I	607	5	112		J
						I	801	11	95		J
908	MONTAJE DEL DESGASIFICADOR TD-1	2	60	0	I	502	110	60			J
						I	901	1	81		J
909	MONTAJE DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B	1	98	58	I	510	22	150			J
						I	608	6	111		J
						I	801	11	95		J
910	MONTAJE DE BOMBAS AGUA DESGASIFICADA B-2A/B	1	62	22	I	511	110	62			J
						I	609	6	111		J
						I	801	11	95		J
911	MONTAJE DE BOMBAS AGUA DE REGENER. B-3A/B	1	84	44	I	512	88	84			J
						I	610	6	111		J
						I	801	11	95		J
912	MONTAJE DE BOMBAS ACIDO SULFURICO B-4A/B	1	40	0	I	513	132	40			J
						I	611	4	113		J
						I	801	11	95		J
913	MONTAJE DE BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B-5A/B	1	62	22	I	514	110	62			J
						I	612	4	113		J
						I	801	11	95		J

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
 THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
 SEQUENCE: ACT. INST

LATEST UPDATE: 09-05-75
 REPORT REQUESTED ON: 07-01-77

ACTIVITY- IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR.	TOTAL FLOAT DAYS	FREE FLOAT DAYS	I I I	PREDECESSOR ACTIVITY IDENT.	ACT. DUR.	TOTAL FLOAT DAYS	R E L	--DELAY-- IN PER.	IN DAY
914	MCNTAJE DEL SCPLADOR S-1	1	60	60	I	509	11	161			J
					I	908	2	60			J
1001	COLOCACION DISTRIBUIDORES Y EMPAQUE DESGAS.	1	63	0	I	402	22	153			J
					I	409	22	151			J
1002	COLOCACION DISTRIBUIDORES Y RESINA UNID.CAT.	2	0	0	I	908	2	60			J
					I	401	44	129			J
					I	409	22	151			J
1003	COLOCACION DISTRIBUIDORES Y RESINA UNID.ANI.	2	0	0	I	902	2	0			0
					I	401	44	129			0
					I	409	22	151			0
1004	COLOCACION DISTR.Y RESINA UNID.LECHO MEZCL.	2	0	0	I	903	2	0			J
					I	401	44	129			0
					I	409	22	151			0
1101	INSTAL.TUBERIAS Y ACCESORIOS PARA PROCESO	15	0	0	I	904	2	0			J
					I	301	33	40			J
					I	405	154	7			J
					I	407	154	7			0
					I	901	1	81	C		J
					I	902	2	0	C		J
					I	903	2	0	C		J
					I	904	2	0	C		J
					I	906	1	98	C		J
					I	907	1	98	C		J
					I	908	2	60	C		J
					I	909	1	98	C		J
					I	910	1	62	C		J
					I	911	1	84	C		J
					I	912	1	40	C		J
					I	913	1	62	C		J
1102	INSTAL.ELECTRICA A MOTORES DE LA PLANTA	4	43	43	I	914	1	60	C		J
					I	302	63	211			0
					I	403	11	142			J
					I	909	1	98			J
					I	910	1	62			J
					I	911	1	84			J
					I	912	1	40			J
					I	913	1	62			J
1201	PRUEBA HIDROST.DESGASIFICADOR Y TANQUE ALMAC	3	63	0	I	1001	1	63			J
1202	PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES CATIONICAS	3	0	0	I	1002	2	0			0
1203	PRUEBA HIDROSTATICA TUBERIA DE PROCESO	11	0	0	I	1101	15	0	S		J
					I	1101	15	0	C		J
1204	PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES ANIONICAS	3	0	0	I	1003	2	0			J
1205	PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES LECHO MEZCLADO	3	0	0	I	1004	2	0			J
1206	PRUEBA HIDROSTATICA DEL CALENTADOR DE AGUA	1	67	0	I	905	1	67			0
1207	PRUEBA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA	1	103	0	I	907	1	98			J

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
 THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
 SEQUENCE: ACT. IDENT

ACTIVITY- IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR. DAYS	TOTAL FLOAT	FREE I FLOAT I	PREDECESSOR ACTIVITY IDENT.	ACT. DUR. DAYS	TOTAL FLOAT	R E L	--DE_LAY-- IN IN PER. DAY;
1301	PINTURA DESGASIFICADOR Y TANQUE ALMACENAM.	1	63	63	I 1201	3	63		J
1302	PINTURA DE LAS UNIDADES CATIONICAS	2	0	0	I 1202	3	0		J
1303	PINTURA Y/O AISLAMIENTO TUBERIA DE PROCESO	5	0	0	I 1203	11	0	C	J
1304	PINTURA DE LAS UNIDADES ANIONICAS	2	0	0	I 1204	3	0		J
1305	PINTURA DE UNIDADES DE LECHO MEZGLADO	2	0	0	I 1205	3	0		J
1306	AISLAMIENTO DEL CALENTADOR DE AGUA	1	67	67	I 1206	1	67		J
1307	PINTURA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA	1	103	103	I 1207	1	103		J
1401	INSTRUMENTACION DE LA PLANTA	5	0	0	I 406	88	86		J
					I 1203	11	0	C	J
1501	CALIPRACION DE INSTRUMENTOS DE LA PLANTA	5	0	0	I 1203	11	0	S	J
					I 1401	5	0	C	J
1601	LIMPIEZA DE LA PLANTA	1	0	0	I 1401	5	0	S	J
					I 1102	4	43		J
					I 1301	1	63		J
					I 1302	2	0		J
					I 1303	5	0		J
					I 1304	2	0		J
					I 1305	2	0		J
					I 1306	1	67		J
					I 1307	1	103		J
1701	PRUEBA DE ARRANQUE DE LA PLANTA	4	0	0	I 1501	5	0		J
1801	OPERACION DE LA PLANTA	1	0	0	I 1601	1	0		J
					I 1701	4	0		J

PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS INDUSTRIALES

ADVANCED PLANNING AND CONTROL EXECUTIVE

BAR CHART OF SELECTED ACTIVITIES (15 WEEKS)

PAGE 1
LATEST UPDATE 09-05-75
REPORT REQUESTED ON 07-01-77

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

EL PROGRAMA DE RUTA CRITICA ES PARA EL PROYECTO ADISENO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA CALDERAS DE ALTA PRESION, QUE SE LOCALIZA EN LA PLANTA TERMOELECTRICA DE LA CFE UBICADA EN SALAMANCA, GTO.
LOS DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA ESTAN BASADOS EN LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LOS FABRICANTES, CONSTRUCTORES, Y POR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACION DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS INDUSTRIALES.

