

300617



UNIVERSIDAD LA SALLE 39

2ej

Escuela de Ingeniería  
Incorporada a la U.N.A.M.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES CON ALIMENTACION SOLAR  
Y CONTROL DIGITAL

TESIS PROFESIONAL  
Que para obtener el Título de  
Ingeniero Mecánico - Electricista  
p r e s e n t a

RAMON GUTIERREZ ARIAS

Director de Tesis:  
Ing. JOSE ALFREDO HEREDIA NAVARRO

México, D. F. TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN 1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

INDICE

Página  
6

INTRUDUCCION.

CAPITULO I.

PROCESO DE PLANTA

I.1) Descripción del proceso	7
I.1.1) Impacto ambiental	9
I.2) Descripción del tratamiento	15
I.2.1) Pretratamiento	15
I.2.2) Sedimentador primario	19
I.2.3) Espumación	21
I.2.4) Reactor biológico	22
I.2.5) Carbón activado	22
I.2.6) Cloración	24

CAPITULO II.

CALCULOS DE PROCESO Y CONSTRUCCION

II.1) Proceso	33
II.1.1) Pretratamiento	33
II.1.2) Sedimentador primario	39
II.1.3) Espumación	40
II.1.4) Reactor biológico	41
II.1.4.a) Tanque de aireación	41
II.1.4.b) Sedimentador secundario	42
II.1.5) Carbón activado	43
II.1.6) Cloración	43
II.1.7) Producción de desechos y drenaje	45
II.2) Construcción	46
II.2.1) Preparación de suelo	46
II.2.2) Espesor de muros en tanques y silos	46
II.2.3) Cubicación de tanques y silos	47
II.2.4) Transporte y montaje	48
II.3) Sistema hidráulico	49
II.3.1) Compuerta deslizante	49
II.3.2) Cálculo de vertederos	49
II.3.3) Sistema mecánico-eléctrico	50
II.4) Operación, mantenimiento y seguridad	57
II.4.1) Observaciones principales	57
II.4.2) Descarga continua de sólidos	58
II.4.3) Observaciones en espumación y limpieza	59
II.4.4) Mantenimiento alimentación y motores	60
II.4.5) Mantenimiento de válvulas	63
II.4.6) Mantenimiento de tuberías	64
II.4.7) Mantenimiento tanques y silos	64
II.4.8) Manejo de cloración	64
II.4.9) Seguridad con los gases de lodos de aguas negras	71
II.4.10) Proceso de emergencia	72

### CAPITULO III.

#### ALIMENTACION

III.1) Celda v módulos fotovoltaicos	74
III.2) Circuito equivalente de una celda solar	74
III.3) Módulos v paneles fotovoltaicos	77
III.4) Características físicas de los módulos solares	78
III.4.1) Humedad	78
III.4.2) Esfuerzos térmicos	78
III.4.3) Radiación ultravioleta	78
III.4.4) Esfuerzos mecánicos	78
III.4.5) Depósitos sobre módulos	79
III.5) El movimiento del sol	79
III.5.1) Orientación del colector	79
III.5.2) Inclinación del colector	81
III.6) Ubicación de la celda	84
III.7) Cálculo de potencia requerida, cableado eléctrico y tierra física	84
III.8) Iluminación	89
III.9) Cuadro de potencia	89

### CAPITULO IV.

#### SISTEMA DE CONTROL

IV.1) Monitoreo	95
IV.2) Actuación	95
IV.3) Sensores v alarmas	95
IV.4) Control central por computadora	97
IV.5) Características de circuitos integrados	99
IV.5.1) Circuito 74 LS 138	99
IV.5.2) Circuito 74 125	99
IV.5.3) Circuito 74 00	100
IV.5.4) Interface periférica programable 8255 A	100
IV.6) Índice de señales	102

### CAPITULO V.

#### FACTIBILIDAD ECONOMICA

V.1) Especificación	103
V.2) Inversión total para la construcción de la planta	104
V.3) Costos v cotización del agua.	105

CONCLUSIONES.	107
---------------	-----

BIBLIOGRAFIA.	108
---------------	-----

## INDICE DE FIGURAS.

Página:

### CAPITULO I

FIGURA I.1 - Parámetros de calidad de proceso	8
FIGURA I.2 - Normas calidad de agua (SEDUE) y diario oficial	10
FIGURA I.3 - Características de las rejillas de barras	15
FIGURA I.4 - Reja típica de limpieza manual	16
FIGURA I.5 - Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones	20
FIGURA I.6 - VER PLANO PLANTA GENERAL G-1	
FIGURA I.7 - Tiempos de retención para diversas cargas de superficie y profundidades de tanques	20

### CAPITULO II

FIGURA II.1 - Viscosidad y densidad del agua	36
FIGURA II.2 - Velocidades de asentamiento y elevación de partículas esféricas discretas en agua estática a 10 grados centígrados	37
FIGURA II.3 - Velocidades de asentamiento y elevación de partículas esféricas discretas en un fluido estático	37
FIGURA II.4 - Velocidad de partícula en el interior del tubo	38
FIGURA II.5 - Dirección de partícula en el interior del tubo	38
FIGURA II.6 - Dimensionamiento del desarenador	39
FIGURA II.7 - Conexiones motor-compuerta (plano E-2)	
FIGURA II.8 - Funcionamiento motor-compuerta (plano E-2)	
FIGURA II.9 - Aereador espumación-reactor biológico	53
FIGURA II.10 - Diagrama de Moody	54
FIGURA II.11 - Bomba recirculación de lodos (curva)	55
FIGURA II.12 - Cloración: Ejemplo de instalación típica	67
FIGURA II.13 - Cloración	68

FIGURA II.14 - Cloración válvulas, adaptador y vuqg	69
FIGURA II.15 - Resistencia de válvulas y accesorios al flujo de fluidos	56
FIGURA II.16 - Motor eléctrico (esquema general)	62
CAPITULO III	
FIGURA III.1 - Espectro de la radiación solar	75
FIGURA III.2 - Circuito eléctrico equivalente de un diodo de unión P-N y su curva característica I-V en la oscuridad	76
FIGURA III.3 - Circuito eléctrico equivalente del fotodiodo y su curva característica I-V bajo iluminación	76
FIGURA III.4 - Angulo de inclinación del colector (plano E-2)	
FIGURA III.5 - Inclinación vs. captación por latitud	80
FIGURA III.6 - Angulo de desviación al sur (plano E-2)	
FIGURA III.7 - Radiación global	82
FIGURA III.8 - Radiación mensual	83
FIGURA III.9 - Tabla de conductores	86
FIGURA III.10 - Tabla aislantes y capacidad de conductores	87
FIGURA III.11 - Tabla de aplicación de conductores aislados	88
FIGURA III.12 - Interruptores de seguridad tipo navaja	90
FIGURA III.13 - Tabla de interruptores de seguridad	91
FIGURA III.14 - Especificaciones de panel solar	92
FIGURA III.15 - Baterías NiCd	93
FIGURA III.16 - Conexiones de paneles solares	94
CAPITULO IV	
FIGURA IV.1 - Alarma basada en el circuito LM 555 (plano L-1)	
FIGURA IV.2 - Sensado de nivel por medio óptico	98
FIGURA IV.3 - Circuitos integrados	101

**PLANOS:**

**G-1: PLANTA GENERAL**

**G-2: DIAGRAMA DE TUBERIAS INSTRUMENTACION**

**G-3: DIAGRAMA DE PROCESO**

**H-1: PERFIL HIDRAULICO**

**E-1: DIAGRAMA ELECTRICO LINEAL**

**E-2: PLANTA ELECTRICA**

**L-1: DIAGRAMAS ELECTRONICOS**

## INTRODUCCION

Las plantas de tratamiento de agua, han sido siempre de un desarrollo limitado, ya que su construcción, está íntimamente ligada al proceso de laboratorio, y por lo tanto la adecuación de estos a niveles de consumo es sumamente cara.

Es necesario observar que se pueden desarrollar plantas paquete, aún con estas limitaciones, sumando a esta el ahorro de energía eléctrica. El sistema propuesto se basa en la sedimentación, degradación biológica aerobia, adsorción y cloración, de manera convencional.

El sistema de energía, es necesario, de forma racional, los sistemas convencionales, generan un alto impacto ambiental, lo cual también se traduce en un alto costo y a veces difícil acceso físico, por lo cual, este sistema emplea energía solar, ya que esta es limpia en su generación, aún cuando es de alto costo de inversión, su operación y mantenimiento es sumamente económica, así como también se debe observar la ventaja de ubicación geográfica de la república mexicana.

El manejo de la energía es igual al manejo convencional, por lo tanto no existen aditamentos especiales para alimentación y control.

Finalmente, el sistema de control, es gobernado digitalmente, esto da una mayor autonomía al sistema, y su tecnología es accesible y en dado caso, suprimible o intercambiable con un sistema neumático-eléctrico, aún cuando sólo se emplea el sistema digital.

La rentabilidad del sistema está en función de su costo contra la depreciación de planta y producción de esta.

Los cálculos y estimaciones presentadas son la adaptación realizada a las recomendaciones y directrices señaladas por fabricantes y diseñadores de equipo y materiales comparados al sistema propuesto por apreciación particular.



## CAPITULO I

### PROCESO DE PLANTA.

#### I.1) DESCRIPCION DEL PROCESO.

La base del proceso radica en la necesidad de agua para riego, las variaciones de calidades de agua en México, son múltiples, para este caso en particular es empleada del efluente de la zona de San Juan de Aragón.

Esta agua proviene de los desechos domésticos e industriales: se eligió este tipo de agua, por manejar un alto contenido contaminante y servir para la propuesta de un prototipo.

La calidad de influente fue determinada en base a los análisis realizados en los laboratorios de la dirección general de construcción y operación hidráulica del Departamento del Distrito Federal.

La calidad es, por tanto, evaluada de acuerdo a la norma establecida por la misma dependencia pública, así pues, se empleará esta misma norma para determinar el efluente deseado, de acuerdo al uso deseado, en este caso riego agrícola, la calidad coteja con las normas de Sedue (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología).

Cabe señalar que las normas antes mencionadas, están basadas en las normas de la EPA (agencia de protección del ambiente) de los Estados Unidos, por tanto los porcentajes de remoción estimados se fundamentan de estas normas.

El proceso en general está basado en el comportamiento hidráulico del influente, las propiedades físico-químicas de los contaminantes y las condiciones de espacio requeridas para el sistema.

La calidad del agua mostrada en la figura I.1, garantiza que el efluente de la planta cumplirá con los requisitos normados para el fin mencionado.

La decisión de emplear dicho seguimiento de proceso obedece primero, a que por experiencia en plantas de tratamiento recomendadas por las sociedades ambientales y de tratamiento de aguas, es ideal para manejar los comportamientos antes mencionados y entregar la calidad de efluente deseada, y segundo, a que son procesos de relativa facilidad a implementar por construcción y economía.

Se pueden emplear otros procesos, como los basados en el uso de resinas, pero éstos, resultan algo delicados, y lo principal, de un elevado costo, aún para un gasto pequeño en el

FIG 1.1

## PARAMETROS DE CALIDAD DE PROCESOS

Parámetros	Norma	Calidad del	Sedimentación		Tratamiento	Carbón	
		Influyente	Primaria	Escuración	Biológico	Activado	Cloración
			% R. C. Efluente	% R. C. Efluente	% R. C. Efluente	% R. C. Efluente	% R. C. Efluente
DBO	20	221.02	42 128,191	11 114,08	89 12,548	80 2,509	- 2,509
ODD	35	483,3	38 299,646	11 266,68	72 74,666	74 19,413	- 19,413
SST	100	174,12	53 81,838	25 81,377	81 11,661	84 1,865	- 1,865
N-NH <sub>3</sub>	15	20,698	- 20,698	- 20,698	63 7,658	58 3,216	- 3,216
N-NO <sub>3</sub>	10	,094	15 ,079	60 ,032	20 ,025	- ,025	- ,025
N-NH <sub>3</sub>	10	,148	- ,148	- ,148	40 ,150	- ,150	- ,150
Fósforo	5	6,934	27 5,062	- 5,062	45 2,784	99 ,027	- ,027
Alcalinidad	500	358,67	- 358,67	+20 430,404	38 266,85	+10 293,53	- 293,53
Greasas y Aceites	VL	91,6	65 32,06	- 32,06	82 5,77	79 1,211	- 1,211
SDT	2000	752,4	- 752,4	- 752,4	- 752,4	- 752,4	- 752,4
Arsénico	,1	,0044	34 ,0029	- ,0029	28 ,00209	- ,00209	- ,00209
Cadmio	,01	,0068	38 ,0042	- ,0042	54 ,00193	- ,00193	- ,00193
Cromo (hexavalen to)	,1	,119	44 ,0666	- ,0666	74 ,0173	85 ,0025	- ,0025
Cobre	,2	,0555	49 ,0288	- ,0288	76 ,0069	62 ,0026	- ,0026
Hierro	5	1,955	43 1,1144	- 1,1144	72 ,312	91 ,028	- ,028
Plomo	5	,063	52 ,0302	- ,0302	69 ,0093	54 ,0043	- ,0043
Manganeso	5	,1133	20 ,0906	- ,0906	33 ,0607	64 ,0218	- ,0218
Mercurio	,002	,0024	11 ,0021	- ,0021	13 ,0018	- ,0018	- ,0018
Selenio	,02	,006	- ,006	- ,006	7 ,0055	- ,0055	- ,0055
Zinc	2	,138	36 ,088	- ,088	49 ,045	91 ,0040	- ,0040
Color	60	187,2	15 159,12	- 159,12	48 82,742	94 4,964	- 4,964
Turbiedad	10	75,34	31 51,984	- 51,984	86 7,27	88 0,8724	- 0,8724
SAAM	,5	12,96	27 9,4608	90 0,946	71 0,2745	59 0,1125	- 0,1125
COT	NEM	248	34 163,68	- 163,68	83 27,825	80 5,565	- 5,565
Coliformes Totales	1000	1069(10) <sup>5</sup>	- 4	-	-	-	* 1000

VL-VIRTUALMENTE LIBRE

NEM-NO ESPECIFICADO EN NORMA

%R - % DE REMOCION

\* - PROPORCIONAL A DOSIFICACION DE CLORO

proceso.

Se tomarán en cuenta los límites máximos permisibles de contaminantes estipulados en el Artículo 4a del acuerdo de la norma técnica ecológica NTE-CCA-016/88 del jueves 4 de agosto de 1988 publicado en el Diario Oficial; de este acuerdo y de los parámetros de SEDUE, se presenta una copia al final de esta sección.

#### I.1.1) IMPACTO AMBIENTAL.

De acuerdo a la "Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente", se dispone a nivel federal que toda infraestructura debe respaldar su situación con un informe de impacto ambiental; como dicho reporte es sumamente extenso, únicamente se contemplarán cuatro aspectos fundamentales para determinar el impacto ambiental de este sistema.

a) Los vientos dominantes son tomados en cuenta por la dispersión de olores, ruido y partículas emitidas a la atmósfera.

La recomendación principal es que estos no se dispersen en el ambiente en dirección a los vientos dominantes ya que esto ocasionaría el inicio de una nube infecciosa.

La emisión de ruido por la planta no es mayor a 40 dB, esto tomando en cuenta los motores y vibración de estructura.

Como se encuentra enterrada, la planta hace menor su dispersión y por su tamaño y profundidad no permite que se concentre, esto también favorecido por los vientos dominantes.

b) El corrimiento de manto freático, se trató de que fuese lo más uniforme posible, así el impacto sobre este se procuró fuese el mínimo en toda la planta.

El sistema energético por estar a nivel de terreno, no afecta a este.

c) Los sistemas hidráulicos, flora y fauna existentes, son afectados en su ubicación, es ideal aislar al sistema y procurar la reubicación de estos.

Sin embargo, la planta no ocupa una extensión mayor a 400 m<sup>2</sup>, por lo tanto las condiciones de ambiente en este caso, no serán muy complejas en su compensación de habitat.

d) El impacto estético es el más fuerte de cualquier construcción u obra. Por ello es necesario dar una vista agradable y armónica con el habitat.

Para este caso en particular, se trata de resumir en espacio, una planta; además de darse una vista más hacia el medio sobre el terreno, pero aún así, el impacto estético de la

FIG 1.2a

CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE LOS CUERPOS RECEPTORES SUPERFICIALES  
EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD

Clase	Uso	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
		pH	Temperatura (°C)	O. D. (mg/l)	Bacterias Coliformes NMP (Organismos/100 ml)	Asenas y Grasas (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Turbiedad (U.T.J.)	Color (Escala Platino Cobalto)	Olor y Sabor	Nutrientes Nitrógeno y Fósforo	Materia Flotante	Substancias Tóxicas
				Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo	Límite Máximo		
DI	Abastecimiento para sistemas de agua potable e industria alimentaria con desinfección únicamente. Recreación (contacto primario) y libre para los usos DI, DII y DIII.	6.5 a 8.5	C.N. más 2.5 (a)	4.0	200 fecales (b)	0.78	No mayor de 1000	1.0	20	Ausentes	(c)	Ausente	(d)
	Abastecimiento de agua potable con tratamiento convencional (coagulación, sedimentación, filtración y desinfección) e industrial.	6.8 a 9.8	C.N. más 2.5 (a)	4.0	1000 fecales (a)	10	No mayor de 1000	C.N.	(f)	(g)	(c)	Ausente	(d)
	Aguas adecuadas para uso recreativo, conservación de flora, fauna y usos industriales.	6.8 a 9.0	C.N. más 2.5 (a)	4.0	10,000 coliformes tales como promedio mensual; sin ningún valor mayor de 20,000 (h)	Ausencia de película visible	No mayor de 2000	C.N.	C.N.	C.N.	(c)	Ausente	(d)
	Aguas para uso agrícola o industrial.	6.0 a 9.0	C.N. más 3.5 (a)	3.2	1000 (i) y libre para demás cultivos	Ausencia de película visible	(j)	C.N.	C.N. más 10		(c)	Ausente	(d)
	Aguas para uso industrial (excepto procesamiento de alimentos).	5.0 a 9.0		3.2									

pH Potencial hidrógeno O.D. Oxígeno disuelto N.M.P. Número más probable U.T.J. Unidades de turbiedad Jackson mg/l miligramo por litro C.N. Condiciones naturales

°C Grados centígrados

10

ANEXO DE LA TABLA. 1.2a

- (a) Máximo 30° C excepto cuando sea causado por condiciones naturales.

Medida en la superficie fuera de la zona de mezclada, la cual se determinará de acuerdo con las características de la descarga.

- (b) Este límite, en no más del 10% del total de las muestras mensuales (5 mínimo), podrá ser mayor a 2,000 coliformes fecales.

- (c) No deben existir en cantidades tales que provoquen una hiperfertilización.

- (d) El criterio con respecto a sustancias tóxicas es el siguiente:

Ninguna sustancia tóxica sola o en combinación con otras estará presente en concentraciones tales que conviertan el agua del cuerpo receptor en inadecuada para el uso específico a que se destinen.

La Tabla No. 3 resume algunas de las sustancias tóxicas que de acuerdo con la información disponible se encuentran bajo reglamentación y estudio en varias partes del mundo.

Los valores de las sustancias de esta tabla no son limitativos y están sujetos a modificación de acuerdo con el futuro avance tecnológico.

- (e) Este límite, en no más del 10% del total de las muestras mensuales (5 como mínimo), podrá ser mayor a 2,000 coliformes fecales.

- (f) No será permitido color artificial que no sea coagulable por tratamiento convencional.

- (g) Removible por tratamiento convencional.

- (h) 2,000 coliformes fecales como promedio mensual, ningún valor mayor de 4,000.

- (i) Conductividad no mayor de 2,000 umho/cm. Si el valor de RAS es mayor de 8, la Secretaría de Recursos Hídricos fijará el valor definitivo.