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

SEQUENCE: TOTAL FLOAT , EARLIEST START, ACT. IOENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL

-=NEGATIVE TOTAL FLOAT O=INTERRUPTED *=START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST COMPL.	I												I	JRG.	ORG.	ORG.						
			MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT97.	NOV	DEC	1	2	3											
ESTUDIO INICIAL DEL PROYECTO			I	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	I			
101 09-05-75	09-07-75		I	+																	I			
INGENIERIA DEL PROYECTO			I																		I			
201 10-07-75	12-02-76		I																		I			

EL PROGRAMA DE RUTA CRITICA ES PARA EL PROYECTO ADISENO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA CALDERAS DE ALTA PRESION, QUE SE LOCALIZA EN LA PLANTA TERMoeLECTRICA DE LA CFE UBICADA EN SALAMANCA, GTO.
 LOS DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA ESTAN BASADOS EN LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LOS FABRICANTES, CONSTRUCTORES, Y POR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACION DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS INDUSTRIALES.

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
 SEQUENCE: TOTAL FLOAT, EARLIEST START, ACT. IDENT
 SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL
 ..=-NEGATIVE TOTAL FLCAIT 0=INTERRUPTED *START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	I	1976												I	JRG.	ORG.	ORG.						
		MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	1	2	3											
EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	21	1	2	3	
FABRICACION DE UNIDADES CATIONICAS UC-1A/3	I	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	I			
503 17-05-76	I	*																		I			
FABRICACION DE UNIDADES ANIONICAS UA-1A/3	I	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	I			
504 17-05-76	I	*																		I			
FABRICACION DE UNIDADES DE L. MIXTO ULM-1A/3I	I	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	I			
505 17-05-76	I	*																		I			
INSTAL.TUBERIAS Y ACCESORIOS PARA PROCESO	I																			I			
1101 25-12-76	I																			I			
																					I		

EL PROGRAMA DE RUTA CRITICA ES PARA EL PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA CALDERAS DE ALTA PRESION, QUE SE LOCALIZA EN LA PLANTA TERMoeLECTRICA DE LA CFE UBICADA EN SALAMANCA, GTO.

LOS DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA ESTAN BASADOS EN LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LOS FABRICANTES, CONSTRUCTORES, Y POR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACION DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS INDUSTRIALES.

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

SEQUENCE: TOTAL FLOAT * EARLIEST START, ACT. IDENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL

-=-NEGATIVE TOTAL FLOAT 0=INTERRUPTED +=START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	I												I	JRG.	ORG.	ORG.	
			JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	CODE	CODE	CODE					
PRUEBA HIDROSTATICA TUBERIA DE PROCESO			I																
1203 05-01-77		19-01-77	I																
MCNTAJE DE LAS UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B			I																
902 11-01-77		12-01-77	I																
MCNTAJE DE LAS UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B			I																
903 11-01-77		12-01-77	I																
MCNTAJE UNIDADES DE LECHO MEZCLADO ULM-1A/B			I																
904 11-01-77		12-01-77	I																
CCLOCACION DISTRIBUIDORES Y RESINA UNID.CAT.			I																
1002 13-01-77		14-01-77	I																
CCLOCACION DISTRIBUIDORES Y RESINA UNID.ANI.			I																
1003 13-01-77		14-01-77	I																
CCLOCACION DISTR.Y RESINA UNID.LECHO MEZCL.			I																
1004 13-01-77		14-01-77	I																
INSTRUMENTACION DE LA PLANTA			I																
1401 14-01-77		20-01-77	I																
PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES CATIONICAS			I																
1202 17-01-77		19-01-77	I																
PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES ANIONICAS			I																
1204 17-01-77		19-01-77	I																
PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES LECHO MEZCLADO			I																
1205 17-01-77		19-01-77	I																
PINTURA Y/O AISLAMIENTO TUBERIA DE PROCESO			I																
1303 17-01-77		21-01-77	I																

152

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
 THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
 SEQUENCE: TOTAL FLOAT, EARLIEST START, ACT. IDENT

LATEST UPDATE: 09-05-75
 REPORT REQUESTED ON: 07-01-77

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL
 --NEGATIVE TOTAL FLOAT O=INTERRUPTED +=START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	I	MONTHS												I	JRG. CODE	ORG. CODE	ORG. CODE
				JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG								
CALIBRACION DE INSTRUMENTOS DE LA PLANTA			I																
1501 17-01-77	21-01-77		I																
PINTURA DE LAS UNIDADES CATIONICAS			I																
1702 20-01-77	21-01-77		I																
PINTURA DE LAS UNIDADES ANIONICAS			I																
1304 20-01-77	21-01-77		I																
PINTURA DE UNIDADES DE LECHE MEZCLADO			I																
1305 20-01-77	21-01-77		I																
LIMPIEZA DE LA PLANTA			I																
1601 24-01-77			I																
PRUEBA DE ARRANQUE DE LA PLANTA			I																
1701 25-01-77	25-01-77		I																
OPERACION DE LA PLANTA			I																
1801 31-01-77	31-01-77		I																

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

SEQUENCE: TOTAL FLOAT , EARLIEST START, ACT. IDENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL

-=NEGATIVE TOTAL FLOAT 0=INTERRUPTED +=START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	I	1976												I	JRG. ORG. ORG.											
		MAY	JUN			JUL			AUG			SEP				OCT			NOV			DEC				
EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	21	1	2	3	1	2	3	
SUMINISTRO DE TUBERIA PARA EL PROCESO 405	I	17-05-76																								
SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA LA TUBERIA 407	I	17-05-76																								
FABRICACION DE BOMBAS ACIDO SULFURICO 9-4A/BI 513	I	17-05-76																								
MCNTAJE DE BOMBAS ACIDO SULFURICO 9-4A/B 912	I	17-11-76																								
INSTAL. ELECTRICA A MOTORES DE LA PLANTA 1102	I	18-11-76																								
FABRICACION DEL DESGASIFICADOR D-1 502	I	17-05-76																								
MCNTAJE DEL DESGASIFICADOR TD-1 90A	I	18-10-76																								
MCNTAJE DEL SOPLADOR S-1 914	I	20-10-76																								
FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA DESGAS. 9-2A/BI 511	I	17-05-76																								
FABRICACION DE BOMBAS DE SCSA CAUSTICA 85A/BI 514	I	17-05-76																								
MCNTAJE DE BOMBAS AGUA DESGASIFICADA 9-2A/B 910	I	18-10-76																								

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

SEQUENCE: TOTAL FLOAT , EARLIEST START, ACT. IDENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PLANNED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL
-=-NEGATIVE TOTAL FLOAT O=INTERRUPTED *=-START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED COMPLE.	1976												I	JRG.	ORG.	ORG.
			MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR				
MCNTAJE DE BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B-5A/3																		
917	14-10-76	18-10-76																
CCLOCACION DISTRIBUIDORES Y EMPAQUE DESGAS.																		
1001	20-10-76	20-10-76																
PRUEBA HIDROST. DESGASIFICADOR Y TANQUE ALMACI																		
1201	21-10-76	25-10-76																
PINTURA DESGASIFICADOR Y TANQUE ALMACENAM.																		
1301	26-10-76	26-10-76																
FABRICACION DEL CALENTADOR DE AGUA CC-1																		
506	17-05-76	15-10-76																
MCNTAJE DEL CALENTADOR DE AGUA																		
905	14-10-76	18-10-76																
PRUEBA HIDROSTATICA DEL CALENTADOR DE AGUA																		
1206	19-10-76	19-10-76																
AISLAMIENTO DEL CALENTADOR DE AGUA																		
1304	20-10-76	20-10-76																
FABRICACION DEL TANQUE DE ALMACENAM. TO-1																		
501	17-05-76	15-09-76																
MCNTAJE TANQUE ALMAC. AGUA DESGASIFICADA T-1																		
901	16-09-76	16-09-76																
FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA REGENER. B-1A/3																		
512	17-05-76	15-09-76																
MCNTAJE DE BOMBAS AGUA DE REGENER. B-3A/3																		
911	16-09-76	16-09-76																
SUMINISTRO DE INSTRUMENTOS																		
406	17-05-76	15-09-76																
SUMINISTRO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION																		
408	17-05-76	15-07-76																
CIMENTACION DE UNIDADES CATIONICAS UC-14/B																		
602	16-07-76	16-07-76																
CIMENTACION DE UNIDADES ANIONICAS UA-1A/3																		
603	16-07-76	16-07-76																
CIMENTACION DE UNIDADES LECHE MEZCL. ULM-1A/3																		
604	16-07-76	16-07-76																
PAVIMENTACION DE LA PLANTA																		
601	05-08-76	19-08-76																
MCNTAJE DE LA COMPRESORA DE AIRE C-1																		
906	27-08-76	27-08-76																
MCNTAJE DE LOS TANQUES DE AClUO Y SOSA T-211																		
907	27-08-76	27-08-76																
MCNTAJE DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/3																		
909	27-08-76	27-08-76																

155

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

SEQUENCE: TOTAL FLOAT , EARLIEST START, ACT. IDENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PLANNED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL

--NEGATIVE TOTAL FLOAT O=INTERRUPTED **START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	1976												I	JRG.	ORG.	DNG.															
	EARLIEST	EARLIEST	MAY		JUN		JUL		AUG		SEP						OCT		NOV		DEC		I	JOSE	CODE	CODE					
	EXPECTED	EXPECTED	120	22	24	26	28	30	32	34	36	38					40	42	44	46	48	50					52	21	1	2	3
	START	COMPL.	I	21	23	25	27	29	31	33	35	37					39	41	43	45	47	49					51	1	I		
PRUEBA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA																															
1207	30-08-76																														
PINTURA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA																															
1307	31-08-76																														
SUMINISTRO DE LA TUBERIA PARA DRENAJES																															
404	17-05-76																														
CIMENTACION TANQUE ALMACENAM.AGUA DESGAS.T-1I																															
601	16-07-76																														
INSTALACION DE LOS DRENAJES SUBTERRANEOS																															
702	16-07-76																														
CIMENTACION DEL CALENTADOR DE AGUA CC-1																															
605	16-07-76																														
CIMENTACION DE LA COMPRESORA DE AIRE C-1																															
606	16-07-76																														
CIMENTACION DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B																															
608	16-07-76																														
CIMENTACION BOMBAS AGUA DESGASIFICADA B-2A/B																															
609	16-07-76																														
CIMENTACION BOMBAS AGUA REGENERACION B-3A/B																															
610	16-07-76																														
CIMENTACION DE TANQUES ACIDO Y SOSA T-2/3																															
607	16-07-76																														
CIMENTACION BOMBAS ACIDO SULFURICO B-4A/B																															
611	16-07-76																														
CIMENTACION BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B-5A/B																															
612	16-07-76																														
FABRICACION DE TANQUES DE ACIDO Y SOSA T-2/3I																															
508	17-05-76																														
SUMINISTRO DE RESINA PARA LAS UNIDADES																															
401	17-05-76																														
FABRICACION DE COMPRESORA DE AIRE C-1																															
507	17-05-76																														
SUMINISTRO DE MATERIAL ELECTRICO																															
403	17-05-76																														
INSTALACION DUCTOS ELECTRICOS SUBTERRANEOS																															
701	01-06-76																														
FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B																															
510	17-05-76																														
SUMINISTRO DE DISTRIBUIDORES PARA UNIDADES																															
404	17-05-76																														
SUMINISTRO DE ANILLOS RASCHING																															
402	17-05-76																														
FABRICACION DEL SOPLANADOR DE AIRE S-1																															
509	17-05-76																														