RAS igual a relación de absorción de sodio.

Boro 0.4 mg/l. Para valores superiores, la autoridad competente fijará el valor definitivo.

- (j) Para riesgo de legumbres que se consuman sin hervir o frutas que tengan contacto con el suelo.

FIG 1.2b

VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE SUSTANCIAS TÓXICAS EN LOS CUERPOS RECEPTORES

Clasificación (Tabla 2)	Límite máximo en miligramos por litro			
	DA	DI	DII	DIII
Arsénico	0.05	0.05	1.00	5.00
Bario	1.00	1.00	5.00	-
Boro	1.00	1.00	-	2.0
Cadmio	0.01	0.01	0.01	0.005
Cobre	1.00	1.00	0.1	1.0
Cromo hexavalente	0.05	0.05	0.1	5.00
Mercurio	0.005	0.005	0.01	-
Piombo	0.05	0.05	0.10	5.00
Selenio	0.01	0.01	0.05	0.05
Cianuro	0.20	0.20	0.02	-
Fenoles	0.001	0.001	1.00	-
Substancias activas al azul de metileno	0.50	0.50	3.0	-
(Detergentes)				
Extractables con Cloroformo	0.15	0.15	-	-
Plaguicidas				
Aldrin	0.017	0.017		
Clordano	0.003	0.003		
D. D. T.	0.042	0.042		
Dieldrin	0.017	0.017		
Endrin	0.001	0.001		
Heptacloro	0.018	0.018		
Époxico de heptacloro	0.018	0.018		
Lindano	0.056	0.056		
Metoxicloro	0.025	0.025		
Fosfatos orgánicos con carbamatos	0.100	0.100		
Toxaleno	0.005	0.005		
Clasificación (Tabla 2)	DA	DI	DII	DIII
Herbicidas totales	0.100	0.100		
Radioactividad	Picocuries por litro			
Beta	1.000	1.000	1.000	
Radio 226	3	3	3	
Estroncio	10	10	10	

**ACUERDO** por el que se expide la Norma Técnica Ecológica NTE-CCA-016/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos de agua, provenientes de la industria de bebidas gaseosas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.—Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

**MANUEL CAMACHO SOLIS, SECRETARIO DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, CON FUNDAMENTO EN LOS ARTICULOS 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL; 10, FRACCION VI, 50, FRACCIONES VIII Y XV, 80, FRACCIONES VII Y VIII, 36, 37, 117 FRACCION III, 119 FRACCION INCISO A Y 123 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE, HE DICTADO ACUERDO POR EL QUE SE EXPIDE LA NORMA TECNICA ECOLOGICA NTE-CCA-016/88, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES Y EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN CUERPOS DE AGUA, PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA DE BEBIDAS GASEOSAS, CON BASE EN LOS SIGUIENTES:**

#### CONSIDERANDOS

Que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece que todas las descargas de aguas residuales en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, deberán satisfacer las normas técnicas ecológicas que establezcan los límites máximos permisibles de contaminantes en dichas descargas, a fin de asegurar una calidad del agua satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Que para prevenir el deterioro ecológico en las principales cuencas hidrológicas del país, se requiere controlar, entre otras, las descargas de aguas residuales del sector industrial.

Que la industria de bebidas gaseosas, genera desechos orgánicos e inorgánicos mezclados con aguas excedentes de los procesos de producción, así como aguas de servicio, las cuales, al ser descargadas en los cuerpos de agua, modifican las características físico-químicas y biológicas naturales de estos cuerpos, disminuyendo en consecuencia su capacidad de autodepuración.

Que por el tipo y la cantidad de contaminantes que caracterizan a las aguas residuales de la industria de bebidas gaseosas, sus descargas a los cuerpos de agua, además de impedir o limitar su uso, produce efectos adversos en los ecosistemas, por lo que es necesario fijar los límites máximos permisibles de contaminantes en estas descargas.

Que para la determinación de los límites máximos permisibles, se estudiaron las posibilidades técnicas de remoción de contaminantes que genera esta industria, de acuerdo con las experiencias nacionales y la bibliografía internacional al respecto. Asimismo, se consideró la factibilidad técnica y económica de instrumentar procesos de depuración por parte de los responsables de las descargas y la efectividad de estos procesos en el control de las fuentes generadoras.

Que es posible no rebasar los límites máximos permisibles fijados para la industria de bebidas gaseosas, con diferentes sistemas de tratamiento, que den resultados similares a los que se obtienen con la aplicación de los siguientes procesos: Neutralización, Igualación y tratamiento biológico.

Que en la determinación de los límites máximos permisibles de descarga participó la Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos.

En mérito de lo anterior, he tenido a bien dictar el siguiente:

#### ACUERDO

**ARTICULO 1o.**—Se expide la norma técnica ecológica NTE-CCA-016/88, que establece los límites máximos permisibles y el procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de bebidas gaseosas.

**ARTICULO 2o.**—Esta norma técnica ecológica es de orden público e interés social, así como de observancia obligatoria para la industria de bebidas gaseosas, que descargue aguas residuales en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua.

**ARTICULO 3o.**—Para los efectos de esta norma técnica ecológica se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y las siguientes:

**AGUAS RESIDUALES:** Aquellas que provienen de los procesos de extracción, beneficio, transformación, generación de bienes de consumo o de sus actividades y servicios complementarios.

**CUERPOS DE AGUA:** Aquellos que se encuentran contenidos en ríos, cuencas, cauces, vasos, aguas marítimas y demás depósitos o corrientes de agua que puedan recibir descargas de aguas residuales.

**DESCARGA:** Acción de verter aguas residuales en algún cuerpo de agua.

**ARTÍCULO 4o.**—Los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales, provenientes de la industria de bebidas gaseosas, son los que se establecen en la siguiente tabla:

PARAMETROS	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	
	promedio diario	Instantáneo
pH (unidades de pH).....	6 — 9	6 — 9
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	50	60
Sólidos sedimentables (ml/l)	1	1.2
Sólidos suspendidos (mg/l)	50	60
Grasas y aceites (mg/l)	30	35

**ARTÍCULO 5o.**—Además de los parámetros anteriores, serán incluidos en las condiciones particulares de descarga los siguientes:

Temperatura                      Sólidos disueltos  
Sustancias activas al azul de metileno.

**ARTÍCULO 6o.**—El procedimiento para la obtención de los valores promedio diarios de contaminantes en las descargas de aguas residuales, se hará mediante el análisis de muestras compuestas que resultan de la mezcla de muestras instantáneas tomadas de acuerdo a la tabla siguiente:

Horas por día que opera el proceso generador de la descarga	Intervalo entre toma de muestras instantáneas (horas)
8	3
12	3
24	4

**ARTÍCULO 7o.**—Los límites máximos permisibles de coliformes totales, medidos como número más probable por cada 100 mililitros, en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de bebidas gaseosas, considerando las aguas de servicio son:

- 10,000 como límite promedio diario y 20,000 como límite instantáneo, cuando se permita el escurrimiento libre de las aguas residuales de servicios o su descarga a un cuerpo de agua, mezcladas o no con las aguas residuales del proceso industrial.
- Sin límite, en el caso de que las aguas residuales de servicios se descarguen separadamente y el proceso para su depuración prevea su infiltración, en terrenos de manera que no se cause un efecto adverso en los cuerpos de agua.

**ARTÍCULO 8o.**—Los métodos de prueba que se aplicarán para determinar los valores de los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales de la industria de bebidas gaseosas, son los contenidos en las normas oficiales mexicanas siguientes:

NOM-AA-3-1980	Aguas residuales-Muestreo
NOM-AA-4-1977	Determinación de sólidos sedimentables en aguas residuales - Método del cono Imhoff.
NOM-AA-5-1980	Aguas - Determinación de grasas y aceites.- Método de extracción Soxhlet.
NOM-AA-7-1980	Aguas - Determinación de la temperatura.- Método visual con termómetro.
NOM-AA-8-1980	Aguas - Determinación de pH.- Método potenciométrico.
NOM-AA-14-1980	Cuerpos receptores-Muestreo.
NOM-AA-20-1980	Aguas - Determinación de sólidos disueltos totales.- Método gravimétrico.
NOM-AA-28-1981	Determinación de demanda bioquímica de oxígeno - Método de incubación por diluciones.
NOM-AA-34-1981	Determinación de sólidos en agua; Método gravimétrico.

- NOM-AA-39-1980** Aguas - Determinación de sustancias activas al azul de metileno (detergentes) - Método colorimétrico del azul de metileno.
- NOM-AA-42-1981** Análisis de aguas - Determinación del número más probable de coliformes totales y focales - Método de tubos múltiples de fermentación.

**TRANSITORIO**

**UNICO.**—El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

Ciudad de México, a 29 de julio de mil novecientos ochenta y ocho. Manuel Camacho Solís.—Rúbrica.

—••—



construcción no es del todo amortiguado.

## I.2) DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO

### I.2.1) PRETRATAMIENTO

Como esta planta obedece a un flujo pequeño, su tamaño estará en función de este totalmente: los parámetros de la figura I.1. darán todos los lineamientos de diseño, de acuerdo a los requerimientos de calidad de agua.

El gasto empleado (un litro por segundo), es el utilizado para el riego comunmente.

La parte inicial consta de un pretratamiento, para eliminar los sólidos mayores y controlar el flujo de entrada inicialmente. esto es, la separación de los sólidos gruesos. El procedimiento más corriente consiste en hacer pasar el agua residual de influente a través de rejas, malla y filtro de contención

Las rejas de barras pueden limpiarse a mano, por ello, son elegibles para el proceso, por su empleo frecuente en pequeñas estaciones de bombeo de agua residual antes de las bombas, o como en este caso, por la caída del flujo debido a la gravedad: el tamaño recomendado se da en la siguiente tabla (fig. I.3).

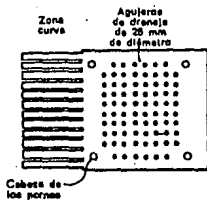
FIG I.3 Características de las rejas de barras

Concepto	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra:		
Anchura, en cm	0,8-1,5	0,8-1,5
Profundidad, en cm	2,5-7,5	2,5-7,5
Separación, en cm	2,5-5	1,5-7,5
Inclinación respecto a la vertical, en °	30-45	0-30
Velocidad de aproximación, en m/s	0,3-0,6	0,6-0,8
Pérdida de carga admisible, en cm	15	15

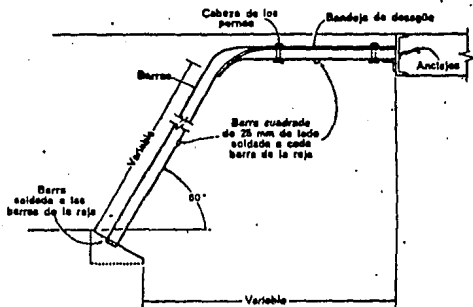
La longitud de la reja de limpieza manual no debe exceder de lo que puede rastrellarse fácilmente a mano. Los barrotes de la reja no serán menores de 1 cm de ancho por 5 cm de profundidad. Están soldadas a unas barras de separación situadas en la cara posterior, fuera del recorrido de las pásas del rastrello.

Encima de la reja deberá colocarse una placa perforada para que los objetos rastrellados puedan almacenarse temporalmente para su desague. en la figura I.4 se muestra una reja típica de limpieza manual.

La solera puede ser horizontal o bien, tener pendiente hacia la reja, así mismo, es conveniente achafanar la unión con las paredes laterales. Preferiblemente, el canal deberá ser recto



PLANO DE LA BANDEJA DE DESAGÜE



DETALLE DE UNA REJA DE BARRAS DE ALUMINIO

Reja típica de limpieza manual

Fig. 1.4

perpendicular a la reja para procurar una distribución uniforme de los sólidos en la sección transversal al flujo y sobre la reja.

Con objeto de proporcionar suficiente superficie de reja para la acumulación de basuras entre las operaciones de limpieza es esencial que la velocidad 0.3 m/s de aproximación sea límite a unos 0.45 m/s a caudal medio, en este caso un litro por segundo. (Referencia: Eddy & Metcalf, Tratamiento y depuración de las aguas residuales).

Conforme se acumulen las basuras, obturando parcialmente la reja, aumenta la pérdida de carga, surgiendo nuevas zonas a través de las cuales pasará el agua. El diseño estructural de la reja ha de ser adecuado para evitar su rotura en caso de que lleque a taponarse totalmente.

Deberán instalarse dos o más unidades (en este caso serán dos), de forma que una de ellas pueda estar fuera de servicio por razones de mantenimiento. Es conveniente que existan compuertas a base de tabloncillos con sus correspondientes ranuras, antes y después de cada reja, de forma que la unidad puede ser puesta en seco, en caso de tener que pintarse, eliminar obstrucciones, enderezar barras dobladas, etc. y principalmente desarmar el canal.

En la recolección de basuras, la cantidad varía, generalmente de 3 a 30 litros de agua residual tratada, el promedio es de 1 a 25 litros, tomando en cuenta que ésta aumenta durante la época de lluvias.

Para la eliminación de la basura generada, se colectará y pasará junto con los desechos al basurero municipal o delegacional.

Posteriormente se emplea un canal de desarenación, por el cual se separarán, como su nombre lo indica, a las arenas, que consiste en grava, cenizas, arena propiamente dicha y cualquier otra materia pesada que tenga velocidad de sedimentación o peso específico, superiores a los de los sólidos orgánicos putrescibles del agua residual. La arena incluye también cáscaras de huevo, pedazos de hueso, granos de café y grandes partículas orgánicas, tales como residuos de comidas, cuyo diámetro promedio será de 0.2 mts.

El tipo de desarenador a emplear, será de flujo horizontal; va que permite el control de la velocidad rectilínea del flujo mediante las dimensiones de la instalación, por el tránsito horizontal del caudal.

El canal se proyecta de tal forma, que debe mantener una velocidad tan próxima como sea posible a 0.3 m/s, va que tal velocidad arrastra la mayoría de las partículas orgánicas a través del tanque y tiende a suspender de nuevo a las que se hayan depositado pero permite que la arena, que es más pesada, sedimenta.

La pérdida de carga en la sección de control para cualquier caudal se eleva a un 36% aproximadamente de la profundidad del agua del desarenador.

Esta cantidad es alrededor de 1.1 veces la altura cinética en una sección de control con una entrada bien redondeada. Además, existe una variación considerable en el nivel de agua del desarenador y en la sección de control entre el flujo máximo y mínimo, pero en este caso se procurará mantener este igual, ya que el flujo será unitario, debido a que la planta restringe su acceso sólo a éste.

El diseño deberá ser tal que bajo las condiciones más adversas, la partícula más ligera de arena alcance el fondo del canal antes de su extremo de salida. Normalmente los desarenadores se proyectan para eliminar todas las partículas de arena que quedan retenidas en un tamiz de malla 65 (diámetro de 0.21mm) aunque se puede implementar malla 100 (diámetro de 0.15mm), a esta agregaremos una cubierta de tela de fibra de polipropileno, ya que este material, además de filtrar, por su consistencia, hace que las partículas se le adhieren a estas telas, se puede cambiar o limpiar manualmente, además de proteger a la malla de oxidación.

Es recomendable usar una velocidad de sedimentación de 1.1 m/s para la eliminación de material en caso de usarse malla 65 y de 0.75 m/s para malla 100. Cuando el peso específico de la arena, debido a las condiciones locales, es inferior a 2.65 habrá de pensarse en el uso de velocidades menores.

Por ser una planta pequeña, se puede considerar el valor de 1 lt/s de agua tratada, independientemente de la época del año.

Finalmente se manejará un separador de grasas y aceites que consiste en un depósito dispuesto de tal manera para que ascienda y permanezca en la superficie del agua residual hasta que se recoja y elimine, mientras que el líquido se la del tanque de forma continua, a través de una abertura situada en el fondo, o por debajo de unos muros o deflectores de espuma bastante profundos. Esta operación puede combinarse con la sedimentación.

La finalidad de los separadores de grasas es la separación del agua residual de las sustancias más ligeras que tienden a flotar. El material recogido en la superficie de los tanques separadores de grasas incluye aceite, grasa, jabón, pedazos de madera y corcho, residuos vegetales y cáscaras de fruta de procedencia doméstica o industrial, en este caso particularmente, se usará una placa sumergida en el tanque de sedimentación primaria, para la contención mencionada.

El tiempo de retención va de 1 a 15 minutos, la salida que está sumergida, se halla situada en el lado opuesto a la entrada y a una cota inferior a ésta, para facilitar la flotación y

eliminar cualquier sólido mayor que puede sedimentarse.

### I.2.2) SEDIMENTACION PRIMARIA

Como se ha mencionado, se continúa el tratamiento con un tanque de sedimentación primaria, este se basa en el siguiente principio.

— Siempre que un líquido que contenga sólidos en suspensión se encuentra en estado de relativo reposo, los sólidos de peso específico superior al del líquido tienen tendencia a depositarse y los de menor peso específico a ascender. La finalidad del tratamiento por sedimentación es eliminar los sólidos fácilmente sedimentables y el material flotante y por tanto, reducir el contenido de sólidos suspendidos.

Los tanques de sedimentación primaria, que están provechados y operados eficazmente, deberán eliminar del 50 al 65% de los sólidos suspendidos y del 25 al 45% de la DBO.

Cuando los tanques de sedimentación preceden a los procesos de tratamiento biológico, podrán ser diseñados de forma que sus tiempos de retención sean menores y tengan una carga de superficie más alta que los tanques que se utilizan como único método de tratamiento.

Los sólidos en la mayoría de las aguas residuales no son de forma regular, sino de naturaleza heterogénea, y las condiciones en las que se hallan presentes van desde la dispersión total a la floculación completa. La mayoría de los sólidos finalmente divididos que llegan a los tanques de sedimentación primaria, están sólo parcialmente floculados pero son susceptibles de flocular.

La floculación se ve favorecida por el movimiento turbulento del fluido en el interior de los tanques y prosigue a través de la coalescencia de partículas finas, a una velocidad que está en función de las partículas mismas.

Por tanto, como regla general, la coalescencia de una suspensión de sólidos se vuelve más completa a medida que transcurre el tiempo. Por esta razón, el tiempo de retención deberá también tenerse presente en el diseño de los tanques de sedimentación.

Los tanques de sedimentación se diseñan en base a la carga superficial para el caudal medio expresado en metros cúbicos por día y por metro cuadrado de área horizontal, así como la proporción del tiempo de retención (fig. 1.5).

Debe subrayarse que las cargas de superficie deben ser lo suficientemente bajas para asegurar un rendimiento satisfacto

FIG. 1.5

Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones

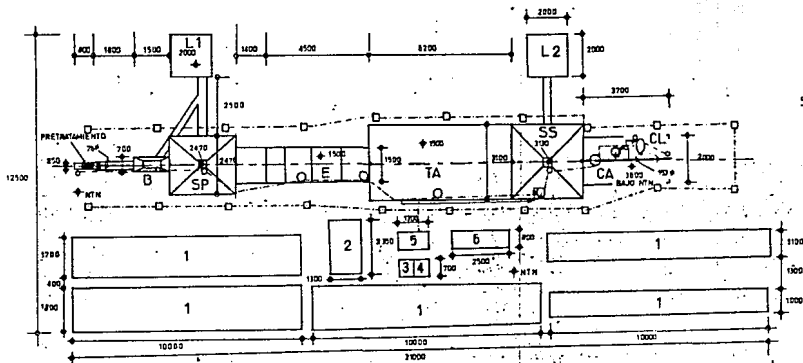
Suspensión	Carga superficial, $m^3/m^2$ día	
	Intervalo	Caudal punta
Agua residual sin tratar	24-48	48
Flóculo de sulfato de alúmina*	14-24	24
Flóculo de hierro*	21-32	32
Flóculo de cal*	21-48	48

\* Mezclado con los sólidos suspendidos sedimentables en el agua residual sin tratar y con otros sólidos suspendidos o coloidales arrastrados por el flóculo.