156

R E P O R T E S C O N A C T I V I D A D E S

P R O G R A M A D A S (A N E X O I I)

- Reporte de actividades selectas por primeras fechas de inicio, terminación e identificación de actividad(reporte de campo)
- Reporte del diagrama de barras de actividades selectas por primeras fechas de inicio, terminación e identificación de actividades(reporte para toma de decisión)

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

LATEST UPDATE 09-05-75
REPORT REQUESTED ON: 07-01-77

EL PROGRAMA DE RUTA CRITICA ES PARA EL PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA CALDERAS DE ALTA PRESION, QUE SE LOCALIZA EN LA PLANTA TERMoeLECTRICA DE LA CFE UBICADA EN SALAMANCA, GTO.
LOS DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA ESTAN PASADOS EN LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LOS FABRICANTES, CONSTRUCTORES, Y POR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACION DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS INDUSTRIALES.

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
SEQUENCE: EARLIEST START, EARLIEST COMPL, ACT. IDENT
IN THIS REPORT ACTIVITIES ARE PRESENTED FOR WHICH
EARLIEST START ≥ 01-05-75

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE

ACTIVITY IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR. DAYS	EARLIEST EXPECTED START	LATEST ALLOWABLE START	EARLIEST COMPL.	LATEST ALLOWABLE COMPL.	TOTAL FLOAT	FREE FLOAT	ORG. CODE 1	ORG. CODE 2	CRJ. CODE 3
101	ESTUDIO INICIAL DEL PROYECTO	44	009-05-75		009-07-75		0	0			
201	INGENIERIA DEL PROYECTO	154	A10-07-75		A12-02-76		0	0			
302	PLANOS DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA	33	06-01-76	27-10-76	19-02-76	10-12-76	211	184			
303	PLANOS DE CIMENTACION DE EQUIPOS	33	06-01-76	12-10-76	19-02-76	25-11-76	209	170			
304	PLANO DE LOCALIZACION DE EQUIPOS	33	06-01-76	12-10-76	19-02-76	25-11-76	209	170			
301	PLANOS ISOMETRICOS DE TUBERIA DE PROCESO	33	13-02-76	09-04-76	30-03-76	25-05-76	49	33			
403	SUMINISTRO DE MATERIAL ELECTRICO	11	17-05-76	11-12-76	31-05-76	15-12-76	142	112			
402	SUMINISTRO DE ANILLOS RASCHING	22	17-05-76	15-12-76	15-06-76	14-01-77	153	144			
409	SUMINISTRO DE DISTRIBUIDORES PARA UNIDADES	22	17-05-76	14-12-76	15-06-76	12-01-77	151	144			
401	SUMINISTRO DE RESINA PARA LAS UNIDADES	44	17-05-76	12-11-76	15-07-76	12-01-77	129	129			
404	SUMINISTRO DE LA TUBERIA PARA DRENAJES	44	17-05-76	12-10-76	15-07-76	10-12-76	106	98			
408	SUMINISTRO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION	44	17-05-76	27-09-76	15-07-76	25-11-76	95	65			
406	SUMINISTRO DE INSTRUMENTOS	88	17-05-76	14-09-76	15-09-76	11-01-77	86	86			
405	SUMINISTRO DE TUBERIA PARA EL PROCESO	154	17-05-76	26-05-76	16-12-76	27-12-76	7	7			
407	SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA LA TUBERIA	154	17-05-76	26-05-76	16-12-76	27-12-76	7	7			
501	FABRICACION DE UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B	171	17-05-76	17-05-76	10-01-77	10-01-77	0	0			
504	FABRICACION DE UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B	171	17-05-76	17-05-76	10-01-77	10-01-77	0	0			
505	FABRICACION DE UNIDADES DE L. MIXTO ULM-1A/B	171	17-05-76	17-05-76	10-01-77	10-01-77	0	0			
513	FABRICACION DE BOMBAS ACIDO SULFURICO B-4A/B	132	L29-06-76	12-07-76	29-12-76	11-01-77	9	2			
511	FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA DESGAS. B-2A/B	110	L26-07-76	11-08-76	24-12-76	11-01-77	12	2			
502	FABRICACION DEL DESGASIFICADOR C-1	110	L27-07-76	09-08-76	27-12-76	07-01-77	9	2			
514	FABRICACION DE BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B5A/B	110	L28-07-76	11-08-76	28-12-76	11-01-77	10	2			
506	FABRICACION DEL CALENTADOR DE AGUA CC-1	110	L29-07-76	14-08-76	29-12-76	18-01-77	14	0			
501	FABRICACION DEL TANQUE DE ALMACENAM. TD-1	88	L24-08-76	07-09-76	23-12-76	06-01-77	10	2			
512	FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA REGENER. B-3A/B	88	L25-08-76	10-09-76	24-12-76	11-01-77	12	2			
508	FABRICACION DE TANQUES DE ACIDO Y SOSA T-2/3	55	L08-10-76	27-10-76	23-12-76	11-01-77	13	2			
603	CIMENTACION DE UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B	22	L15-10-76	26-11-76	15-11-76	27-12-76	20	22			
601	CIMENTACION TANQUE ALMACENAM. AGUA DESGAS. T-1	11	L20-10-76	17-12-76	03-11-76	27-12-76	30	30			
610	CIMENTACION BOMBAS AGUA REGENERACION R-3A/B	6	L28-10-76	29-12-76	04-11-76	27-12-76	27	29			
609	CIMENTACION BOMBAS AGUA DESGASIFICADA R-2A/B	6	L03-11-76	21-12-76	10-11-76	27-12-76	22	25			
701	INSTALACION DE CTOS ELECTRICOS SUBTERRANEOS	8	L04-11-76	16-12-76	15-11-76	27-12-76	20	22			
604	CIMENTACION DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B	6	L05-11-76	20-12-76	12-11-76	27-12-76	31	23			
607	CIMENTACION DE TANQUES ACIDO Y SOSA T-2/3	5	L11-11-76	21-12-76	17-11-76	27-12-76	28	20			

159

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA
 THIS REPORT IS FOR: TESTS PROFESIONAL
 SEQUENCE: EARLIEST START, EARLIEST COMPL, ACT. IDENT
 IN THIS REPORT ACTIVITIES ARE PRESENTED FOR WHICH

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE

EARLIEST START: 01-05-75

ACTIVITY IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR. DAYS	EARLIEST EXPECTED START	LATEST ALLOWABLE START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	LATEST ALLOWABLE COMPL.	TOTAL FLOAT	FREE FLOAT	ORG. CODE 1	ORG. CODE 2	ORG. CODE 3
507	FABRICACION DE COMPRESORA DE AIRE C-1	33	L11-11-76	26-11-76	27-12-76	11-01-77	11	0			
612	CIMENTACION BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B-5A/B	4	L15-11-76	22-12-76	14-11-76	27-12-76	27	19			
602	CIMENTACION DE UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B	2	L16-11-76	26-11-76	15-12-76	27-12-76	9	0			
604	CIMENTACION DE UNIDADES LECHO MEZCL.ULM-1A/B	22	L16-11-76	26-11-76	15-12-76	27-12-76	9	0			
606	CIMENTACION DE LA COMPRESORA DE AIRE C-1	8	L18-11-76	16-12-76	29-11-76	27-12-76	20	12			
510	FABRICACION DEL CALENTADOR DE AGUA CC-1	8	L19-11-76	16-12-76	30-11-76	27-12-76	19	11			
611	CIMENTACION DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B	22	L25-11-76	13-12-76	24-12-76	11-01-77	12	2			
702	INSTALACION DE LOS GRENJES SUBTERRANEOS	4	L30-11-76	22-12-76	03-12-76	27-12-76	16	8			
801	PAVIMENTACION DE LA PLANTA	11	L01-12-76	13-12-76	15-12-76	27-12-76	8	0			
509	FABRICACION DEL SOPLADOR DE AIRE S-1	11	L06-12-76	16-12-76	20-12-76	10-12-76	8	0			
981	MONTAJE TANQUE ALMAC.AGUA DESGASIFICADA T-1	11	L15-12-76	28-12-76	29-12-76	11-01-77	9	2			
906	MONTAJE DE LA COMPRESORA DE AIRE C-1	1	L28-12-76	07-01-77	28-12-76	J7-01-77	8	1			
907	MONTAJE DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA T-213	1	L28-12-76	17-01-77	28-12-76	12-01-77	11	11			
1101	INSTAL.TUBERIAS Y ACCESORIOS PARA PROCESO	15	L28-12-76	28-12-76	17-01-77	17-01-77	0	0			
909	MONTAJE DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B	1	L29-12-76	12-01-77	29-12-76	12-01-77	10	3			
910	MONTAJE DE BOMBAS AGUA DESGASIFICADA B-2A/B	1	L29-12-76	12-01-77	29-12-76	12-01-77	10	3			
911	MONTAJE DE BOMBAS AGUA DE REGENER. B-3A/B	1	L29-12-76	12-01-77	29-12-76	12-01-77	10	3			
905	MONTAJE DEL CALENTADOR DE AGUA	1	L30-12-76	19-01-77	30-12-76	19-01-77	14	0			
1207	PRUEBA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA	1	L30-12-76	20-01-77	30-12-76	20-01-77	15	1			
908	MONTAJE DEL DESGASIFICADOR TD-1	2	L30-12-76	19-01-77	31-12-76	11-01-77	7	0			
913	MONTAJE DE BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B-5A/B	1	L31-12-76	12-01-77	31-12-76	12-01-77	8	1			
1206	PRUEBA HIDROSTATICA DEL CALENTADOR DE AGUA	1	L31-12-76	20-01-77	31-12-76	20-01-77	14	0			
912	MONTAJE DE BOMBAS ACIDO SULFURICO B-4A/B	1	L03-01-77	12-01-77	03-01-77	12-01-77	7	0			
914	MONTAJE DEL SOPLADOR S-1	1	L03-01-77	12-01-77	03-01-77	12-01-77	7	7			
1305	ATISLAMIENTO DEL CALENTADOR DE AGUA	1	L03-01-77	21-01-77	03-01-77	21-01-77	14	14			
1307	PINTURA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA	1	L03-01-77	21-01-77	03-01-77	21-01-77	14	14			
1001	COLOCACION DISTRIBUIDORES Y EMPAQUE DESGAS.	1	L04-01-77	17-01-77	04-01-77	17-01-77	9	0			
1102	INSTAL.ELECTRICA A MOTORES DE LA PLANTA	4	L04-01-77	14-01-77	07-01-77	21-01-77	10	10			
1201	PRUEBA HIDROST. DESGASIFICADOR Y TANQUE ALMAC	3	L05-01-77	18-01-77	07-01-77	20-01-77	9	0			
1203	PRUEBA HIDROSTATICA TUBERIA DE PROCESO	11	05-01-77	05-01-77	19-01-77	19-01-77	0	0			
1301	PINTURA DESGASIFICADOR Y TANQUE ALMACENAM.	1	L10-01-77	21-01-77	10-01-77	21-01-77	5	9			
902	MONTAJE DE LAS UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B	2	11-01-77	11-01-77	12-01-77	12-01-77	0	0			
903	MONTAJE DE LAS UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B	2	11-01-77	11-01-77	12-01-77	12-01-77	0	0			
904	MONTAJE UNIDADES DE LECHO MEZCLADO ULM-1A/B	2	11-01-77	11-01-77	12-01-77	12-01-77	0	0			
1002	COLOCACION DISTRIBUIDORES Y RESINA UNID.CAT.	2	13-01-77	13-01-77	14-01-77	14-01-77	0	0			
1003	COLOCACION DISTRIBUIDORES Y RESINA UNID.ANI.	2	13-01-77	13-01-77	14-01-77	14-01-77	0	0			
1004	COLOCACION DISTRIB. Y RESINA UNID.LECHO MEZCL.	2	13-01-77	13-01-77	14-01-77	14-01-77	0	0			
1401	INSTUMENTACION DE LA PLANTA	5	14-01-77	14-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			
1202	PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES CATIONICAS	3	17-01-77	17-01-77	19-01-77	15-01-77	0	0			
1204	PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES ANIONICAS	3	17-01-77	17-01-77	19-01-77	15-01-77	0	0			
1205	PRUEBA HIDROSTATICA UNIDADES LECHO MEZCLADO	3	17-01-77	17-01-77	19-01-77	19-01-77	0	0			
1303	PINTURA Y/O ATISLAMIENTO TUBERIA DE PROCESO	5	17-01-77	17-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			