FIG. 1.7

Tiempos de detención para diversas cargas de superficie y profundidades de tanques

Carga de superficie, $m^3/j$ o $m^3$	Tiempo de detención, horas			
	Profundidad, 2,10 m	Profundidad, 2,40 m	Profundidad, 3 m	Profundidad, 3,6 m
16	3,2	3,6	4,5	5,4
24	2,1	2,4	3,0	3,6
32	1,6	1,8	2,25	2,7
40	1,25	1,4	1,8	2,2



**SIMBOLOGIA:**

- D-DESARRENADOR
- SP-SEDIMENTADOR PRIMARIO
- E-ESPUMACION
- TA-TANQUE DE AERACION
- SS-SEDIMENTADOR SECUNDARIO
- CA-CARBON ACTIVADO
- CL-CLORACION
- L-LECHOS DE SECADO
- 1-COLECTORES SOLARES
- 7-BANCO DE BATERIAS
- 3-CONTROL DE BATERIAS
- 4-INVERSOR
- 5-CONTROL DIGITAL
- 8-PLANTA DE EMERGENCIA
- 9-ILUMINACION 1
- 9-ILUMINACION 2
- MOTOR O ALARMA
- CABLEADO DE CONTROL
- ⊕ PROFUNDIDAD DE CADA SECCION
- NTM NIVEL DE TERRENO NATURAL

**NOTAS:**

- LAS PROFUNDIDADES MARCADAS SON REFERIDAS A CADA ESTRUCTURA NO AL NTM
- LA CEPA SE EXCARA EN FUNCION DE LAS ESTRUCTURAS Y DEL PERFIL HIDRAULICO
- LA UBICACION ESTA EN FUNCION DEL SITIO DE CONSTRUCCION (EN ESTE CASO SAN JUAN DE ARAGON)
- EL ARRIBO DEL PROTOTIPO PUEDE ALTERARSE DEPENDIENDO DEL SITIO DE INSTALACION.

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS

PLANTA GENERAL

PLANO 10-012

RAMON GUTIERREZ SAHIA

DISEÑADOR

rio para los caudales punta que pueden variar desde tres veces el el caudal medio en las plantas pequeñas.

Las cargas de superficie que se utilizan en la actualidad dan como resultado tiempos nominales de detención de 2 a 2.5 horas para el caudal medio de proyecto. Como los caudales de proyecto suelen basarse en alguna condición futura, los tiempos reales de retención durante los primeros años de funcionamiento son algo más prolongados.

También se tomará la carga sobre vertedores, aún cuando la caída del tanque en este caso será por gravedad.

La forma del tanque será la de un silo rectangular, en este caso sólo será de uno, el mantenimiento se realizará de manera simultánea en las demás unidades de proceso (fig. I.6 plano G-1).

El volúmen de fango producido en los tanques de sedimentación primaria debe conocerse o estimarse de modo que éstos, junto con las instalaciones de tratamiento y eliminación del fango, pueden proyectarse correctamente. El volúmen de fango producido dependerá de:

- 1.- Las características del agua residual sin tratar, incluyendo su edad e intensidad.
- 2.- El estado de los sólidos sedimentados incluyendo el peso específico, el contenido de agua y la profundidad del tanque
- 3.- El período de sedimentación y el grado de tratamiento que se vava a realizar en los tanques.
- 4.- El período de tiempo transcurrido entre las operaciones de extracción de los fangos (fig. I.7).

### I.2.3) ESPUMACION

Los contaminates presentes en las aguas residuales de México, cuentan con una particularidad que las hace requerir de un proceso especial. Los detergentes en México no cuentan con substancias biodegradables, por su carácter refractario; la sección de tratamiento biológico de la planta removerá solo un porcentaje muy bajo de estos contaminantes. Los detergentes son analíticamente medidos en el laboratorio como "substancias activas al azul de metileno" (SAAM), un parámetro que da una idea de la concentración real de detergentes en el agua. Si bien, en aguas residuales (debido a la presencia de otros contaminates) las mediciones de SAAM están sujetas a diferentes interferencias.

La base del diseño de un sistema auxiliar para eliminar estas substancias, se basa en la concentración de éstas y la calidad requerida en el efluente; a este proceso se le conoce



como espumación.

Este proceso recibirá las aguas del efluente de sedimentación primaria. Se emplearán difusores de aire, adaptados al motor en forma de una caña larga, esto debido a que por medio de la oxidación producida, se tendrá la degradación del SAAM, por ello su eficiencia es proporcional a la relación aire/ agua, a la altura de la columna de agua y al tamaño de la burbuja, que en este caso es grande.

Emplea además un cajón con agua para eliminar a las espumas generadas, este aparece en el plano de tuberías-instrumentación G-2.

#### 1.2.4) REACTOR BIOLÓGICO.

Posteriormente el efluente de espumación, pasa al tanque de aereación (primera parte del reactor biológico), que se emplea para convertir la materia orgánica que se encuentra finalmente dividida y disuelta en el agua residual en sólidos sedimentables floculentos que pueden separarse en tanques de sedimentación, en este caso, se empleará sólo un tanque de aereación y uno de sedimentación secundaria.

Los procesos biológicos más utilizados son los de lodos activados y filtros precoladores, en este caso serán lodos activados.

Básicamente los objetivos que persigue esta parte del tratamiento son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica.

El tanque de separación, es también conocido como tanque de aereación, ya que en él se lleva a cabo, en base al aire las reacciones de los contaminantes restantes, remoción de DBO (demanda bioquímica de oxígeno), carbón orgánico y nitrógeno reducido (nitrógeno orgánico más nitrógeno amoniacal) y de ello la generación de lodos biológicos.

Estos lodos están constituidos por el resultado de la reacción de los flóculos o microorganismos.

Se puede definir a los lodos como materia orgánica que entra en el influente con los microorganismos que degradan la materia por medio de su respiración y alimentación.

#### 1.2.5) CARBÓN ACTIVADO

La purificación del agua mediante la adsorción de contaminantes indeseables en adsorbentes sólidos es relativamente reciente. Las primeras unidades de carbón activado granular para el tratamiento de agua se construyeron en Hamm, Alemania en 1929 y a partir de 1970 su uso se ha incrementado.

La adsorción es el proceso físico químico mediante el cual una substancia se acumula en la frontera entre dos fases. En el caso del tratamiento de agua la desorción de la solución ocurre cuando las impurezas presentes en el agua se acumulan en la interfase sólido-líquido. El adsorbato es la substancia que se remueve de la fase líquida a la interfase. El adsorbente es la fase sólida donde ocurre la acumulación.

La fuerza electrostática es el principio físico básico que describe la interacción entre las moléculas de adsorbente y adsorbato. Dentro de estas fuerzas se incluyen las interacciones entre dipolos. Las interacciones de dispersión y el enlace hidrógeno.

Se dice que una molécula tiene un dipolo cuando tiene una separación neta de cargas positivas y negativas dentro de ella.

Cuando dos dipolos se acercan tienden a orientarse de manera tal que reducen su energía libre combinada: las cargas negativas de uno tienden a acercarse a las cargas positivas del otro. Cuando se suman las fuerzas electrostáticas entre las cargas, la interacción neta entre los dipolos es una atracción entre los dos.

La adsorción química se basa también en fuerzas electrostáticas. La atracción se acerca a la del enlace covalente entre átomos, con un enlace más corto y energía de enlace más fuerte.

Las energías de enlace para los mecanismos de adsorción se pueden jerarquizar del más fuerte al más débil como sigue:

Enlace químico covalente	más de 10 kcal/mol
Interacción de dispersión y enlace de hidrógeno	de 2 a 10 kcal/mol
Interacciones dipolo-dipolo	menos de 2 kcal/mol

Para el carbón granular las propiedades físicas importantes son su dureza y el tamaño de las partículas. Una gran parte de los costos de operación del carbón resulta de pérdidas durante el manejo y la regeneración. El tamaño de la partícula controla el transporte ya que el tamaño más pequeño aumenta la disponibilidad de los poros, porque el área superficial exterior por unidad de masa aumenta. El tamaño de la partícula tiene influencia además en la pérdida de carga a través del lecho de carbón.

Las propiedades de adsorción del carbón activado tienen un efecto fuerte en la tasa y capacidad de adsorción y deben considerarse en la selección del carbón y el diseño. Estas propiedades incluyen el área superficial específica, la distribución del tamaño de los poros y la naturaleza química de la superficie.

Para una superficie dada la adsorción está controlada

por el tamaño del poro va que este limita el tamaño de la molécula de adsorbato que puede entrar en él.

El área efectiva del carbón activado por lo tanto tiene un límite de cerca de 1500 m<sup>2</sup>/g la cual resulta en poros de 1 nm. los cuales son prácticamente inaccesibles para la mayoría de los adsorbatos.

La composición química de la superficie del carbón también tiene influencia en la tasa y capacidad de adsorción debido a la interacción específica entre la superficie y los adsorbatos.

La función del carbón activado en el tratamiento de agua es principalmente para la eliminación de compuestos orgánicos, y hasta cierta medida de metales pesados y virus.

El carbón activado granular se usa como una unidad más dentro del proceso de la planta.

En la mayor parte de las aplicaciones en el tratamiento de agua, se acepta que el agua que se aplique al proceso de carbón activado sea de la más alta calidad. Esto implica que el agua debe estar por lo menos filtrada para remover los sólidos suspendidos que pudieran taponar la unidad de carbón activado. En este caso, después del sedimentador secundario.

En este caso emplearemos el flujo ascendente. Los lechos de flujo ascendente tienen el lecho expandido aproximadamente un 10%. Esto permite que los lechos dejen pasar sólidos suspendidos sin que se incremente la pérdida de carga. Estos lechos tienen el problema operacional de dejar pasar finos de carbón, por lo que no se usan mucho, sin embargo, se emplea un sistema de retrolavado para este problema.

#### 1.2.6) CLORACION

Este es el último proceso en el sistema de tratamiento, la aplicación es básicamente para la desinfección del efluente del carbón activado.

Para este sistema particularmente, se emplea una tubería de PVC, por la cual circula el flujo de este efluente, implementándose un sistema de conjunto con la inyección de gas cloro; esto es, aprovechando la corriente del agua, se la clora y circula para su depósito en uso, además que al circular, se puede depurar por la energía cinética que desarrolla.

Particularmente se empleará un equipo de cloración operado por un tanque de cloro gaseoso, el cual tendrá un soporte en una báscula, para el peso y reporte de la cantidad usada diariamente; estas básculas deben localizarse de tal manera que los cilindros estén a temperatura menor que los cloradores para que el cloro gaseoso que pasa de los cilindros no se condense, manteniendo la temperatura a más de 10°C, pues de otro modo no se

vaporizará el cloro y la cantidad de cloro gaseoso que se obtenga será muy limitada.

Tomando en cuenta que las partes esenciales de tratamiento, se encuentran en función en plantas convencionales, se hará referencia gráfica de ello, a través de las instalaciones de la planta de aguas residuales de San Juan de Aragón, D.F., México, que opera desde hace varios años.

#### INDICE DE FOTOGRAFIAS.

- |         |   |
|---------|---|
| Foto 1  | Cárcamo de agua cruda                           |
| Foto 2  | Canal de separación (sedimentador primario)     |
| Foto 3  | Cajón del sedimentador primario                 |
| Foto 4  | Separador de grasas                             |
| Foto 5  | Caja repartidora de lodos                       |
| Foto 6  | Tanque de aireación (entrada)                   |
| Foto 7  | Dosificación de cloro                           |
| Foto 8  | Vista general de tanques de aireación           |
| Foto 9  | Tubería de lodos                                |
| Foto 10 | Medidor de presión de flujo                     |
| Foto 11 | Polipasto para izaje de equipo                  |
| Foto 12 | Bomba vertical de agua cruda                    |
| Foto 13 | Bombas verticales de agua tratada               |
| Foto 14 | Bomba de lodos                                  |
| Foto 15 | Motorreductor para rastras                      |
| Foto 16 | Acometida y subestación eléctrica               |
| Foto 17 | Tablero de control eléctrico                    |
| Foto 18 | Poste típico de iluminación                     |
| Foto 19 | Vista general de planta                         |
| Foto 20 | Planta de emergencia de alimentación eléctrica. |

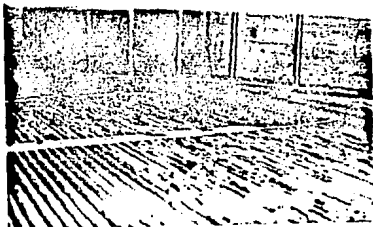


FOTO 1

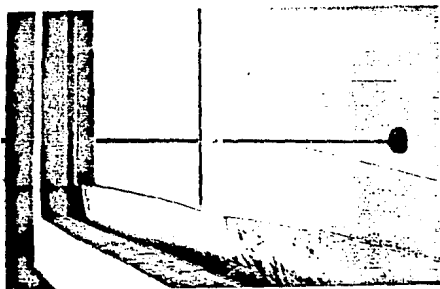


FOTO 2

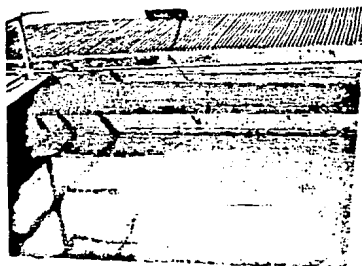


FOTO 3

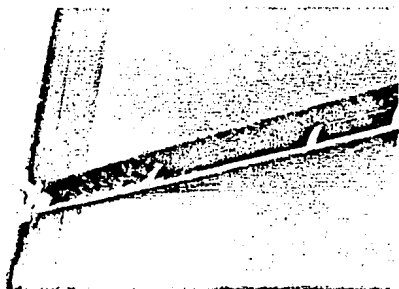


FOTO 4



FOTO 5

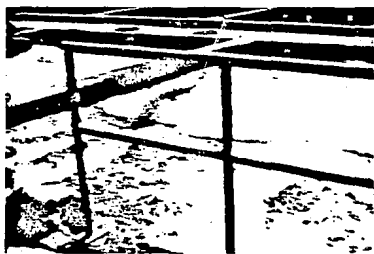


FOTO 6

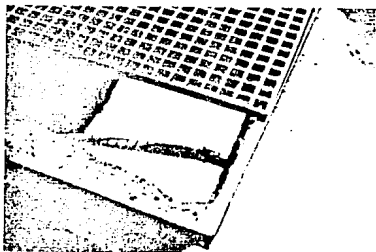


FOTO 7

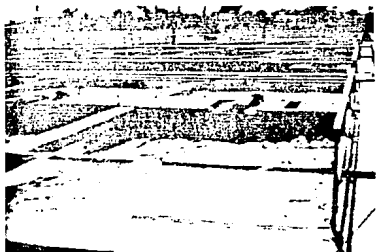


FOTO 8

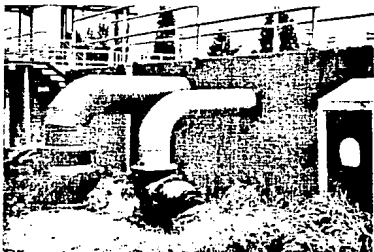


FOTO 9

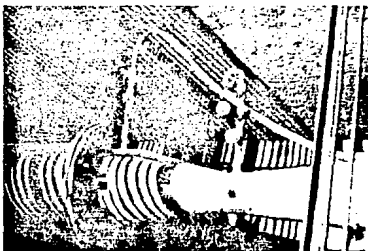


FOTO 10

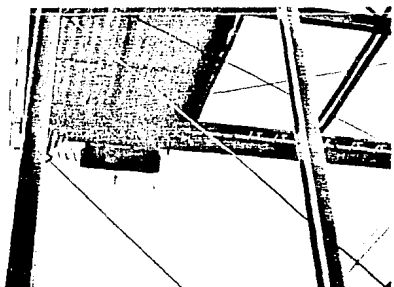


FOTO 11

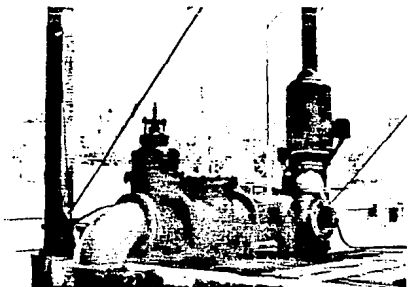


FOTO 12



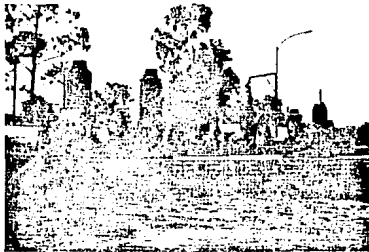


FOTO 13



FOTO 14

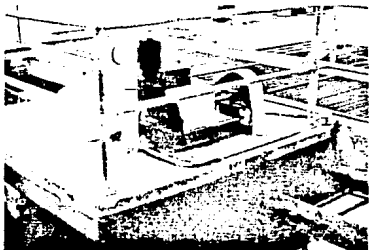


FOTO 15

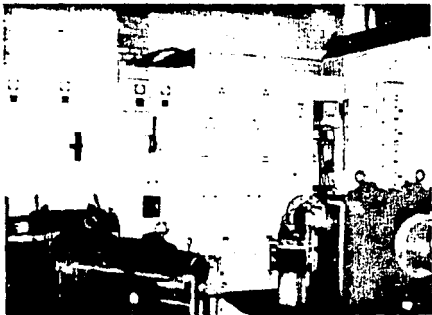


FOTO 17

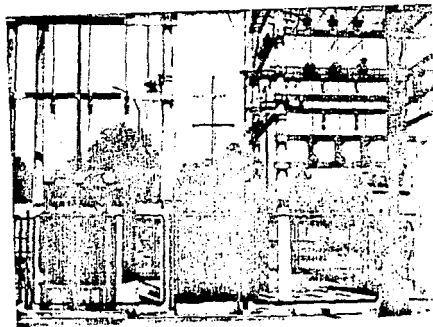


FOTO 16



FOTO 15

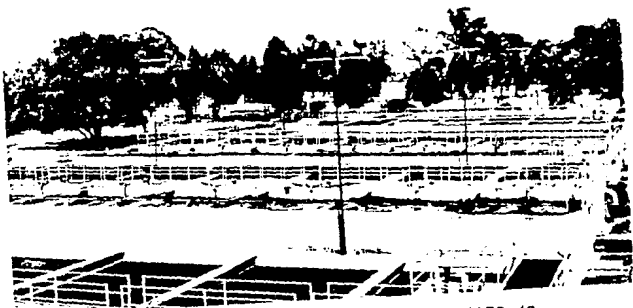


FOTO 19

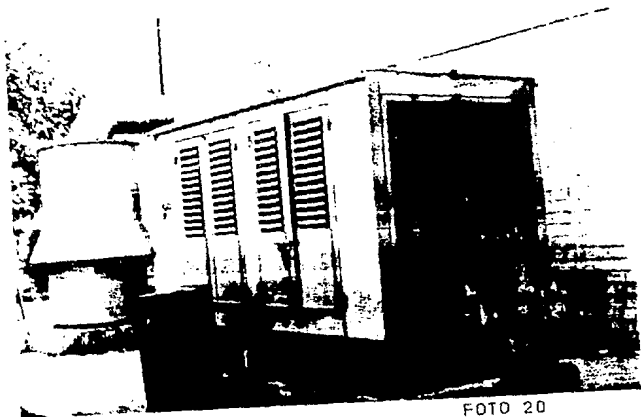


FOTO 20

## CAPITULO II

### CALCULOS DE PROCESO Y CONSTRUCCION

#### II.1) PROCESO

La descripción del proceso realizada, se fundará matemáticamente, en los siguientes cálculos y descripciones, tanto de tratamiento y construcción como de equipos y su mantenimiento, sistema de seguridad y prevención en caso de emergencia.