ADVANCED PLANNING AND CONTROL EXECUTIVE

REPORT OF SELECTED ACTIVITIES

PAGE 1 3

LATEST UPDATE 09-05-75

REPORT REQUESTED ON: 07-01-77

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

SEQUENCE: EARLIEST START, EARLIEST COMPL. ACT. IDENT

IN THIS REPORT ACTIVITIES ARE PRESENTED FOR WHICH

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE

EARLIEST START: 01-05-75

ACTIVITY IDENT.	ACTIVITY DESCRIPTION	ACT. DUR. DAYS	EARLIEST EXPECTED START	LATEST ALLOWABLE START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	LATEST ALLOWABLE COMPL.	TOTAL FLOAT	FREE FLOAT	ORG. CODE	ORG. CODE	ORG. CODE
									1	2	3
1501	CALIBRACION DE INSTRUMENTOS DE LA PLANTA	5	17-01-77	17-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			
1702	PINTURA DE LAS UNIDADES CATIONICAS	2	20-01-77	20-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			
1304	PINTURA DE LAS UNIDADES ANIONICAS	2	20-01-77	23-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			
1305	PINTURA DE UNIDADES DE LECHE MEZCLADO	2	20-01-77	20-01-77	21-01-77	21-01-77	0	0			
1601	LIMPIEZA DE LA PLANTA	1	24-01-77	24-01-77	24-01-77	24-01-77	0	0			
1701	PRUEBA DE ARRANQUE DE LA PLANTA	4	25-01-77	25-01-77	28-01-77	28-01-77	0	0			
1801	OPERACION DE LA PLANTA	1	31-01-77	31-01-77	31-01-77	31-01-77	0	0			

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

EL PROGRAMA DE RUTA CRITICA ES PARA EL PROYECTO ADISENO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA CALDERAS DE ALTA PRESION, QUE SE LOCALIZA EN LA PLANTA TERMOELECTRICA DE LA CFE UBICADA EN SALAMANCA, GTO.

LOS DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA ESTAN BASADOS EN LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LOS FABRICANTES, CONSTRUCTORES, Y POR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACION DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS INDUSTRIALES.

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

SEQUENCE: EARLIEST START, EARLIEST COMPL, ACT. IDENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLCAT \$=CRITICAL

-=NEGATIVE TOTAL FLCAT O=INTERRUPTED +=START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	I												I	ORG.	ORG.	ORG.
			MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	1	2	3					
ESTUDIO INICIAL DEL PROYECTO			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
101 A04-05-75	A09-07-75																	
INGENIERIA DEL PROYECTO																		
201 A10-07-75	A12-02-76																	

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

EL PROGRAMA DE RUTA CRITICA ES PARA EL PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA CALDERAS DE ALTA PRESION, QUE SE LOCALIZA EN LA PLANTA TERMoeLECTRICA DE LA CFE UBICADA EN SALAMANCA, GTO.

LOS DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA ESTAN BASADOS EN LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LOS FABRICANTES, CONSTRUCTORES, Y POR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACION DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS INDUSTRIALES.

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

SEQUENCE: EARLIEST START, EARLIEST CCMPL, ACT. IDENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLCAT \$=CRITICAL

-=NEGATIVE TOTAL FLCAT O=INTERRUPTED *=START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED CCMPL.	I																																			I	ORG.	ORG.	ORG.	
			I	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	I			CODE			CODE																								
			I	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	I	1	2	3																	
			I	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	I																					
INGENIERIA DEL PROYECTO			I	\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$A																																			I			
201	A10-07-75	A12-02-76	I																																				I			
PLANOS DE DISTRIBUCION SUBTERPANEA			I	XX																																			I			
302	06-01-76	19-02-76	I																																				I			
PLANOS DE CIMENTACION DE EQUIPOS			I	XX																																			I			
303	06-01-76	19-02-76	I																																				I			
PLANO DE LOCALIZACION DE EQUIPOS			I	XX																																			I			
304	06-01-76	19-02-76	I																																				I			
PLANOS ISOMETRICOS DE TUBERIA DE PROCESO			I	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX																																			I			
301	17-02-76	30-03-76	I																																				I			

PROGRAMACION Y CONTROL DE OBRAS INDUSTRIALES

ADVANCED PLANNING AND CONTROL EXECUTIVE

BAR CHART OF SELECTED ACTIVITIES (35 WEEKS)

PAGE 1
LATEST UPDATE 09-05-75
REPORT REQUESTED ON 07-01-77

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

EL PROGRAMA DE RUTA CRITICA ES PARA EL PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA CALDERAS DE ALTA PRESION, QUE SE LOCALIZA EN LA PLANTA TERMoeLECTRICA DE LA CFE UBICADA EN SALAMANCA, GTO.
LOS DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA ESTAN BASADOS EN LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LOS FABRICANTES, CONSTRUCTORES, Y POR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACION DEL MODELO PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS INDUSTRIALES.

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
SEQUENCE: EARLIEST START, EARLIEST COMPL, ACT. IDENT
SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PLANNED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL
-=-NEGATIVE TOTAL FLOAT 0=INTERRUPTED *START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	I	1976												I	ORG. CODE	ORG. CODE	ORG. CODE																										
				MAY	JUN				JUL				AUG							SEP	OCT	NOV	DEC																						
				120	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	21	1	2	3																					
SUMINISTRO DE MATERIAL ELECTRICO			I	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	1																									
403 17-05-76		31-05-76	I	XXXX+																																									
SUMINISTRO DE ANILLOS RASCHING			I	XXXXXXX+																																									
402 17-05-76		15-06-76	I	XXXXXXXXXX+																																									
SUMINISTRO DE DISTRIBUIDORES PAPA UNIDADES			I	XXXXXXXXXX+																																									
409 17-05-76		15-06-76	I	XXXXXXXXXX+																																									
SUMINISTRO DE RESINA PAPA LAS UNIDADES			I	XXXXXXXXXX+																																									
401 17-05-76		15-07-76	I	XXXXXXXXXX+																																									
SUMINISTRO DE LA TUBERIA PARA DRENAJES			I	XXXXXXXXXX+																																									
404 17-05-76		15-07-76	I	XXXXXXXXXX+																																									
SUMINISTRO DE MATERIAL DE CONSTRUCCION			I	XXXXXXXXXX+																																									
408 17-05-76		15-07-76	I	XXXXXXXXXX+																																									
SUMINISTRO DE INSTRUMENTOS			I	XXXXXXXXXX+																																									
406 17-05-76		15-09-76	I	XXXXXXXXXX+																																									
SUMINISTRO DE TUBERIA PARA EL PROCESO			I	XXXXXXXXXX+																																									
405 17-05-76		16-12-76	I	XXXXXXXXXX+																																									
SUMINISTRO DE ACCESORIOS PAPA LA TUBERIA			I	XXXXXXXXXX+																																									
407 17-05-76		16-12-76	I	*****																																									
FABRICACION DE UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B			I	*****																																									
503 17-05-76		10-01-77	I	*****																																									
FABRICACION DE UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B			I	*****																																									
504 17-05-76		10-01-77	I	*****																																									
FABRICACION DE UNIDADES DE L. MIXTO ULM-1A/BI			I	*****																																									
505 17-05-76		10-01-77	I	*****																																									
FABRICACION DE BOMBAS ACIDO SULFURICO B-4A/BI			I	L*****																																									
513 12-06-76		29-12-76	I	L*****																																									
FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA DESGAS. B-2A/BI			I	L*****																																									
511 12-06-76		24-12-76	I	L*****																																									
FABRICACION DEL DESGASIFICADOR D-1			I	L*****																																									
502 12-07-76		27-12-76	I	L*****																																									
FABRICACION DE BOMBAS DE SOJA CAUSTICA B5A/BI			I	L*****																																									
514 12-07-76		28-12-76	I	L*****																																									

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

SEQUENCE: EARLIEST START, EARLIEST COMPL, ACT. IDENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PINPOINTED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL

--NEGATIVE TOTAL FLOAT 0=INTERRUPTED +=START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	I	1976												I	ORG. 1	ORG. 2	ORG. 3	
				MAY 20	JUN 22 24 26 28 30	JUL 32 34 36 38 40	AUG 42 44 46 48 50 52	SEP 21	OCT 1	NOV	DEC	1	2	3						
FABRICACION DEL CALENTADOR DE AGUA CC-1 506	L29-07-76	29-12-76	I																	
FABRICACION DEL TANQUE DE ALMACENAM. TD-1 501	L24-04-76	23-12-76	I																	
FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA REGNER. B-3A/BI 512	L25-08-76	24-12-76	I																	
FABRICACION DE TANQUES DE ACIDO Y SOSA T-2/3I 50A	L04-10-76	23-12-76	I																	
CIMENTACION DE UNIDADES ANTOMICAS LA-1A/B I 603	L15-10-76	15-11-76	I																	
CIMENTACION TANQUE ALMACENAM. AGUA DESGAS. T-1I 601	L20-10-76	03-11-76	I																	
CIMENTACION BOMBAS AGUA REGENERACION B-3A/BI 610	L28-10-76	04-11-76	I																	
CIMENTACION BOMBAS AGUA DESGASIFICADA B-2A/BI 609	L07-11-76	10-11-76	I																	
INSTALACION DUCTOS FLETRICCS SUBTERRANEOS 701	L04-11-76	15-11-76	I																	
CIMENTACION DE BOMBAS DE AGUA CRUDA E-1A/B I 60A	L05-11-76	12-11-76	I																	
CIMENTACION DE TANQUES ACIDO Y SOSA T-2/3 I 607	L11-11-76	17-11-76	I																	
FABRICACION DE COMPRESORA DE AIRE C-1 507	L11-11-76	27-12-76	I																	
CIMENTACION BOMBAS DE SOSA CAUSTICA E-5A/B I 612	L15-11-76	18-11-76	I																	
CIMENTACION DE UNIDADES CATICNICAS LC-1A/B I 602	L16-11-76	15-12-76	I																	
CIMENTACION DE UNIDADES LECH MEZCL. LLM-1A/BI 604	L16-11-76	15-12-76	I																	
CIMENTACION DE LA COMPRESORA DE AIRE C-1 606	L18-11-76	29-11-76	I																	
CIMENTACION DEL CALENTADOR DE AGUA CC-1 605	L19-11-76	30-11-76	I																	
FABRICACION DE BOMBAS DE AGUA CRUDA E-1A/B I 510	L25-11-76	24-12-76	I																	
CIMENTACION BOMBAS ACIDO SULFURICO E-4A/B I 611	L30-11-76	03-12-76	I																	
INSTALACION DE LOS MENAJES SUBTERRANEOS 702	L01-12-76	15-12-76	I																	
PAVIMENTACION DE LA PLANTA 801	L06-12-76	20-12-76	I																	