De la información de la figura I.1, que muestra los requerimientos de tratamiento, se consideran los parámetros de diseño.

##### II.1.1) PRETRATAMIENTO

La eliminación de sólidos mayores en el cribado se da por la contención de éstos en la rejilla y en la malla.

La operación consta de la retención de sólidos, los cuales llegan a variar en cuanto a volumen, pero la admisión de líquidos está procurada por medio de este cribado de manera más o menos uniforme.

Cabe señalar que la criba cuenta con una charola en su parte inferior, para que en caso de obstruirse por un cuerpo extraño, pueda ser desalojado levantando esta: una veleta que se encuentra después de la criba, accionará una alarma, que a su vez, dará una señal de paro general en la planta, misma que se restablecerá al normalizarse el flujo.

Básicamente el balance de la operación general, va en operación será de un litro por segundo en la entrada, por un litro por segundo en la salida, que es el flujo usado comúnmente para toma de grana; como las estimaciones son teóricas, únicamente se avocarán a este flujo.

El volumen de sólidos acumulados en la criba, será de 0.00167 m<sup>3</sup> máximo, para evitar tapaduras o extranguilaciones en el flujo. El contenido sólidos suspendidos totales (174.12 mg/l) y sólidos disueltos totales (752 mg/l) contenidos en el influente no varían, sólo se eliminan sólidos mayores, esto es, sólidos con un tamaño mayor a 0.2mm.

Existen dos canales y dos tuberías posteriores al cribado, estas son alternativas de acuerdo al mantenimiento, el cambio de una a otra se realiza por medio de una compuerta deslizante que especifica el cálculo hidráulico.

Se emplea un filtro de polipropileno, con un rango de 20 micras, esto es diez veces mayor a 0.2 mm, pero tomando en

cuenta que con el tiempo se expande, se debe considerar esta dilatación.

En realidad el filtro previene únicamente de sólidos que no se retuvieron en el cribado, garantizando así la retención de sólidos mayores y previniendo alguna taponadura.

La renovación del filtro se hará cada cuatro meses, aunque se empleará una mirilla para observar su comportamiento.

En el pretratamiento tendremos las siguientes características:

Diseño de criba:

Rejillas de limpieza manual:

Angulo de inclinación: 45 grados.

Velocidad de aproximación (Vap) : 0.3 m/s

Abertura entre barras (e): 0.025 mts.

Cubierta con malla 65 (diámetro de 0.21 mm), cubierta con fibra de polipropileno como protección.

Dimensiones de las barras:

Espesor: (ab) 0.00635 mts. (1/4 in)

Ancho: 0.0508 mts. (2 in)

Velocidad máxima entre barras (Vmaxb) : 1 m/s

Pérdida de carga máxima: 0.15 mts.

Gasto (Q): 1 lps = 0.001 m<sup>3</sup>/s.

Area de flujo,  $A=Q/V_{ap} = 0.001 \text{ m}^3/\text{s} / 0.3 \text{ m/s}$  Ec. II.1

$A = 0.00333 \text{ m}^2$

Ancho del canal (ac) = 0.25 mts.

Número de barras de la rejilla:

$n=(ac - e)/(ab + e) = (0.25 - 0.025)/(0.00635 + 0.025)$

= 7.17 esto implica 8 barras. Ec. II.2

Ancho corregido con el número de barras:

$acc = n*ab + (n+1)*e = 8(0.00635) + (8+1)0.025 = 0.2758 \text{ mts}$

Ec. II.3

Para el canal se tendrá:

Tirante = Area de flujo/ ac =  $0.00333 \text{ m}^2 / 0.2558 \text{ m} =$

= 0.013 mts. Ec. II.4

Bordo libre recomendado = 0.1 mts

Altura máxima recomendada = 0.15 mts

Por lo tanto, la profundidad del canal será:

$pc = 0.013 + 0.1 + 0.15 = 0.263 \text{ mts} = 0.27 \text{ mts}$ , Ec. II.5

Longitud de las barras = pc/seno del Angulo de barras

$lb = 0.27/\text{sen } 45^\circ = 0.3818 \text{ mts} = 0.4 \text{ mts}$ .

Longitud de canal.- Corresponde a un metro para mantenimiento y espacio de recepción de sólidos.

El ancho para la distribución en los tubos de desarenación será de 6 in (152.4 mm), dispuesto para dos tubos de 3 in

(76.2 mm). con una longitud de 30 cm.

Desarenador:

$Q = 1 \text{ lps} = 0.001 \text{ m}^3/\text{s}$  (gasto)  
 $S =$  densidad relativa de la partícula = 2.65  
 $D =$  diámetro de la partícula a separar = 0.2 mm  
Arenas = 194 l/día (evaluado por la DHTA)

Propiedades del agua (figura II.1)

Viscosidad dinámica =  $1.0105 \cdot 10^{-2} \text{ (cm}^2/\text{s @ 20 }^\circ\text{C)}$

Densidad =  $0.99823 \text{ g/cm}^3$  cada  $20^\circ\text{C}$

Cálculo de la velocidad de sedimentación (en base a la figura II.2)

$V_s = 3 \text{ cm/s @ } 10^\circ\text{C}$

$V_s = 3 \text{ cm/s} \cdot ((1.0105 \cdot 10^{-2})^{-2} / 1.3101 \cdot 10^{-3}) = 2.31 \text{ cm/s}$   
=  $0.0231 \text{ m/s @ } 20^\circ\text{C}$ .

Verificando si aplica la ley de Stokes para  $Re$  (número de Reynolds) 0.5:

$Re = 10 V_s D / \nu = 10 (0.0231) (0.2) / 1.0105 \cdot 10^{-2} = 4.6$

Ec. II.6

Como no corresponde, se aplica la figura II.2 en base a la siguiente fórmula:

$V_s$  en término del diámetro =  $(g(S-1) / \nu)^{-1/3} \cdot d$

Ec. II.7

Donde:  $g = 981 \text{ cm/s}^2$  (gravedad)

$d = 0.02 \text{ cm}$  (diámetro de partícula)

$V_s = (981(2.65-1) / (1.0105 \cdot 10^{-2}))^{-1/3} \cdot 0.02 = 5.02$

Ec. II.8

$v$  de la figura II.3

$V_s / (g(S-1) / \nu)^{-1/3} = 1$ ;  $V_s = 981(2.65-1) / 1.0105 \cdot 10^{-2}^{-1/3}$

$V_s = 2.54 \text{ cm/s}$ . Ec. II.9

Área superficial (para un 100% de remoción):

$A_s = Q / V_s \cdot 1000 = 1 \text{ lps} / 0.0254 \text{ m/s} \cdot 1000$

=  $0.03937 \text{ m}^2$  implicando  $4 \text{ cm}^2$ . SIM Ec. II.1

Área superficial corregida para la eficiencia requerida:

EF = 105% (significa que es un 5% de sobrediseño)

$A_{sc} = 0.04 \text{ m}^2 \cdot 105 / 100 = 0.042 \text{ m}^2$  Ec. II.10

Factor de rugosidad =  $0.3 \text{ mm} (\ell)$

Velocidad de arrastre de la partícula:

$V_a = (8 \cdot g \cdot D(S-1/\ell))^{1/2} / 1000$  Ec. II.11

$V_a = (8 \cdot 0.04 \cdot 981 \cdot 0.2 \cdot (2.65 - 1/0.3))^{1/2} / 1000$

$V_a = 0.05876 \text{ m/s}$

Área transversal =  $A = Q / V_a \cdot 1000 \text{ SIM Ec. II.11}$

Viscosidad y densidad del agua  
 Calculado de *International Critical Tables*

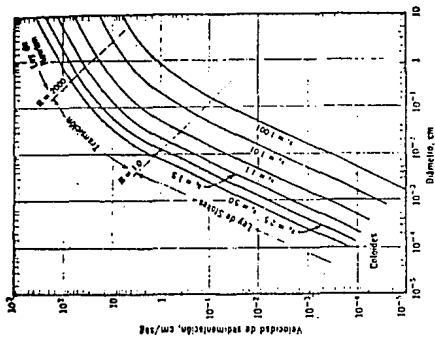
Temperatura, °C	Densidad $\rho$ , $\gamma$ (gramos/cm <sup>3</sup> ), también $\delta$	Viscosidad absoluta $\mu$ , centipoises*	Viscosidad cinemática $\nu$ , centistokes†	Temperatura, °F
0	0.99987	1.7921	1.7923	32.0
2	0.99997	1.6740	1.6741	35.6
4	1.00000	1.5676	1.5676	39.2
6	0.99997	1.4726	1.4726	42.8
8	0.99990	1.3872	1.3874	46.4
10	0.99973	1.3097	1.3101	50.0
12	0.99952	1.2390	1.2396	53.6
14	0.99927	1.1748	1.1756	57.2
16	0.99897	1.1156	1.1168	60.8
18	0.99862	1.0603	1.0618	64.4
20	0.99823	1.0087	1.0105	68.0
22	0.99780	0.9608	0.9629	71.6
24	0.99733	0.9161	0.9186	75.2
26	0.99681	0.8746	0.8774	78.8
28	0.99626	0.8363	0.8394	82.4
30	0.99568	0.8004	0.8039	86.0

\* 1 centipoise =  $10^{-3}$  (gramos masa)/(cm)(seg). Para convertir a (lb fuerza)(seg)<sup>2</sup>/pie cuadrado, multiplíquese centipoises por  $2.088 \times 10^{-4}$ .

† 1 centistoke =  $10^{-2}$  cm<sup>2</sup>/seg. Para convertir a (pies cuadrados)/(seg), multiplíquese centistokes por  $1.075 \times 10^{-4}$ .

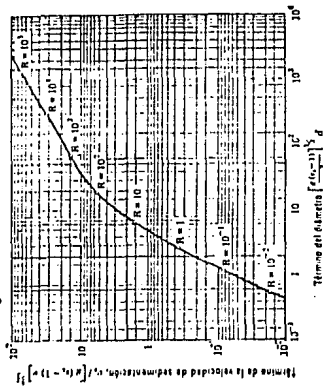
1 gramo/cm<sup>3</sup> = 62.43 lb/pie cu.

TABLA II.1



Velocidades de asentamiento y elevación de partículas esféricas discretas en agua estática a 10°C. Para otras temperaturas, se multiplican los valores de Stokes por  $\rho/(1.31 \times 10^{-3})$ , en donde  $\rho$  es la viscosidad cinemática a la temperatura establecida.

Fig. 11.2



Velocidades de asentamiento y elevación de partículas esféricas discretas en un fluido existente de acuerdo con el peso específico relativo de la partícula (en relación con el fluido), la viscosidad cinemática del fluido y la constante de la gravedad.

Fig. 11.3



$$At = 1 \text{ lbs}/0.05876 * 1000 = 0.01782 \text{ m}^2.$$

Para la tubería:

$$At = dt \quad (0.25) \quad ; \quad dt = (0.01702/0.7854) \text{ Ec. II.12}$$

$$dt = 0.1472 \text{ mts} = 14.72 \text{ cm} = 5.79 \text{ in}$$

Diámetro sugerido de tubería 6 in = 15.24 cm.

(Referencia: Eddy & Metcalf, Tratamiento y depuración de las aguas residuales).

Para el filtro tendremos una longitud (de transición) de 9.75 in; así las pérdidas se obtendrán como:

$$Re = L/D(0.058) = 9.75/6 * 0.058 = 28.01; \text{ así Ec. II.13}$$

$$f = 64/Re = 64/28.01 = 2.28 \text{ Ec. II.14}$$

Empleando la fórmula de Lanjheer para flujo en longitud de transición.

$$h = f (L/D)(V^2 / 2g) \text{ Ec. II.15}$$

$$h = 2.28 (0.24765 \text{ m}/0.1524 \text{ m})(1.3 \text{ m/s})^2 / 2(9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$h = 0.01658 \text{ m} = 0.05437 \text{ ft.}$$

$$\text{Largo del canal: } L_c = Asc/d = 0.042 \text{ m}^2/0.1524 \text{ m} = 0.2756 \text{ m}$$

$$L_{\text{total}} = 0.24765 + 0.2756 = 0.523 \text{ m}$$

Tiempo de retención:

$$Tr = 1000 At Lc / Q \text{ Ec. II.16}$$

$$Tr = 1000 (0.01702 \text{ m}^2) 0.523 \text{ m} / 0.001 \text{ m}^3/\text{s} = 8.9 \text{ seg.}$$

Velocidad en el canal:

$$V_{\text{can}} = Q / At \quad 1000 = 1 \text{ lbs} / (0.01702 \text{ m}^2) \quad 1000$$

$$= 0.05875 \text{ m/s de Ec. II.1}$$

Como se requiere de una velocidad de flujo mínima de 0.3 m/s. se inclinará el tubo de acuerdo al movimiento de la partícula, sin alterar su velocidad. esto se hará de la siguiente manera (Fig II.4 y II.5):

FIG. II.4

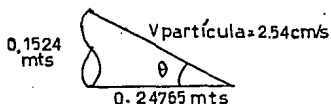
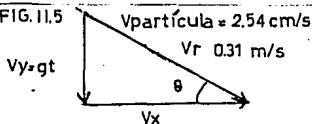


FIG. II.5



Convertiremos esta velocidad en nuestra referencia de dirección de flujo sin alterarla (fig II.4).

$$\text{Tan } \theta = 0.1524/0.24765; \quad \theta = 31.6075^\circ$$

Tomando un segundo como tiempo de velocidad entonces tendremos (fig II.5).

$$Vv = 9.81 \text{ m/s (1 seg)} = 9.81 \text{ m}$$

$$\text{Sen } 31.6075^\circ = 9.81/Vr$$

$Vr = 0.31 \text{ m/s}$ ; así se obtiene la velocidad requerida sin alterar las dimensiones establecidas.

Así la partícula se verterá en el depósito de arenas, construido de polietileno, con las siguientes dimensiones:

Qarenas = 194 litros por día.

Volumen total = 0.194 m<sup>3</sup> = 52 galones

$$\text{Vol} = 1/3 h \sqrt{(a+b)(a+b)}; \text{Tan } \alpha = h/c \text{ Ec. II.17}$$

$$\text{si } l=1.5 \text{ mts, } B = Ac * l = (0.6 \text{ m}) (1.5 \text{ m}) = 0.9 \text{ m}^2$$

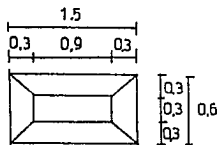
$$15.2 \text{ cm v } h=45.7 \text{ (valores recomendados)}$$

$$\text{De Ec. II.17:}$$

$$h = 3V / \sqrt{B + b + lb}; h = 3 * 0.194 / \sqrt{0.9 + 0.9 + (0.9 + 0.09)} = 0.457$$

aproximadamente 0.5 mts.

Por lo tanto, las dimensiones de la tolva serán: figura II.6



ALTURA = 0.5

DIMENSIONES EN METROS

$$c^2 = a^2 + b^2. c = (0.6) + (0.6) = 0.85 \text{ mts}$$

$$\text{Tan } \alpha = 0.5 / 0.85. \alpha = 30.46$$

La tolva será limpiada por la cubierta ubicada en su parte inferior.

#### II.1.2) SEDIMENTADOR PRIMARIO.

$$\text{Gasto (Q)} = 1 \text{ lps} = 0.001 \text{ m}^3/\text{s} = 86.4 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Tiempo de retención } Tr = 2.1 \text{ hrs.}$$

$$\text{Carga hidráulica superficial CHS} = 24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$$

$$\text{Area superficial } As = Q/CHS \text{ Ec. II.18}$$

$$As = 86.4 \text{ m}^3/\text{d} / 24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d} = 3.6 \text{ m}^2.$$

$$\text{Volumen} = Q * Tr = 86.4 \text{ m}^3/\text{d} (2.1 \text{ hrs}) (1 \text{ d}/24 \text{ hrs}) =$$

$$\text{Vol} = 7.56 \text{ m}^3 \text{ Ec. II.19}$$

Profundidad del agua:

$h = V/As = 7.56 \text{ m}^3/3.6 \text{ m}^2 = 2.1 \text{ mts Ec. II.20}$

Carga superficial de sólidos  $C_{ss} = Q \cdot SSI / As \text{ Ec. II.21}$

Donde: SSI = concentración de sólidos suspendidos en el influente = 174 mg/l

$C_{ss} = 1 \text{ lbs}(174 \text{ mg/l})/3.6 \text{ m}^2 = 48.33 \text{ mg/m}^2 \text{ S}$

$R_{ss}$  = eficiencia de remoción de sólidos suspendidos

$R_{ss} = 0.47$

PLP = Producción de lodos en masa Ec. II.22

$PLP = Q \cdot SSI \cdot R_{ss} = 1 \text{ lbs}(174 \text{ mg/l}) 0.53 = 92.22 \text{ mg/s}$

Cl = concentración de sólidos en lodos = 4% (valor recomendado)

VLP = volumen de lodos primarios producidos por unidad de tiempo.

$VLP = PLP / (Cl \cdot \text{densidad de los lodos}) \text{ Ec. II.23}$

Densidad de los lodos = 1050 kg/m<sup>3</sup>

$VLP = 92.22(10) \text{ kg/s} / (0.04 \cdot 1050 \text{ kg/m}^3) = 2.195 \cdot 10 \text{ m}^3/\text{s}$

$VLP = 7.9 \text{ m}^3/\text{hr} = 189.7 \text{ m}^3/\text{d}$

SSE = sólidos suspendidos en el efluente Ec. II.24

$SSE = SSI (1 - R_{ss}) = 174 \text{ mg/l} (1 - 0.53) = 81.36 \text{ mg/l}$

Con un bordo libre de 2.46 cm el vertedor será de 8 cm de altura; la apertura superior del vertedor será de 14 cm.

Se emplea sólo un tanque y vertedor. A las 2.1 horas, se abrirá la compuerta de desalajo de lodos, para el VLP a este tiempo, esto es  $14.72(10)^{-3} \text{ m}^3/\text{hr}$ .

### II.1.3) ESPUMACION.

Gasto (Q) = 1 lps

El aire requerido es dado por la relación de 8 litros de este por uno de agua, así:  $Q_{\text{aire}} = 8 \text{ lps}$ .

Relación recomendada para las dimensiones del tanque:

3 a 1, largo por ancho. (Referencia: Sistemas de aireación "Aire O2").

La profundidad requerida por el aerador a emplear es de 1.5 mts, que será la misma distancia del ancho, para tener un lado regular, así el largo será 4.5 mts.

A estas dimensiones el volumen que tendremos será de: ancho \* altura \* largo =  $(1.5)^2 \cdot 4.5 = 10.125 \text{ m}^3$ .

Para el desalajo de las espumas se dispondrá de un sistema de rastras que se desplazarán a lo largo del tanque. La separación entre rastras será de 0.9 mts entre cada una, lo cual dará cinco rastras en la superficie y cinco sumergidas.

La altura de las rastras será de 1/3 de la del tanque, esto es 0.5 mts.

El ancho de la rastra corresponderá al del tanque (1.5 mts), por tanto el área de la rastra será:  $Ar = 1.5 \cdot 0.5 = 0.75 \text{ m}^2$ .

Se empleará un espesor de lámina de 1/4 de pulgada (0.635 mm), mismo empleado en la compuerta del pretratamiento.

será: La fuerza hidrostática que las rastras deberán vencer

$P = a \text{ hrastra} A = 64(1.64) \cdot 4.92 = 846.91 \text{ libras}$   
 $P = 384.14 \text{ kg. Ec. II.25}$   
h rastra = nivel en que se sumergirá la rastra.

La fuerza contraria debida a las rastras será:  
 $W_r = A r \cdot W_l (\text{No de rastras}) = 0.75 \cdot 49.8 \cdot 10 = 373.5 \text{ kg}$   
 $W_l = \text{peso de la rastra por unidad de area} = 49.8 \text{ kg}$   
Ec. II.26

Así la fuerza que deberá vencer el motor será determinada por suma vectorial  $W_{rt} = 384.14 - 373.5 = 10.64 \text{ kg}$ . La velocidad recomendada es de 0.2 m/s; estos factores determinan la potencia del motor, esto es, Ec. II.27  $pot = W_{rt} \cdot Vel \text{ rec.} / 76.04 = 10 \cdot 0.2 / 76.04 \cdot pot = 0.26 \text{ HP}$ , aun cuando la eficiencia sea minima un motor de 1/8, (0.125) HP es indicado, junto con un reductor de velocidad integrado dependiendo de la velocidad del motor.

#### II.1.4) REACTOR BIOLOGICO

Este se compone de dos elementos: tanque de aereación y sedimentador secundario.

##### II.1.4.a) TANGUE DE AEREACION.

Criterios de diseño:

Tiempo de residencia de lodos = 40 días  
Concentración de microorganismos X en tanque = 2000 mg/l  
Producción de microorganismos 0.6 mg/mg  
Tasa de relación de materia orgánica kd = 0.092 / día  
 $DBO_b / DBO = f = 0.68$   
Concentración de microorganismos en la recirculación  $X_s = 6000 \text{ mg/l}$   
Concentración de DBO5 en el influente  $S_0 = 114.08 \text{ mg/l}$   
Concentración de DBO5 en el efluente  $S = 20 \text{ mg/l}$   
Relación SSVLM/SSLM = 0.8  
SSVLM-sólidos suspendidos volátiles  
SSLM-sólidos suspendidos  
Volumen del tanque  $V = T_c \cdot Q + (S_0 - S) / X_s (1 + k_d \cdot T_c)$   
Ec. II.28  
 $V = 40 \cdot 86.4 \cdot 0.6 \cdot (114.08 - 20) / 2000 \cdot (1 + 0.092 \cdot 40)$   
 $V = 27.86$ , esto implica 28 m<sup>3</sup>

Tiempo de retención hidráulica:

$Q_x = Q_{\text{diaria}} / Q = (24 \text{ hrs} / 1 \text{ día} \cdot 20.84 \text{ m}^3 / \text{hrs}) / 86.4 \text{ m}^3 / \text{d}$   
 $Q_x = 5.78 \text{ hrs. Ec. II.29}$

Tasa de recirculación (lodos):

$R = 1 - X / (X_s - X) = 1 - 2000 / (6000 - 2000) = 0.5 = 50\% \text{ Ec. II.30}$

Se suma el 50% del caudal al de entrada, el flujo de recirculación será de 1.5 lbs.

La producción de lodos se considera de las siguientes fórmulas.

$$Pabs = Y/(1+kd \cdot Td) = 0.6/(1+0.045 \cdot 40) \text{ Ec. II.31}$$

$$Px = Pabs \cdot Q \cdot (So - S) \cdot 10 = 0.214(86.4)(94.08) 10 \text{ Ec. II.32}$$

$$Px = 1.74 \text{ kg/día}$$

$$Pxas = Px/0.8 = 1.74/0.8 = 2.175 \text{ kg/día Ec. II.33}$$

$$\text{Volúmen de lodos: } V_M = V \cdot X / Td \cdot X_s \text{ Ec. II.34}$$

$$V_M = 28 \cdot 2000 / 40 \cdot 6000 = 0.233 \text{ m}^3/\text{d}$$

Requerimientos de oxígeno:

$$DBO_{oxidada} = Q(S_0 - S) / 1000 \cdot f = 86.4 \cdot 94.08 / 1000 \cdot 0.68$$

$$= 11.953 \text{ kg/l Ec. II.35}$$

$$\text{Oxígeno requerido} = DBO_{oxidada} - 1.42 \cdot Px =$$

$$= 11.953 - 1.42 \cdot 2.175 = 7.597 \text{ kg/d}$$

Ec. II.36

$$\text{Densidad del aire} = 1.18 \text{ kg/m}^3.$$

Requerimientos de aire teóricos: Ec. II.37:

$$7.697 \text{ kg/d} / (1.18 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.232) = 28.1158 \text{ m}^3/\text{d}$$

Asumiendo que la eficiencia de transferencia de oxígeno sea del 8% Ec. II.38.

Requerimientos de aire reales:

$$28.1158 / 0.08 = 351.44 \text{ m}^3/\text{d} = 0.24406 \text{ m}^3/\text{min}.$$

Factor de seguridad = 2

Requerimientos de aire para diseño:

$$2 \cdot (0.24406) = 0.488 \text{ m}^3/\text{min}$$

Requerimientos de aire por unidad de volúmen:

$$351.44 \text{ m}^3/\text{día} / 86.4 \text{ m}^3/\text{d} = 4.067$$

$$351.44 \text{ m}^3/\text{d} / (114.08 + 20) \cdot 86.4 \cdot 10 = 30.337 \text{ m}^3/\text{kg DBOrem}.$$

Ec. II.39

Dimensiones de tanque de aereación en función del

aerador.

$$\text{Largo} = 6.2 \text{ mts. ancho} = 3.1 \text{ mts. profundidad} = 1.5 \text{ mts}$$

Se consideran 10 cm de margen exterior, de acuerdo a las necesidades del aerador, la profundidad es la misma que en espumación.

#### II.1.4.b) SEDIMENTADOR SECUNDARIO

$$\text{Gasto (Q)} = 1 \text{ lvs. carga hidráulica} = 24 \text{ m}^3/\text{d m}^2$$

$$\text{Gasto de recirculación (Qrec)} = 1.5 \text{ lvs} = 129.6 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Area superficial} = Q_{rec} / \text{carga hidráulica} = 129.6 / 24$$

$$= 5.4 \text{ m}^2 \text{ De Ec. II.18}$$

$$\text{Ancho sugerido} = 1.9 \text{ m}$$

$$\text{Largo} = \text{Area sup.} / \text{Ancho} = 5.4 \text{ m}^2 / 1.9 \text{ m} = 2.842 \text{ mts}$$

La profundidad y volúmen dependerán del tiempo.

$$\text{Tiempo de retención} = 3 \text{ hrs.}$$

$$\text{Volúmen} = \text{Tiempo de retención} \cdot \text{gasto} = 3 \text{ hr} \cdot 3.6 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$= 10.8 \text{ m}^3 \text{ De Ec. II.19}$$

$$\text{Profundidad } P_{hr} = V/A = 10.8 / 5.4 = 2 \text{ mts (profundidad recta)}$$

Al igual que en el sedimentador primario.  $VLP = Q \cdot SSI \cdot R_{ss} = 1.5(61.377)0.81 = 74.57$   
 $VLP = PLP/CCI \cdot \rho \cdot \text{fndos} = 74.57 \cdot 10^{-6} / (0.04 \cdot 1050) = 1.775(10) \text{ m}^3/\text{s De Ec. II.23}$

Ambos sedimentadores emplean una compuerta de desalojo, accionada en base al tiempo de retención.

De este sedimentador, se recircula el 50% del volumen al tanque de aereación:

$VLP = 6.3917 \text{ m}^3/\text{hr} = 153.4 \text{ m}^3/\text{d}$

#### II.1.5) CARBÓN ACTIVADO

##### Características:

Filtro.-carbón activado granular (gravel)

Gasto (Q) = 1 a 1.3 lps = 15.85 a 20 GPM.

Temperatura de operación = 2 a 49 °C

Regeneración de 6 a 7 días de acuerdo al desgaste del carbón.

Presión de trabajo 20 a 40 psi.

Alimentación: 120 Vca. 60 Hz.

El retrolavado es automático por medio de un control de tiempo, conectado a una válvula.

La entrada al tanque se realizará del vertedor del sedimentador secundario aun tubo de polietileno, soldado, que se acoplará a la entrada del tanque, cuyo diámetro es de 1 1/2 in (38 mm).

La salida del tanque también será de 1 1/2 in (38 mm), así como el sistema de drenado; el cual se conectará al drenaje general.

La salida se conectará a una ampliación de 1.25 in (32 mm) para conectar con la succión de la bomba de dosificación de cloro.

Internamente, el tanque contiene 10 mts de tubería, con una caída de presión total de 9 psi.

El diámetro del tanque es de 10 in (254 mm), con un inyector de retrolavado tipo 28F-88 y un control de retrolavado integrado.

#### II.1.6) CLORACIÓN.

Del sistema de carbón activado se pasa a una tubería de 1.25 in (38 mm) de diámetro y posteriormente a una tubería de 6 in (153 mm), para la toma de la succión de la bomba dosificadora.

El gasto necesario para la solución es de 2.1 GPM, requerido por la bomba dosificadora, con una presión de manejo de 42 psia y una contra presión de 20 psia.

Presión de diseño = 42 - 20 = 22 psia.  
Gasto de diseño = Bomba \* 1.2 = 2.1 \* 1.2 = 2.52 GPM.

Por normas de fabricación se recomienda una bomba de 0.75 HP en este caso.

Este proceso se emplea para eliminar las colonias de coliformes en el agua residual.

#### CÁLCULO de dosificación:

La estimación se basa en el siguiente cálculo:

$$CT = ((Y_0/Y)^{1/3} - 1) / 0.23 \text{ Ec. II.42}$$

Donde:

C = cantidad de cloro

T = tiempo de contacto. (en este caso 20 min).

Y = número más probable en el agua residual clorada al final del tiempo de contacto (coliformes).

Y<sub>0</sub> = número más probable en el efluente antes de cloración (coliformes).

$$C = ((6046(10)^4 / 1000)^{(1/3)} - 1) / 0.23 / (20) = 8.3148 \text{ mg/l}$$

Estimándose por tanto 10 mg/l ó 10 PPM (partes por millón). Se empleará una tubería de 1 in (25.4 mm) de diámetro, de PVC cédula 80 (diámetro interior 0.957 in = 24.3 mm), basándose en la recomendación de las especificaciones de fabricación del instituto del cloro.

$$Q = 15.85 = 16 \text{ GPM} \\ = 0.001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = VA; V = Q/A = 0.001 \text{ m}^3/\text{s} / (0.7854)(0.025)^2 \\ = 0.0002 \text{ m/s De Ec. II.18}$$

Como la velocidad recomendada es aproximadamente de 1 m/s, se modificará el diámetro.

$$d = Q / (0.7854)V = 0.001 \text{ m}^3/\text{s} / 0.7854 * 1.9 \text{ m/s} = 0.025 \text{ m} \\ = 0.085 \text{ ft} = 1.018 \text{ in diámetro interno.}$$

Por tanto se elegirá una tubería de 1.25 in de diámetro externo.

Como la relación del sitio de contacto es de 10 a 1, se multiplicará el diámetro obtenido por 10.

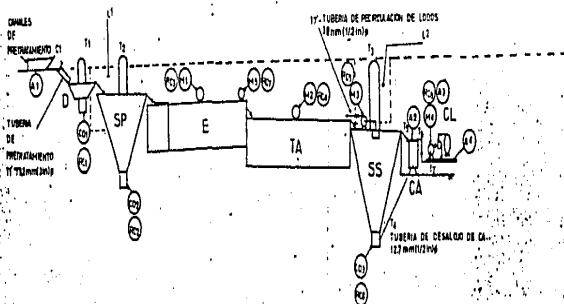
$$L = 0.025 \text{ m} * 10 = 0.25 \text{ mts} = 0.87 \text{ ft a partir del dosificador.}$$

La tubería tendrá una pérdida de 22 psia esto es 9.53 ft columna de líquido, debida a la presión de la bomba. (ver planos G-2, G-3 Y H-1).

## TUBERIAS

- T1 - TUBERIAS DE DRENAJE A LECHEOS DE SECADO 30mm(1 1/2")
- T2 - TUBERIA DE CONEXION SS A CA 30mm(1 1/2")
- T3 - TUBERIA DE CONEXION CA A CL 30mm(1 1/2")
- T4 - TUBERIA DE AGUA TRATADA 127mm(5")

- A - ALARMAS Y/O LISTA DE SERIE(S)
- MC - MUELLOS DE CONTACTO PARA MOTORES
- L - LECHEOS DE SECADO

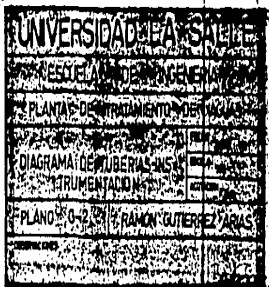


## PROCESOS:

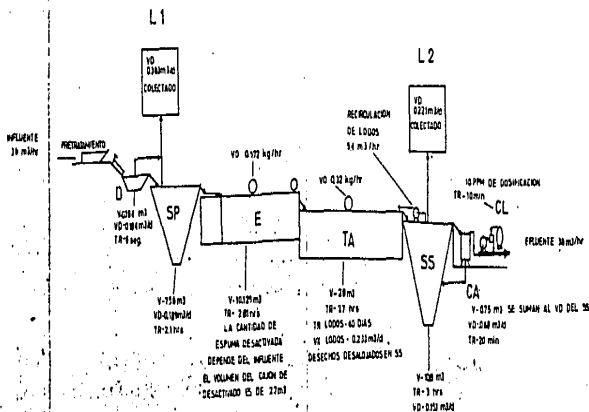
- D- DESARMINADOR
- SP- SEDIMENTADOR PRIMARIO
- E- ESPUMACION
- TA- TANQUE DE AERACION
- SS- SEDIMENTADOR SECUNDARIO
- CA- CARBON ACTIVADO
- CL- CLORACION (VER FIG. 1)

## MOTORES:

- M1- AERADOR 1
- M2- AERADOR 2
- M3- BOMBA RECIRCULADORA DE Lodos
- M4- BOMBA DOSIFICADORA DE AGUA A CLORAR
- M5- MOTORREDUCTOR PARA MOTRIS
- MOTOR-COMPUERTA EN
- CO1- DESARMINADOR
- CO2- SEDIMENTADOR PRIMARIO
- CO3- SEDIMENTADOR SECUNDARIO







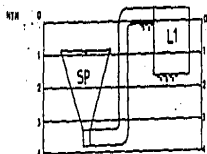
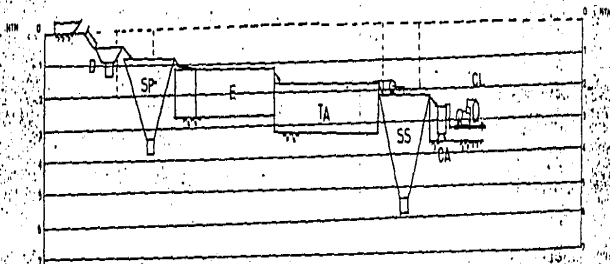
**PROCESOS:**

- D - DESLIZADO
- SP - SEDIMENTACION PRIMARIA
- E - ESPUMACION
- TA - TANQUE DE AERACION
- SS - SEDIMENTACION SECUNDARIA
- CA - CARBON ACTIVADO
- CL - CLORINACION
- L - LECHO DE SECADO

**ABREVIATURAS:**

- V - VOLUMEN
- VO - VOLUMEN COLECTADO
- VE - VOLUMEN DE LÓDOS DESPREZADO
- VE - VOLUMEN PRODUCIDO
- TR - TIEMPO DE RETENCION





VISTA FRONTAL DEL SISTEMA DE DRENAJE

NOTAS:

- LOS NIVELES DE AGUA EN CADA TANQUE SE ENCUENTRAN A 10cm EN CADA UNO ABajo DEL NIVEL DE ESTOS
- NTM = NIVEL DE TERRENO NATURAL.
- SABILOSA DE PROXIMO EN EL PLANO
- SABILOSA TIERRA NORMALIZADA POR ANOS
- PENDIENTE EN TANQUES Y SEOS DEL 2%
- VERTEDORES CUADRADOS DE 10x10 cm

UNIVERSIDAD LA SALLE	
ESCUELA DE INGENIERIA	
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	
PERFIL HIDRAULICO	FECHA: _____
PLANO N° H-1	EXE: _____
RAMON GUTIERREZ ABAS	PROFESOR

## II.1.7) PRODUCCION DE DESECHOS Y DRENAJE.

Estimación de los desechos:

Desarenador:

Tr = 0.9 segundos

Q arenas = 194 l/día = 0.194 m<sup>3</sup>/día.

Sedimentador primario:

Tr = 2.1 horas

VLP =  $9222(10)^{-6}$  kg/s /  $(0.04(1050))$  =

= 2.1957(10)<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>/s = 7.9045 m<sup>3</sup>/hr = 0.1897 m<sup>3</sup>/d.

De Ec. II.23

Sedimentador secundario:

Tr = 3 horas

PLP = 74.57 m<sup>3</sup>/s = 74.57(10)<sup>-6</sup> kg/s

VLP =  $74.57(10)^{-6}$  kg/s /  $(0.04(1050))$  =

= 1.7754(10)<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>/s = 6.3914(10)<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/hr =

= 0.1534 m<sup>3</sup>/d

De Ec. II.23

Sumando estos totales diarios, tendremos que el total de la planta es de 0.536 m<sup>3</sup>/d.

Cálculo de drenajes:

Este cálculo estará basado en la fórmula de diferencias de presión y el cálculo individual de éstas, esto es:

$P_0 - P_1 = -\rho g(Z_0 - Z_1)$  Ec. II.43

$P_0 = F_0/A_0$  Ec. II.4d

lodos =  $\rho = 1050$  kg/m<sup>3</sup> (9.81 m/s<sup>2</sup>) = 10300.5 N/m<sup>3</sup>

Desarenador:

$A_0 = 0.09$  m<sup>2</sup>.  $Z_0 = 0.5$  m.  $Z_1 = 1.5$  m.

$F_0 = 10300.5$  N/m<sup>3</sup> (0.5 m)(0.09 m<sup>2</sup>) = 463.52 N

$P_0 = 463.52$  N/0.09 m<sup>2</sup> = 5150.22 N/m<sup>2</sup>

$P_1 = 5150.22$  N/m<sup>2</sup> -  $(10300.5$  N/m<sup>3</sup>)(0.5-1.5) m =

$P_1 = 15450.722$  N/m<sup>2</sup> = 1575 kg/m<sup>2</sup>

$F_1 = P_1 * A_1 = 1575(0.24) = 378$  kg.

Sedimentador primario:

$A_0 = 0.09$  m<sup>2</sup>.  $Z_0 = 2.47$  m.  $Z_1 = 5.5$  m.

$F_0 = 10300.5$  N/m<sup>3</sup> (2.47 m)(0.09 m<sup>2</sup>) = 2289.8 N

$P_0 = 2289.8$  N/0.09 m<sup>2</sup> = 25442.22 N/m<sup>2</sup>

$P_1 = 25442.22$  N/m<sup>2</sup> -  $(10300.5$  N/m<sup>3</sup>)(2.47 - 5.5)m

$P_1 = 56652.735$  N/m<sup>2</sup> = 5774.99 kg/m<sup>2</sup>

$F_1 = P_1 * A_1 = 5774.99$  kg/m<sup>2</sup> (0.24 m<sup>2</sup>) = 1386 kg.

Sedimentador secundario:

$A_0 = 0.16$  m<sup>2</sup>.  $Z_0 = 3.13$  m.  $Z_1 = 3.7$  m.

$F_0 = 10300.5$  N/m<sup>3</sup> (3.13 m)(0.16 m<sup>2</sup>) = 5158.5 N

$P_0 = 5158.5$  N/0.16 m<sup>2</sup> = 32240.625 N/m<sup>2</sup>

$P_1 = 32240.625$  N/m<sup>2</sup> -  $(10300.5$  N/m<sup>3</sup>)(3.13 - 3.7)m

$P_1 = 3811.91$  N/m<sup>2</sup> = 3885.0061 kg/m<sup>2</sup>

$F_1 = P_1 * A_1 = 3885.0061$  kg/m<sup>2</sup>(0.24 m<sup>2</sup>) = 932.4 kg.

El diámetro general de la tubería de desalio será de 12 in (305 mm), vaciando en los lechos de secado.