PROJECT: 0001 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL

SEQUENCE: EARLIEST START, EARLIEST COMPL, ACT. IDENT

SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=PRINTED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL

=NEGATIVE TOTAL FLOAT 0=INTERRUPTED +=START OF ACTIVITY BEFORE/ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	1976												I	ORG. CODE	ORG. CODE	ORG. CODE			
			MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR							
FABRICACION DEL SOPLADOR DE AIRE 509	L15-12-76	29-12-76	I															LXXX++I			
MONTAJE TANQUE ALMAC. AGUA DESGASIFICADA T-1 901	L28-12-76	28-12-76	I															L++I			
MONTAJE DE LA COMPRESORA DE AIRE 906	L28-12-76	28-12-76	I															L++I			
MONTAJE DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA T-213 907	L28-12-76	28-12-76	I															L++I			
INSTAL. TUBERIAS Y ACCESORIOS PARA PROCESO 1101	28-12-76	17-01-77	I															*			
MONTAJE DE BOMBAS DE AGUA CRUDA B-1A/B 909	L29-12-76	29-12-76	I															++I			
MONTAJE DE BOMBAS AGUA DESGASIFICADA B-2A/B 910	L29-12-76	29-12-76	I															++I			
MONTAJE DE BOMBAS AGUA DE RECUPER. B-3A/B 911	L29-12-76	29-12-76	I															++I			
MONTAJE DEL CALENTADOR DE AGUA 905	L30-12-76	30-12-76	I															++I			
PRUEBA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA 1207	L30-12-76	30-12-76	I															++I			
MONTAJE DEL DESGASIFICADOR T0-1 908	L30-12-76	31-12-76	I															L+I			
MONTAJE DE BOMBAS DE SOSA CAUSTICA B-5A/B 913	L31-12-76	31-12-76	I															L+I			
PRUEBA HIDROSTATICA DEL CALENTADOR DE AGUA 1206	L31-12-76	31-12-76	I															L+I			

EL PROGRAMA DE RUTA CRITICA ES PARA EL PROYECTO DISEÑO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA DE AGUA PARA CALDERAS DE ALTA PRESION, QUE SE LOCALIZA EN LA PLANTA TERMoeLECTRICA DE LA CFE UBICADA EN SALAMANCA, GTO.
LOS DATOS ALIMENTADOS AL PROGRAMA ESTAN BASADOS EN LA INFORMACION PROPORCIONADA POR LOS FABRICANTES, CONSTRUCTORES, Y POR LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA EN LA APLICACION DEL METODO PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS INDUSTRIALES.

THIS REPORT IS FOR: TESIS PROFESIONAL
SEQUENCE: EARLIEST START, EARLIEST COMPL, ACT. IDENT
SYMBOLS: A=ACTUAL DATE P=POINTED DATE L=LATER THAN DATE X=IS OR WILL BE IN EXECUTION +=POSITIVE TOTAL FLOAT \$=CRITICAL
--NEGATIVE TOTAL FLOAT 0=INTERRUPTED +=START OF ACTIVITY BEFORE ON THIS DATE STRONGLY DESIRED

ACTIVITY DESCRIPTION	EARLIEST EXPECTED START	EARLIEST EXPECTED COMPL.	I	MONTHS												I	ORG. CODE	ORG. CODE	ORG. CODE
				JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG								
MONTAJE DE BOMBAS ACIDO SULFURICO B-4A/B			I++++																
912 03-01-77	03-01-77		I *																
MONTAJE DEL SOPLADOR S-1			I++++																
914 03-01-77	03-01-77		I *																
AISLAMIENTO DEL CALENTADOR DE AGUA			I+++++																
1306 03-01-77	03-01-77		I *																
PINTURA DE LOS TANQUES DE ACIDO Y SOSA			I+++++																
1307 03-01-77	03-01-77		I *																
COLOCACION DISTRIBUIDORES Y EMPAQUE CEGAS.			IL++++																
1001 04-01-77	04-01-77		I *																
INSTAL. ELECTRICA A MOTORES DE LA PLANTA			IX++++																
1102 04-01-77	07-01-77		I *																
PRUEBA MICROSTATICA TUBERIA DE PROCESO			I L++++																
1201 05-01-77	07-01-77		I *																
PRUEBA MICROSTATICA TUBERIA DE PROCESO			I \$\$\$\$																
1203 05-01-77	19-01-77		I *																
PINTURA DESGASIFICADOR Y TANQUE ALMACENAM.			I ****																
1301 10-01-77	10-01-77		I *																
MONTAJE DE LAS UNIDADES CATIONICAS UC-1A/B			I \$																
902 11-01-77	12-01-77		I *																
MONTAJE DE LAS UNIDADES ANIONICAS UA-1A/B			I \$\$																
903 11-01-77	12-01-77		I *																
MONTAJE UNIDADES DE LECHE MEZCLADO ULM-1A/B			I \$																
904 11-01-77	12-01-77		I *																

A N E X O S