Los lechos de secado tendrán una profundidad de dos metros por dos metros de largo y dos de ancho, pero en un metro tendrán un relleno de grava o tezontle, desde muy fina hasta muy gruesa, como material filtrante del agua lodosa, el lodo acumulado será removido manualmente cada semana, los desechos caerán en tres diferentes lechos tomando en cuenta que el del sedimentador secundario sumará lo producido por el tanque de carbón activado. (Ver plano G-2).

## II.2) CONSTRUCCION.

### ii.2.1) PREPARACION DE SUELOS.

La excavación de la sepa de instalación a 7 mts v relleno del terreno, para fijar la planta v evitar las fallas de presión o contra presión del que puedan hacer rupturas o levantamientos en las estructuras.

El peso de estructura se determina como:

$$W = \rho \cdot \text{Vol} = 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 40 \text{ m}^3 = 40000 \text{ kg} = 40 \text{ ton.}$$

Ec. II.45

Donde:

W = peso total de la estructura

Vol = volúmen total de los tanques

$\rho$  = densidad del polietileno = 1 gr/cm=1000 kg/m<sup>3</sup>

El resto de los elementos de la planta se colocarán sobre el terreno, como el tanque de carbón activado, puesto que su peso es poco significativo; los lechos de secado se implementarán sobre el terreno.

Para optimizar el uso de la resistencia del suelo, se recomienda remover 10 cm antes de excavar la sepa:(en este caso 3 ton/m<sup>2</sup> en la zona de San Juan de Aragón, D.F.).

En la instalación de cloro se contará con una caseta prefabricada, que permita el resguardo de este, la bomba v el dosificador de cloro v de fácil acceso para el cambio de tanques vacíos además de instalar una pequeña fosa de un metro por lado v 30 cm de profundidad conteniendo una solución de sosa v cal (50%) de cada uno.

### II.2.2) ESPESOR DE MUROS EN TANQUES Y SILOS.

Están basados en la relación de los esfuerzos a la tracción del concreto de construcción típica v su espesor de muro contra el polietileno de baja densidad.

$\sigma$  = esfuerzo material.

$$V_{\text{concreto}} = 250 \text{ kg/cm}^2.$$

$$V_{\text{polietileno}} = 597.74 \text{ kg/cm}^2.$$

La cantidad del polietileno está regularmente dividida entre tres por tantos:

$$V_{\text{polietileno}} = 199.2498 \text{ kg/cm}^2.$$

Haciendo la relación de esfuerzos tendremos:

$$\text{rel} = \sqrt{V_{\text{concreto}} / V_{\text{polietileno}}} = 250 / 199.2498$$
$$\text{rel} = 1.2547$$

Los muros de polietileno tienen 25 cm de espesor, así tendremos la siguiente relación:

Muro de concreto 25 cm es a 1  
Muro de polietileno ? cm es a 1.2547

Por tanto el muro de polietileno =  $31.3675 = 32 \text{ cm}$ .

La elección del polietileno como material de construcción se fundamenta en el hecho de que es un material inerte, de manejo más simple y de alta durabilidad; cabe recordar que la planta debe ser transportable.

### II.2.3) CUBICACION DE TANQUES Y SILOS.

El cálculo para la construcción de los silos y los tanques, se hará en función de los volúmenes de construcción, los cuales se calcularán de acuerdo a las siguientes fórmulas:

Area silos = perímetro area mayor + perímetro area menor / 2 \* altura + area base menor. Ec. II.46

Area tanques = 2(largo + ancho) altura + largo \* ancho. Ec. II.47

Nomenclatura:

As1 = desarenador  
As2 = sedimentador primario  
As3 = sedimentador secundario  
Tq1 = espumación  
Tq2 = aereación.

Cálculo silos:

$$As1 = (4.2 + 1.2) / 2 * 0.5 + 0.09 = 1.44 \text{ m}^2$$
$$1.44 \text{ m}^2 * 0.32 \text{ (muro)} = 0.4608 \text{ m}^3 \text{ construcción.}$$

$$As2 = (11.48 + 1.2) / 2 * 2.47 + 0.09 = 15.75 \text{ m}^2$$
$$15.75 \text{ m}^2 * 0.32 \text{ (muro)} = 5.04 \text{ m}^3 \text{ construcción.}$$

$$As3 = (12 + 1.6) / 2 * 3.13 + 0.16 = 21.44 \text{ m}^2$$
$$21.44 \text{ m}^2 * 0.32 \text{ (muro)} = 6.862 \text{ m}^3 \text{ construcción.}$$

#### Cálculo tanques:

Tq1 =  $2(1.5 + 5.7) 1.5 + 1.5 * 5.7 = 30.15 \text{ m}^2$   
 $30.15 \text{ m}^2 * 0.32 \text{ (muro)} = 9.648 \text{ m}^3 \text{ construcción.}$

Tq2 =  $2(3.1 + 6.2) 1.5 + 3.1 * 6.2 = 47.12 \text{ m}^2$   
 $47.12 \text{ m}^2 * 0.32 \text{ (muro)} = 15.0784 \text{ m}^3 \text{ construcción.}$

El volumen total de tanques será de 37.09 m<sup>3</sup>.  
Las unidades de las ecuaciones están en metros.

Se empleará un recubrimiento, para evitar el ataque de rayos ultravioleta del sol, al material plástico, el cual también impermeabilizará y protegerá de la abrasión de los lodos a las estructuras.

El recubrimiento recomendado es el Amercoat 400 epóxico el cual consta de dos componentes, un "curador" y una resina de color blanco; se debe aplicar 10 milésimas de pulgada (0.00254 cm) de capa uniforme en toda la estructura.

La relación de mezcla será de 1 a 1 y se reapplicará cada 10 años, el siguiente cálculo será para determinar la cantidad necesaria para toda la planta.

Rendimiento por litro = 6.5 m<sup>2</sup>  
Litros requeridos = area \* 2 / rendimiento por litro.

As1 rec. =  $1.44(2)/6.5 \text{ m}^2 = 0.44 \text{ lt}$

As2 rec. =  $15.75(2)/6.5 \text{ m}^2 = 4.846 \text{ lt}$

As3 rec. =  $21.449(2)/6.5 \text{ m}^2 = 6.6 \text{ lt}$

Tq1 rec. =  $30.15(2)/6.5 \text{ m}^2 = 9.27 \text{ lt}$

Tq2 rec. =  $47.12(2)/6.5 \text{ m}^2 = 14.5 \text{ lt}$

Suma total = 35.656 lt. por tanto se estiman 40 lt.

Los botes contienen 4 lt cada uno, por ello se emplearán 10 botes del recubrimiento ya preparado.

#### II.2.4) TRANSPORTACION Y MONTAJE.

El traslado de equipo y material, se puede hacer por medio de un contenedor de trailer y su establecimiento en tierra, se implementa por medio de orugas, las cuales podrán (hasta cierto punto) adentrarse en zonas poco accesibles.

La preparación de terreno, debe obedecer a las observaciones de impacto ambiental. La remoción de tierra puede realizarse manualmente.

Si el terreno es inclinado o escabroso se puede adaptar el proceso a este. (Ver plano G-1).

### II.3) SISTEMA HIDRAULICO.

Ver plano H-1.

#### II.3.1) COMPUERTA DESLIZANTE.

Cálculo:

Profundidad de canal = 0.27 mts = 0.8856 ft

Ancho de canal = 0.25 mts = 0.82 ft

Tirante = 0.013 mts

Bordo libre = 0.1 mts

Altura = hoc = tirante + bordo libre = 0.013+0.1

= 0.113 m = 0.37064 ft

Especificación del espesor 1/4 in (6.35 mm)

El peso de placa de 1/4 in en kilogramos por metro cuadrado es de 49.8, por lo tanto, para el peso de la compuerta se multiplica la profundidad por el ancho del canal por el peso indicado:

De la Ec. II.45 deducimos:

$Wc = 0.27 * 0.25 \text{ m}^2 * 49.8 \text{ kg/m}^2 = 3.361 \text{ kg.}$

La fuerza debida a la carga hidrostática:

$P = \rho g h c A = 64(0.37064)(0.82)(0.8856) = 17.226 \text{ lb}$

= 7.813 kg Ec. II.43

El área de la compuerta será: 0.0675 m<sup>2</sup>

De esta fuerza se toma el 35%, que es la que actuará como acción de la fricción.

$Pf = P(0.35) = 7.812(0.35) = 2.734 \text{ kg}$

Calculando la carga total:

$Wt = Wc + Pf = 3.361 + 2.734 \text{ kg} = 6.096 \text{ kg}$

Ec. II.48

La fuerza hidrostática en la rejilla y malla será:

$Pr = 64(0.37064)(1.312)(0.82) = 25.52 \text{ lb} = 11.58 \text{ kg}$  Ec II.43

#### II.3.2) CALCULO DE VERTEDORES.

Este sistema en todo el proceso está basado en la caída por vertedores del flujo de agua.

El tiempo de preparación requerido por la planta, se fundamenta en el llenado de las capacidades de los silos y tanques, para garantizar que la carga dinámica obtenida por gravedad, sea la que de continuidad al flujo interno.

Se contará con vertedores de forma rectangular, los

cuales garantizarán el flujo, teniendo una caída de 30 cm.

El flujo inicial obedece al flujo en un canal cuya velocidad es lenta, para propiciar la sedimentación de sólidos, posteriormente, se filtra el flujo y entuba, por esto se obtienen cambios en la dirección, por medio de una inclinación que aumenta la velocidad de flujo, y a partir del desarenador y hasta el tanque de carbón activado, la caída por gravedad en vertedores, será la base del flujo en planta.

Los cálculos de vertedor son los siguientes:

$$Q_v = C_d (2/3) b \sqrt{2g} h^{3/2}$$

Donde :

coeficiente del vertedor  $C_d = 0.64$  a  $0.79$  adimensional (en este caso se emplea  $0.64$ ).

$$\text{caudal } Q_v = 86.4 \text{ m}^3/\text{d} = 0.001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{altura } h = 0.05 \text{ mts}$$

$$\text{gravedad } g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Despejando y sustituyendo para obtener  $b$  que es la base del vertedor, cuyo valor es  $0.047$  mts, considerandolo como  $0.05$ . Multiplicando base por altura se obtendrá que el área es  $0.0025$   $\text{m}^2$ .

La carga sobre vertedores variará según la longitud del tanque, esto es:

$$CHV = Q_v/L \text{ tanque}; \text{ Ec. 11.50 así:}$$

$$\text{Desarenador} = 86.4 \text{ m}^3/\text{d} / 1.3 \text{ mts} = 67.6 \text{ m}^3/\text{m d}$$

$$\text{Sed. primario} = 86.4 \text{ m}^3/\text{d} / 2.87 \text{ mts} = 30.1 \text{ m}^3/\text{m d}$$

$$\text{Espumación} = 86.4 \text{ m}^3/\text{d} / 5.7 \text{ mts} = 15.157 \text{ m}^3/\text{m d}$$

$$\text{T. aereación} = 86.4 \text{ m}^3/\text{d} / 5.7 \text{ mts} = 13.935 \text{ m}^3/\text{m d}$$

$$\text{Sed. secundario} = 86.4 \text{ m}^3/\text{d} / 3 \text{ mts} = 28.8 \text{ m}^3/\text{m d}$$

### 11.3.3) SISTEMA MECANICO-ELECTRICO.

El funcionamiento de los motores existentes en la planta, así como de los sensores e indicadores, está en función de la alimentación solar y en caso de emergencia por una planta con motor de combustión interna (ver planos G-1.E-1 y E-2).

Se cuenta con 5 motores principales, que son los aereadores de espumación y tanque de aereación, el motor de rastras de espumación, la bomba de recirculación de lodos y la bomba de dosificación de agua clorada.

Existen también tres motores, que se emplean para mover las compuertas, los cuales se conectan de acuerdo a la figura 11.7, estos operan con 120 volts c.a. a 1 A.

Estos mecanismos, se explican por el croquis de la figura 11.8, en caso de falla o corte eléctrico, las compuertas se operarán por medio de una balanza, orientada por una línea acanalada y que cuenta con un tornillo de seguridad; esta balanza



está normalmente libre, para no obstruir el funcionamiento del mecanismo.

Existen dos alarmas más en la planta, uno es el tanque de carbón activado, del cual solo se monitoreará la señal, aunque su consumo es de 120 volts en corriente alterna; este sistema gobierna el retrolavado automático y el manejo de tubería interna del tanque.

La otra alarma es del control del sistema de tanques de gas cloro, esta indicará las cantidades en los tanques, dosificación y fugas.

Para el cálculo de los aeradores, se considerará a estos en función del volumen de agua, volumen de aire y demanda de oxígeno, así como de un coeficiente de transferencia.

Para el tanque de espumación, la relación de aire/agua deberá ser de 8 a 1, el requerimiento de aire será de 126.8/15.85 GPM, la demanda de oxígeno será de 1.262 lb/hr y su volumen de 3388.017 galones (12823.644 lt).

Para el tanque de aireación el requerimiento de aire, estará en función del oxígeno requerido y este será de 0.707 libras por hora y su volumen de 7396.84 galones (27997.04 lt).

La concentración de sólidos, CS será de 81.836 mg/l en espumación y 61.367 mg/l en aireación y el coeficiente kd será igual para ambos 0.092 /día.

#### Cálculo:

HP = CS \* kd \* Q \* 8.34(10)<sup>-6</sup> / demanda de oxígeno.

Ec. II.51

Aireación:

61.377(0.092)(7396.84) 8.34(10)<sup>-6</sup>/0.707= 0.4927 HP

Espumación:

81.836(0.092)(3388.017) 8.34(10)<sup>-6</sup>/1.262= 0.168 HP.

El modelo más pequeño que existe en el mercado es de un HP, por tanto se emplearán de esta potencia; la figura II.16 describe a este equipo.

El cálculo de la bomba de recirculación se basa en los siguientes parámetros.

Altura requerida para la succión = 3.2 mts. (10.496 ft)

Gasto Q= 1.5 lps = 23.775 GPM.

Accesorios:(ver fig II.15)

Succión(1): 2 codos 90 de 3.75 ft de longitud equivalente. Sumado a los 10.5 de longitud recta, serán 18 ft de longitud

tud total en succión. (1.25 in=37.75 mm de diámetro).

Descarga(2): 1 codo de 90 de 2.25 ft. 1 válvula de compuerta de 35 ft v una válvula de retención 7 ft. Sumando estas longitudes equivalentes a los 21.32 ft rectos. se obtendrán 34.07 ft. (1 in=25.4 mm de diámetro).

De Ec. II.1  $V=Q/A$

$$V1 = 0.0015 \text{ m}^3 / (0.7854)(0.026)^2 = 2.02 \text{ m/s} \\ = 9.24 \text{ ft/s}$$

$$V2 = 0.0015 \text{ m}^3 / (0.7854)(0.035)^2 = 1.55 \text{ m/s} \\ = 5.08 \text{ ft/s}$$

De Ec. II.6  $Re = d*V/\nu =$

$$Re1 = 1.25/12(9.25)/1.02(10)^{-5} = 9.44(10)^4$$

$$Re2 = 1/12(5.08)/1.02(10)^{-5} = 4.15(10)^4$$

Se emplea  $f = 1850 \text{ ka/m}^3$  v  $\nu = 1.02(10)^{-5} \text{ ft}^2/\text{s}$

$f_1$

$$f_1 = 0.024$$

$$f_2 = 0.034$$

Para tubería cédula 40, de acuerdo a la figura II.10.

$$h = f(L/D)(V^2/2g) = (\text{De Ec. II.15}):$$

$$h_1 = 0.024(18/1.25/12)((9.25)^2/64.4) = 5.51 \text{ ft}$$

$$h_2 = 0.034(34.07/1/12)((5.08)^2/64.4) = 5.57 \text{ ft}$$

$$\text{NPSH}_{\text{req}} = 5 \text{ ft}$$

Diferencia de alturas  $\Delta z = 10.4 \text{ ft}$ .

$$\text{Carga dinámica total } H = h_1 + h_2 + \Delta z = 5.51 + 5.57 + 10.4 = 21.48 \text{ ft Ec. II.52}$$

$$\text{Carga por factor de seguridad } H_t = H * 1.1 = 21.48(1.1) = 23.628 = 24 \text{ ft. Ec. II.53}$$

$$\text{Tiempo de recirculación} = \text{volúmen/gasto} = 1428.57 \text{ gal/hr} \\ 23.8 \text{ GPM} = 60.004 \text{ minutos} = 1 \text{ hora. Ec. II.54}$$

$$\text{NPSH}_{\text{disp}} = ((P_{\text{succ}} - P_{\text{vap}})/\text{Gr}) * 2.31 - h_1 + Z_{\text{succ}} + (P_{\text{atm}} * 2.31)/\text{Gr Ec. II.54a} \\ = ((0 - 0.3)/1.05) * 2.31 - 5.51 - 10.4 + (14.7 * 2.31)/1.05 = 16.14 \text{ ft.}$$

Por tanto, se empleará el gasto de 1.5 lps = 23.775 GPM, esto es, el gasto más el 50% según recomendación de diseño.

Ecuaciones II.55 y 56 (Recomendación Catalogo Ocelco)

$$\text{THP} = Q * H_t * \text{GR} / 3960, \text{ BHP} = \text{THP} * \eta$$

$$\text{GR} = 1.05 \text{ (gravedad específica).}$$

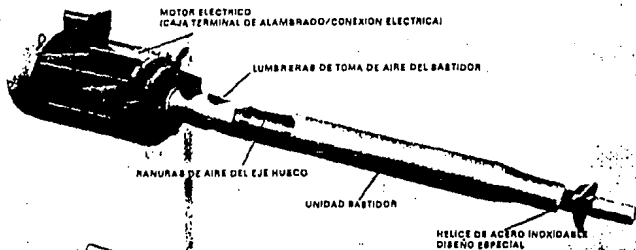
$$\eta = 40\% \text{ de acuerdo a la figura II.11.}$$

$$\text{THP} = 24 * 23.775 * 1.05 / 3960 = 0.1513$$

$$\text{BHP} = 0.1513 / 0.4 = 0.378, \text{ implica un motor de } 0.5 \text{ HP.}$$

# Aerador Espumación-Reactor Biológico

Fig. 11.9



1. La hélice, montada cerca del extremo del eje hueco propulsor, gira a gran velocidad forzando el agua a pasar hacia fuera, del extremo del eje, horizontalmente y a una velocidad extremadamente alta.
2. Este movimiento horizontal del agua crea un vacío en el extremo del eje, introduciendo aire en el agua.

3. El aire atmosférico, por encima de la superficie del agua, es aspirado a través de las lumbreras de toma de aire dentro del eje hueco propulsor.
4. El aire se mueve a través del eje hueco dispersándose en el agua. El tipo de flujo creado por el  $\text{AIRE-O}_2$  permite que al tiempo de permanencia de las burbujas en el agua sea mucho mayor, lo que asegura una mejor transferencia de oxígeno al agua, al mezclarse y dispersarse con la misma ley gráfico abajo. Dado que el tipo de flujo es horizontal

te y que el agua se mueve a una velocidad uniforme, los sólidos se mantienen en suspensión, en donde los agentes polucionantes del agua pueden ser tratados más eficazmente por las bacterias activadas por el oxígeno. Las siguientes páginas ilustran este método en práctica y establecen comparaciones de relieve con otros tipos de aeradores por aire difuso o espaladores superficial.

	0	5%	10%	15%	20%
AERACION POR DIFUSOR					
AERACION SUPERFICIAL			10 a 12%		
AIRE-O <sub>2</sub>					

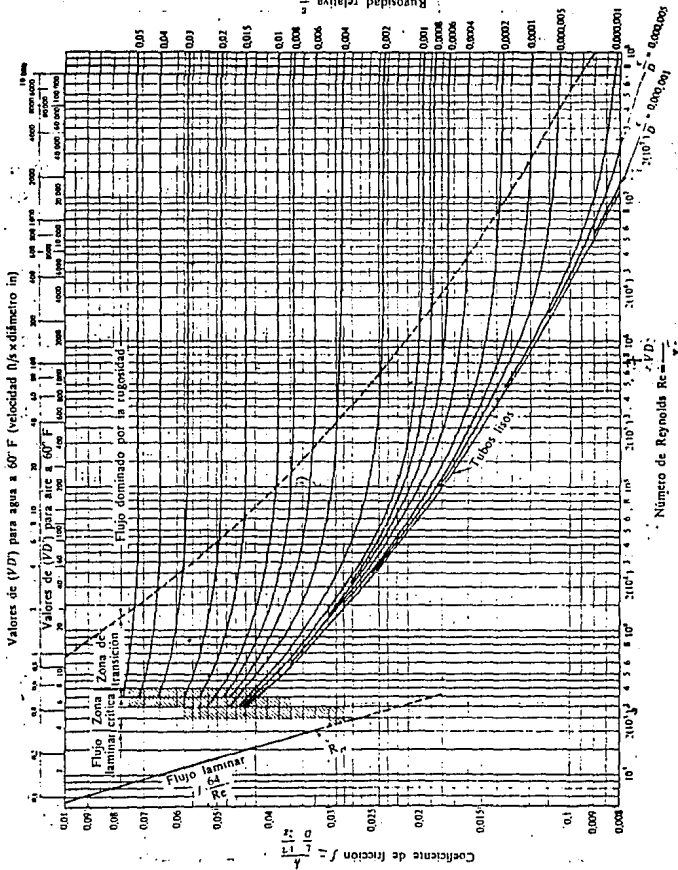
Porcentaje de eficiencia de transferencia de oxígeno por cada 100 lbs. de agua mezclada de agua.

NOTA. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU. ha determinado, durante extensas pruebas, que se midieron otras velocidades del agua a varios eventos de días del aerador AIRE-O<sub>2</sub>. Que el incremento de oxígeno disuelto y la permanencia de burbujas de aire en el agua eran sustanciales.

Por consiguiente, una ligera razonable indica que una mayor permanencia de las burbujas aumentó el porcentaje de eficiencia de transferencia de oxígeno.

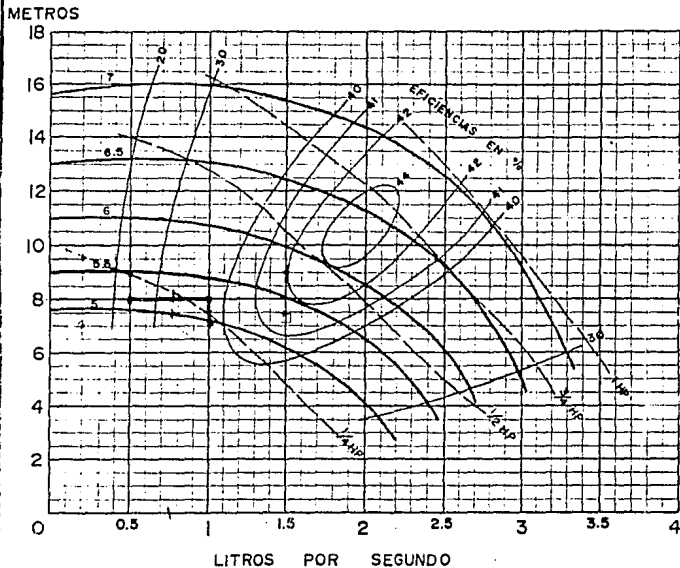
DIAGRAMA DE MOODY

FIG. 11.10



BOMBAS RECIRCULACION DE LODOS IIII

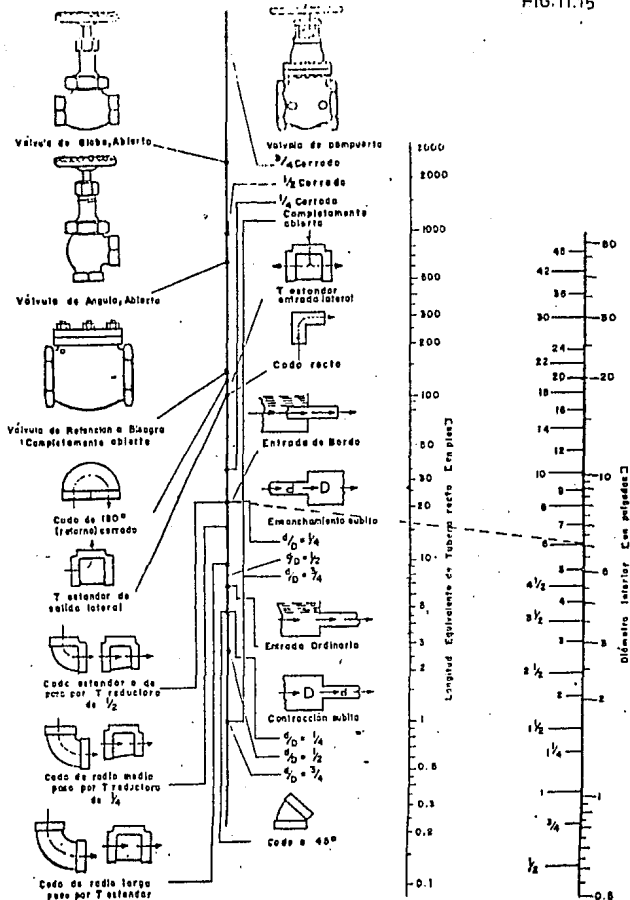
MODELO: <b>1XL</b>	TAMAÑO: <b>1 1/4" X 1"</b> 31.7x25.4mm	IMPULSOR: <b>1XL-1</b>	DIAM: <b>VARIOS</b>	R. P. M. <b>1750</b>
-----------------------	--	---------------------------	------------------------	-------------------------



**ELECTRO BOMBA MODELO 1XL**

RESISTENCIA DE VALVULAS Y ACCESORIOS AL FLUJO DE FLUIDOS.

FIG. 11.15



Las potencias de los motores empleados en rastras de espumación y bomba de cloración son indicadas en sus respectivas secciones.

## II.4) OPERACION, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD.

### II.4.1) OBSERVACIONES PRINCIPALES.

En un principio, se deben de realizar pruebas de con tensión hidrostática, continuidad de flujo y tiempos de llenado; con el fin de probar la estabilidad y funcionamiento de la planta en general.

También son necesarias pruebas de alimentación y control; estas son básicamente realizadas por medio de interrupciones, pruebas de continuidad y márgenes de ruido.

El proceso de tratamiento se distinguen dos diferentes fluidos a saber, las aguas residuales y los lodos, los cuales requieren de una adecuada operación, para alcanzar las eficiencias esperadas.

Durante la operación normal de la planta, se deberá mantener balanceada la distribución en el flujo de aguas residuales con el aire suministrado y los lodos recirculados.

La cuidadosa observación de la planta en condiciones normales permitirá al operador notar cualquier anomalía.

Observar evidencia de vandalismo, exceso de gasto, espuma o natas, o cualquier otro síntoma apreciable visualmente.

La planta tiene un sonido característico cuando se encuentra operando, si este sonido no es evidente al llegar, denotará de inmediato alguna falla de índole mecánica.

Un sistema de lodos activados tiene un olor típico, que no resulta desagradable, similar al de la tierra después de la primera lluvia. Cualquier olor diferente indicará que existe septicidad en los tanques, formación de espuma, nata o una sobrecarga orgánica. Otra fuente probable de mal olor, puede ser la acumulación de basura en la rejilla, la remoción debe llevarse a cabo dos veces diarias.

Al arranque de una planta, se puede esperar a la generación de lodos, pero para acelerar este proceso se pueden traer lodos de una planta en funcionamiento por medio de una pipa.

El color del influente dice mucho acerca de los residuos, un color negro acompañado de mal olor, indicará que parte de las aguas residuales están permaneciendo en las líneas durante

los periodos de gasto mínimo, lo que permite depósitos y disminuye la velocidad en las líneas.

Un color rojizo o café puede ser indicativo de aporte de arenas a las líneas, lo que incrementará el desgaste, requiriendo mantenimiento con mayor frecuencia de bombas y otros equipos mecánicos. La fuente de aporte puede ser una línea rota o una excavación cercana que aporte sedimento.

Una marca de agua fuera de nivel constante en el canal de llegada puede indicar una sobrecarga hidráulica o un taponamiento en la rejilla, debiendo verificarse el correcto funcionamiento de las mismas.

Solo una acumulación de espuma blanca o de color blanquecino y sonido crujiendo debe estar presente en el tanque de aireación cuando se está produciendo un excelente efluente.

Esto será síntoma de que el lodo sea demasiado joven, debiendo incrementarse la permanencia del mismo en el tanque de aireación, disminuyendo la extracción y aumentando la tasa de recirculación.

Esto será el extremo contrario, presentándose una capa densa, algunas veces grasosa de color rojo vino a café cubriendo la superficie del tanque de aireación. Tal espuma siempre indicará que el lodo es demasiado viejo y se encuentra sobre oxidado.

En este caso, la tasa de extracción del tanque de aireación al sedimentador secundario deberá aumentarse gradualmente, posiblemente extrayendo un 20% del lodo retornado.

El olor característico de tierra y el color café oscuro, presenta un sistema en buena operación.

Generalmente se presenta como un manto uniforme de lodo que descansa unos pocos centímetros por debajo de toda la superficie del sedimentador, pudiendo ocasionar que parte del licor mezclado fluya sobre el vertedor del efluente. Puede deberse a una sobrecarga o falla en el equipo de aireación, pero generalmente es ocasionada por una operación inadecuada, más que por un exceso en la capacidad del sistema.

#### II.4.2) DESCARGA CONTINUA DE SOLIDOS.

Cuando existe una salida constante de los lodos en el efluente del sedimentador y la superficie del lodo está a mayor profundidad, cercana a un metro de la superficie del agua y el lodo sedimenta adecuadamente durante la prueba de laboratorio, esto puede deberse a una o la combinación de los siguientes factores:

- Sobrecarga hidráulica.
- Influente en el sedimentador mal diseñado o falta de limpieza.



ocasionando mala distribución del influente.  
-Localización inadecuada del vertedor.

Existen varias formas presentación de los sólidos, los principales son:

**Terrones:** Ocasionalmente, grandes masas de sólidos de diametro hasta de 10 cm. pueden observarse ascendiendo, reventando y esparciéndose sobre la superficie del sedimentador, lo que indicará la necesidad de raspar mediante el uso de cepillos, las superficies del sedimentador.

**Ceniciento:** Otras veces, pequeñas partículas de lodo, generalmente café oscuro o grises, ascienden y se esparcen en la superficie, esto se presenta cuando el lodo es muy viejo y puede eliminarse incrementando la tasa de extracción de lodo.

**Flóculo disperso:** Ocasionalmente, pequeñas partículas de lodo ligero, casi transparente, pueden presentarse cerca del vertedor efluente, aún cuando el resto del efluente luzca claro, deberá incrementarse la edad del lodo disminuyendo la extracción. Generalmente esto se presenta en periodos de gasto mínimo, recomendándose disminuir en 10-20% la tasa de extracción.

**Flóculo altileri:** Cuando el lodo se dispersa en el sedimentador en partículas muy pequeñas, esto significa que el lodo se encuentra sobreoxidado por una elevada recirculación.

**Lodo recirculado:** El lodo recirculado debe observarse en su descarga, debiendo tener un color café claro, sin olor desagradable y una buena sedimentabilidad.

**Exceso de lodo:** El excedente de lodo deberá ajustarse mediante las anteriores observaciones.

Una vez por semana se determinará el porcentaje de lodos activados que se encuentra en el tanque de aereación, tomando una muestra del agua y vaciándola en una probeta graduada con capacidad de un litro, se dejará reposar por 30 min. y sedimentará la cantidad de lodos para ajustar la recirculación de acuerdo con la siguiente regla práctica.

Si el porcentaje de lodos es menor al 35% deberá reducirse la tasa de recirculación o incrementarse la extracción, si es mayor del 50% deberá aumentarse la recirculación o disminuirse la extracción.

No deberá suspenderse la aereación, por lo que en caso de fallar el aerador, se deberá proceder de inmediato a reparar de inmediato la unidad dañada, es sumamente recomendable contar con equipo de reserva.

#### II.4.3) OBSERVACIONES EN ESPUMACION Y LIMPIEZA.

Cuando se acumulan grandes cantidades de espuma, será

necesario abatir la misma, mediante ahorros de agua tratada, utilizando para ello la derivación de la red de riego y el uso de aspersores.

La limpieza de las rejillas, es necesaria a medida que las barras colectan basura, impiden el paso del agua a través de las barras, provocando un retroceso en las aguas del desecho al albañal o canal de aguas negras, en este caso al desarenador. Este retroceso causa condiciones de reposo en esta zona ocasionando la sedimentación de la materia orgánica el oxígeno disuelto es agotado desarrollándose condiciones sépticas, produciendo sulfuro de hidrógeno el cual es sumamente corrosivo al metal, el concreto y a la pintura, de aquí la necesidad del recubrimiento además de las ya señaladas.

La remoción de la basura en la criba de barras es efectuada mediante un rastrillo de dientes, de tal manera que estos se ajustan entre las barras. La frecuencia de esta limpieza, se recomienda que sea diaria o en algunos casos por turno.

La planta y sus alrededores deben mantenerse limpios, si la planta no es aerada regularmente se desarrollarán olores y otras condiciones desagradables.

Remover cualquier pedazo de tela, pedazos de madera, latas, piedras, etc., que pueden ser retenidas en la entrada de retícula de la criba. Desacerse de estos materiales por quemado o transportarlos hacia las áreas adecuadas, no debe arrojarse dentro de los tanques de aireación y espumación ningún desperdicio que pueda interferir con el proceso de aireación.

La materia flotante puede ser atrapada superficialmente entre la mampara y la base del vertedero, por lo que debe removerse en forma manual.

Algunas veces se desarrollan bolas de grasa en la planta de tratamiento. Estos generalmente se acumulan a lo largo de la división de los tanques de aireación y sedimentación. Estas bolas de grasa deben removerse para permitir el libre flujo de un tanque a otro.

Cualquier panel, latas, tramos u otras basuras que se encuentran alrededor de la planta de tratamiento deben recogerse y desecharse, debe procurarse tener un lugar especial para colocar los utensilios que se emplean en la limpieza y volverlos a su lugar después de usarlos.

#### 11.4.4) MANTENIMIENTO ALIMENTACION Y MOTORES.

Deben llevarse a cabo inspecciones diarias en que se preste especial atención a lo siguiente:

- Limpieza de colectores.
- Banco de baterías y equipo eléctrico: limpieza y condiciones.
- Motores: velocidad de operación

cojinetes: calentamiento y ruido  
prensaestopas: goteo excesivo.  
-Operaciones de bombeo y aireación: vibraciones y ruido.

Ver figura II.16

**Mantenimiento mecánico.**- La unidad móvil de una bomba centrífuga es el impulsor o rotor que gira dentro de una cubierta. El rotor está montado en uno o más cojinetes o a la longitud de la flecha. El engrasado de estos cojinetes debe tomarse en cuenta cuidadosamente. El empaque debe lubricarse adecuadamente.

Los prensaestopas nunca deberán apretarse demasiado, el ajuste a mano es suficiente. Se aconseja cambiar el empaque en los siguientes casos: si la caja del empaque escurre demasiado y si la flecha está rayada. Cuando empaque de nuevo, conviene cerciorarse que la soldana del sello hidráulico quede en posición adecuada.

Para el arranque de motor, deberá verificarse la lubricación, la flecha debe girarse a mano para observar si la rotación es libre, después se hará un chequeo a la flecha del motor para comprobar si están alineados. Se deben revisar las características de la corriente eléctrica para comprobar si es la requerida por el motor; se inspeccionará la instalación eléctrica y las unidades de los relevadores.

Cuando vaya a poner fuera de servicio la bomba por un período prolongado, deberá permanecer abierto el switch de conexión diciendo la razón del paré.

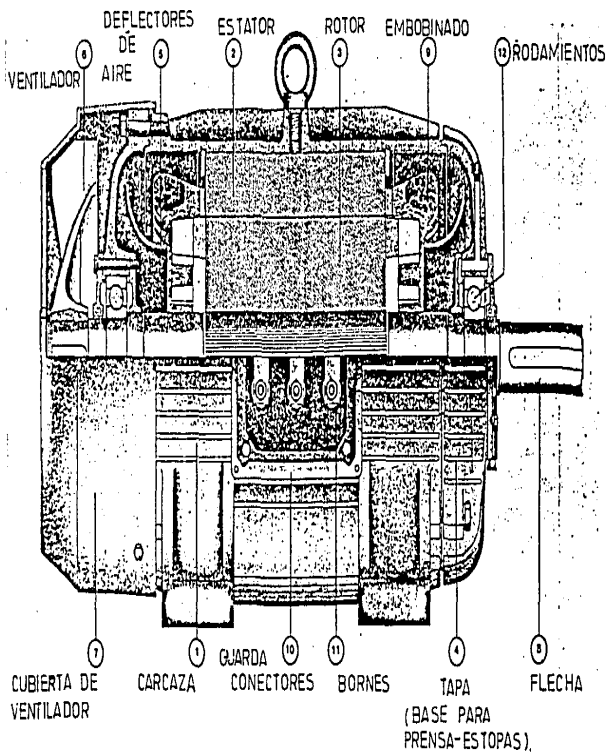
**Mantenimiento del motor en operación:**

- a) Los motores se conservarán libres de basura, polvo y humedad.
- b) El espacio de operación se mantendrá libre de piezas que puedan obstruir la circulación del aire.
- c) Chisporroteo excesivo y continuo del conmutador o de las escobillas.
- d) Chisporroteo intermitente en las escobillas.
- e) Humo, aislantes quemados, o escobillas desoldadas, extendiéndose desde el armazón.
- f) Golpeteo regular.
- g) Golpes rápidos.
- h) Vibraciones.
- i) Conmutador caliente.

Para asegurar un máximo de vida a los motores debe prestarse especial atención a los programas de lubricación, procedimientos y materiales.

Limpiar adecuadamente la grasa y disminuir la presión de la grasa convenientemente, para asegurar que no se empaeste.

FIG II.16 MOTOR ELECTRICO.



Adicionar grasa con pistola a baja presión.

Después de la lubricación, ponga en funcionamiento el motor por 10 minutos antes de colocar el tapón.

Para una larga vida y operación satisfactoria, debe colgarse siempre el motor limpio y seco en su interior. Depósitos pegajosos de partículas de madre y grasa que pueden removerse con solventes.

Los períodos largos de almacenamiento permiten que el aislamiento del motor absorba mezclas, el aislamiento de la resistencia de motores limpios y secos a la temperatura ambiente no deberá ser menor que:

$$\text{Resistencia del aislamiento} = (\text{tasa de voltaje del motor} + 1000) / (\text{en megahms}) / 1000$$

Ec. II.57

Si la resistencia es menor del valor recomendado, las vueltas del embobinado deben ser sacadas al horno a una temperatura no mayor de 100°F. hasta que la resistencia del aislamiento permanezca constante.

Los factores más importantes para un buen servicio son los siguientes:

- a) Usar solamente grasa limpia y manejarla con cuidado.
- b) Nunca abrir la caja del motor en una atmósfera polvosa.
- c) Nunca abrir la caja del motor sin primero limpiar todas las superficies adyacentes.
- d) Proteger siempre el motor con una cubierta protectora, papel o trapo limpio.

Prácticamente todas las plantas funcionan con electricidad, por lo que ninguna planta puede operar en forma continua sin un programa de mantenimiento eficiente de todas sus unidades eléctricas. Es bien sabido que el 90% de las fallas de los motores se deben a cuatro causas: suciedad, humedad, fricción y vibración. Se examinará semanalmente el equipo eléctrico de control para ver si está bien aislado, si sus partes móviles están libres, si las presiones en los contactos son firmes y si las derivaciones no están dañadas. También se verificará que los controles operen al voltaje prescrito. Lo más importante de todo es cerciorarse de que todos los controles eléctricos estén limpios y secos.

#### II.4.5) MANTENIMIENTO DE VALVULAS

El mantenimiento más común para las válvulas de compuerta son: lubricación, ajuste y remplazo del empaque del prensaestopas del vástago.

Para las válvulas de retención o "checks", se abrirá la válvula para observar las condiciones de recubrimiento de las equipadas con asiento de cuero o hule sobre el disco.

Para las compuertas usadas para el desague, mensualmente deberá comprobarse la adecuada operación, inactivandola y aceitandola.

En igual forma las compuertas del pretratamiento serán verificadas.

#### II.4.7) MANTENIMIENTO DE TUBERIAS.

La frecuencia del taponamiento de una línea depende del tipo de material que circula por el tubo, del material de construcción del conducto, del tipo de bombas o sistema usado para mover el material y de la ejecución del mantenimiento rutinario en la tubería.

El mantenimiento preventivo incluye:

a) Uso de chorros de agua para dispersar la espuma de las tolvas y cajas, cuando se requiera.

b) Limpieza mensual de las líneas usando:

-Varillas equipadas con tenaza o alquén cortador.

-Unidades de limpieza mediante tubería de alta presión hidráulica.

-Limpieza por medio de vapor.

-Reactivos químicos tales como "Sanfax" o "HotRod"

(hidróxidos fuertes). Este método no es muy aconsejable por el alto costo de las sustancias y el ataque químico producido.

#### II.4.8) MANTENIMIENTO DE TANQUES Y SILOS.

Los tanques y silos deberán vaciarse una vez al año para inspeccionarlos, revisando la estructura y los recubrimientos.

Durante el vaciado del tanque de aereación deberá asegurarse que parte de los lodos continúen aereados aunque sea solamente por la acción de la atmósfera evitando que la evaporación permita que los sólidos queden expuestos, ya que esto acarreará malos olores.

Una vez terminada la revisión se dejarán llenar las unidades de tratamiento aereando ininterrumpidamente desde que se tenga un volumen suficiente, ajustando las cantidades de aire a los volúmenes de aguas residuales, mediante paros programados para evitar la sobre-aereación.

#### II.4.8) MANEJO DE CLORACION.

La cloración deberá ser continua, por lo que se debe verificar diariamente el nivel de los tanques de gas cloro y la dosificación de agua para la mezcla.

El cloro líquido, es irritante para la piel y las mucosas, un contacto prolongado causa severas quemaduras en los ojos. El cloro gaseoso es un irritante respiratorio, en concentraciones mayores a 15 partes por millón irritará las membranas mucosas, el sistema respiratorio y la piel.

En caso de inhalaciones en cantidades mayores, la dificultad respiratoria aumenta hasta el punto en que la muerte ocurre por asfixia.

En este caso en particular la concentración es de 10 partes por millón, aún cuando es menor a la mencionada es también delicado su manejo.

El organismo reacciona al cloro en forma inmediata, puede decirse que cuando no hay pérdida del conocimiento por inhalación de cloro, el caso no es mortal o muy grave, lo primero que deberá hacerse a una persona que haya inhalado cloro es alejarla de la zona donde exista una fuga y ponerla en reposo abrigarla con una manta y suministrarle oxígeno, la leche ingerida o el agua azucarada alivian las molestias en la garganta.

En el caso de contacto de la piel con cloro líquido, habrá que lavarse con abundante agua corriente por espacio no menor de 15 minutos, e inmediatamente pedir la intervención de un médico. Cuando hay pérdida del conocimiento, deberá evitarse acostar a la persona boca arriba, ya que podría asfixiarse con las secreciones mucosas producidas por efecto del cloro, se procederá a abrirle la boca y con una gasa o pañuelo extraer las flemas o mucosidades que puedan obstruir el sistema respiratorio del individuo, cualquiera de los métodos para dar respiración artificial resulta adecuado, y deberá además, proporcionársele oxígeno el que preferentemente se aplicará con una mascarilla por lapsos no mayores de media hora, la atención de un médico es indispensable en cualquiera de los casos descritos.

Es recomendable contar con solución de ortodolina para la determinación de cloro residual, para un periodo de treinta días; señalar fecha de aprovechamiento para cambiaria después de este periodo, lo mismo es aplicable para el indicador de PH. (Recomendación Instituto del cloro, Estados Unidos, Catálogo Sistemas Coordinativos Suroeste).

En el caso particular de encontrarse en localidades muy aisladas es necesario contar con radioenlace a algún centro de salud cercano.

Cada recipiente es un cilindro de acero equipado con conexiones especiales y válvulas de seguridad. Los cilindros chicos tienen un tapón fusible dentro de la válvula. Las válvulas de seguridad deben estar siempre colocadas en su sitio.

Los cilindros deben moverse cuidadosamente, por medio de una carretilla de mano, con llantas abuladas y con un cincho para sujetarlos a la carretilla. Los recipientes de una tonelada

sólo se moverán con gruas utilizando los ganchos adheridos a sus extremos y nunca con cualquier tipo de amarre.

Las conexiones a los cilindros y recipientes se hace por medio de adaptadores de pinzas o uniones para conexión. Compruébese que estén siempre limpias las conexiones y roscas y ólese siempre un empaque nuevo de material estandar. Las conexiones son siempre una fuente posible de fugas y también lo son los empaques de las válvulas.

Al hacer las nuevas conexiones ábrase ligeramente la válvula y pruébese si hay fugas de cloro con una estopa humedecida en amoníaco sostenida cerca de la válvula y la conexión. Los humos blancos de cloruro de amonio señalan la fuga. Si la conexión y la válvula están ajustadas, una vuelta completa de la válvula da la capacidad total.

Evítese el contacto del amoníaco sobre las válvulas y conexiones, porque deshace algunos recubrimientos. Las fugas alrededor de los vástagos de las válvulas se cierran normalmente apretando ligeramente la tuerca del empaque. Deben revisarse con frecuencia todas las conexiones en las líneas de cloro. Hay que corregir la menor fuga de cloro porque es muy corrosivo en presencia de humedad y las pequeñas fugas se convierten rápidamente en grandes. Todo usuario de cloro recibirá de su abastecedor anotándolo en lugar visible, el número de teléfono del servicio de emergencia más o en caso de comunidades aisladas el canal de radio, para el caso de fugas importantes del cloro. Los fabricantes de equipo para cloro han estudiado las medidas que deben tomarse cuando las fugas son un grave problema como en las rupturas de válvulas, perforaciones de los recipientes y otras.

Como se mencionó los cilindros empleados (en este caso de 68 kg), son recipientes a presión de acero sin costuras, la forma del fondo se ilustra en la figura II.12.

La única apertura permitida en el cilindro, es la practicada en la parte superior del mismo para conectar la válvula, protegida con un capuchón de acero.

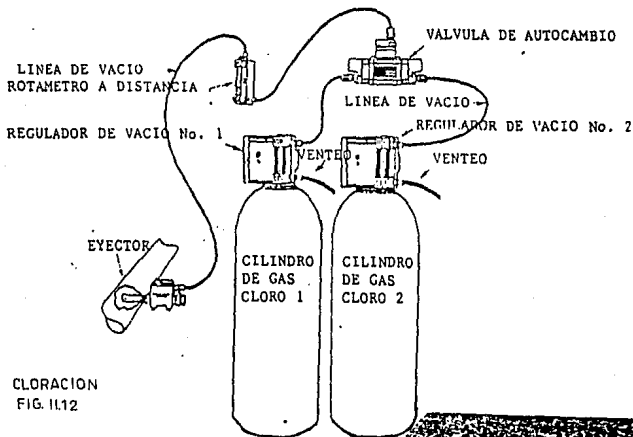
Las válvulas de los cilindros son del tipo que diseñó el instituto del cloro específicamente para utilizarse en esta clase de recipiente: llevan un tapón fusible situado abajo del asiento de la válvula, de tal forma que al fundirse éste, el flujo del cloro sale por el orificio de tapón y no puede ser controlado con la válvula (fig. II.13)

El metal fusible actuará entre 70 y 73.9 C (158 y 165 F) con lo que se libera la presión y se previene la ruptura del recipiente en el caso de que haya ocurrido una exposición del mismo al fuego, o a altas temperaturas. Evítese colocar los cilindros en lugares donde la temperatura pueda ser mayor de 65 C.



EJEMPLOS DE INSTALACIONES TÍPICAS

EQUIPO MX4-3



CLORACION  
FIG. 11.12

MX 4-3—Tiene dos reguladores de vacío, cada uno con un medidor de flujo de gas cloro; un módulo de transferencia operado bajo vacío y un medidor de flujo de gas cloro y válvula de control de dosificación para montaje en la pared.

Características del Clorador

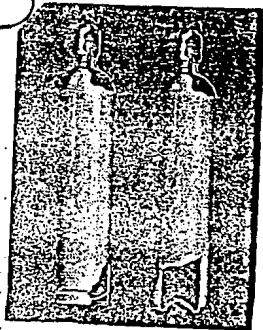
Capacidades del medidor de flujo de gas cloro (l)		Características del eyector	
		Admisión	Salida
100 PPD 50 PPD	2 kg/h 09 kg/h	1" manguera	difusor universal para 1/2" NPT o manguera de 1"
25 PPD 10 PPD 4 PPD	0.5 kg/h 200 gh 13 gh	1/2" manguera	

NOTA (1) La aplicación mínima es un 20 por ciento de su máxima.

Precisión—La precisión está dentro de un 4%.

Contra-presión—La contra presión máxima en el punto de aplicación es 100 libras por pulgada cuadrada (7 bar). Consulte a la fábrica si se necesita contra-presiones más altas.

Conexiones de tubería—Ventilación y vacío 1/2".



Cilindros de cloro: con fondo de anillo (izq.)  
y con fondo sumergido

**OPERACION**

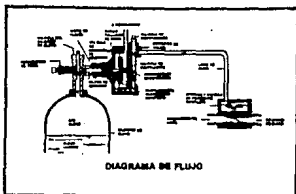


DIAGRAMA DE FLUJO.  
SISTEMA ALIMENTADOR DE GAS AL VACÍO

**SISTEMA DE AUTOCAMBIO AUTOMÁTICO**

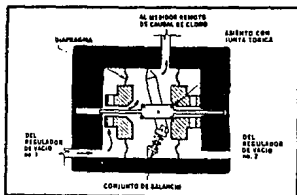
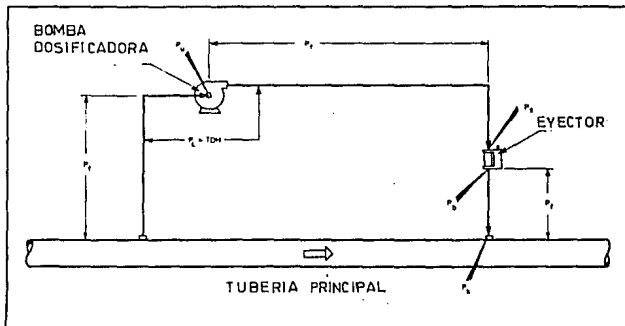
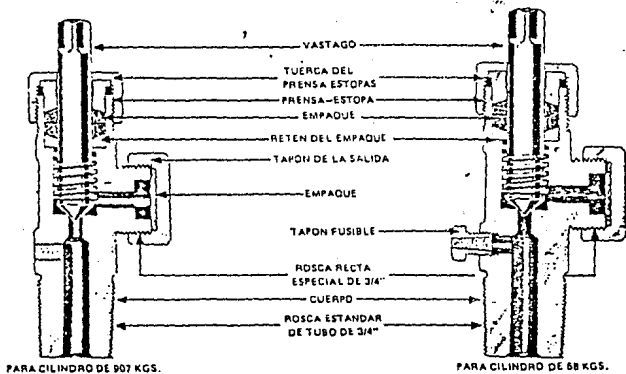


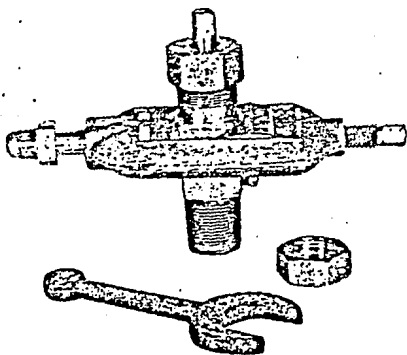
DIAGRAMA DE FLUJO  
MÓDULO DE AUTOCAMBIO





Válvulas para cilindros aprobadas por el Instituto de Cloro.

CLORACION FIG. II.14



Adaptador y yugo acondicionados a una válvula para cilindro y llave especial para válvulas.

Como las cuerdas de las conexiones exteriores de la válvula no son estándar, sino que son cuerdas rectas especiales (1.030"-14 N60-RH-EXT) se debe utilizar una llave y un adaptador especial como los de la figura I.14.

El almacenaje de cilindros y el manejo de los mismos requiere de ciertos métodos:

-Almacenaje de los cilindros de cloro en un lugar fresco y ventilado, libre de líneas de vapor o de otras fuentes de calor, y protegidos del sol y la lluvia.

-Las válvulas de los cilindros llenos o vacíos deben tener siempre los tapones en la salida de descarga, y colocados los capuchones protectores para las mismas.

-No almacenar cilindros en lugares donde exista la posibilidad de que los vapores de cloro, sean absorbidos por la ventilación y puede llegar hasta el personal.

-Almacenar los cilindros llenos o vacíos en posición vertical.

-Utilizar los cilindros que tengan más tiempo de recibidos para evitar que se dañen los empaques de las válvulas por almacenamiento prolongado y ocurran escapes al utilizarlos.

Al detectar una fuga de cloro, todas las personas que se encuentren en las cercanías deben trasladarse a los lugares más elevados posibles, caminando tranquilamente sin correr, y en caso de no contar con mascarilla adecuada respirar a través de un pañuelo húmedo hasta obtener la misma: la ubicación de los tanques debe ser de tal modo que el viento de hacia las posibles fugas. Para saber en todo momento la dirección del mismo, es recomendable colocar veletas en los puntos más altos y visibles de las instalaciones.

Sólo el personal entrenado y equipado convenientemente para éstos casos debe permanecer en el lugar de la fuga para tratar de arrodarla, todas las demás personas deberán ser evacuadas de la zona de peligro.

En todas las instalaciones industriales que manejan o produzcan cloro gaseoso se deben cumplir con los siguientes requisitos.

-Se debe contar con cuadrillas de reparación de fugas de cloro y rescate de heridos.

-Se deben tener equipos de emergencia para reparaciones de fugas de cloro, tanto de la instalación misma como de los cilindros de 68 kg.

-Efectuar simulacros de fugas de cloro periódicamente para entrenar al personal en la reparación de las mismas.

-Todo el personal que trabaje en Áreas de posible contaminación con cloro debe tener una mascarilla personal, y debe existir en la planta o instalación que maneja cloro, todo el equipo de protección para entrar a las Áreas contaminadas de cloro.

Las fugas de cloro deben ser reparadas en el menor tiempo posible, ya que tienden a hacerse más grandes muy rápidamente con lo que se dificulta su reparación.

El recipiente con un escape de cloro debe ser separado para su reparación antes de que comience a propagarse; la cantidad de cloro gaseoso que puede fugarse es mucho menor en todos los casos que cuando se trata de cloro líquido. Por ejemplo los cilindros de 68 kg. no deben colocarse invertidos, de tal modo que la fuga sea de cloro gaseoso.

La salida de cloro gaseoso de un recipiente tiende a bajar la temperatura del cloro remanente y consecuentemente se reduce la presión dentro del recipiente.

Un método seguro para absorber el escape de cloro de un recipiente como ya se había mencionado, consiste en conducirlo mediante una tubería de acero a una solución de sosa cáustica o lechada de cal, convenientemente preparada.

Las cantidades de solución de sosa cáustica y de cal para absorber el cloro, son acordes a la capacidad del recipiente.

Para un tanque de 68 kg. se requieren 85 kg. de sosa cáustica en 230 litros de agua o 159 kg. de cal hidratada en 570 litros de agua, o bien la mezcla de ambas como se menciona para absorber el contenido total del recipiente.

Cuando ocurra una fuga en el sistema de tuberías, se debe cerrar inmediatamente la válvula del recipiente de cloro. Nunca aplique agua en una fuga de cloro. Esto convierte al cloro en ácido clorhídrico, mucho más corrosivo.

#### II.4. 4) SEGURIDAD CON LOS GASES DE LODOS DE AGUAS NEGRAS

Los peligros referentes a la recolección y utilización de los gases de los lodos de aguas negras, fueron estudiados con el fin de prevenir accidentes y eventualidades en la planta. Los riesgos son principalmente incendio, explosión y asfixia. Puede ocurrir un incendio donde quiera que haya una fuga de gases y una explosión, en el momento en que una mezcla explosiva reciba la ionización necesaria para producirse, como por la rotura de un foco del alumbrado, entre un cable de extensión y su guarnición, por el chisporroteo de un interruptor, por chispas de los clavos de los zapatos o de las herramientas, por fumar o raspar un cerillo, o por el uso de encendedores; deben implementarse avisos de advertencia.

Debe mantenerse una ventilación efectiva para prevenir la acumulación de mezclas de gases y aire por si ocurre una fuga en los tanques y silos. En caso de exceso de gases o fuga de gas cloro se debe detener la planta.

Se debe recurrir a aparatos de respiración solamente cuando la situación no permite crear una atmósfera segura mediante ventilación. La mayor parte de los aparatos para respiración consisten en una careta con cintas ajustables a la cabeza que se atan firmemente; una manguera flexible conecta la máscara con una fuente de aire puro o con suministro de oxígeno, y una válvula de escape o un tubo de salida de aire aspirado. Es esencial que la máscara se ajuste bien, de manera que los gases no penetren por debajo. La prueba usual para esto consiste en cerrar con una pinza el tubo flexible de entrada y hacer una profunda inspiración. Si la máscara está bien ajustada, se aplastará sobre la cara.

Las máscaras de cartucho del tipo de filtro, nunca deben usarse en los pozos de inspección, en los pozos de bombeo u otros lugares donde pueda haber una deficiencia de oxígeno. Estas sirven solamente para filtrar o neutralizar bajas concentraciones de un gas determinado para el que se suministra el cartucho especial. Con el cartucho apropiado estas máscaras son adecuadas para atender a pequeñas fugas de cloro gaseoso, donde no hay deficiencia de oxígeno y menos del dos por ciento de gases nocivos. Estas máscaras no suministran oxígeno.

#### II.4.1D) PROCESO DE EMERGENCIA.

En caso de accidente o falla, la planta operará de forma especial; sólo en caso de fugas (de cualquier tipo), obstrucción de flujo desde el pretratamiento (rejilla) o sobrecarga excesiva por influente o lluvia que inunde y sobrecargue las instalaciones se parará totalmente.

El proceso de emergencia debida a falla eléctrica, será el siguiente:

-No se operarán el aereador y las rastras del tanque de espumación.

-El accionamiento de las compuertas del desarenador, sedi mentadores primario y secundario serán manuales.

-Si la falla sucede cuando esta encendida la iluminación, se operarán las lámparas señaladas en el primer interruptor, lo cual dará la iluminación indispensable, esto es, se contará con ocho lámparas.

-En caso de interrupción eléctrica, se cuenta con un sistema de seguridad en base a fusibles y un interruptor de nevalias para cada equipo así como la iluminación.

Esto con el fin de garantizar el control independiente  
en caso de que el control digital falle.

(Recomendación: Instituto de cromo E.U.A. Catálogo Capitol).

## CAPITULO III

### ALIMENTACION

#### III.1) CELDAS Y MODULOS FOTOVOLTAICOS

Se llama efecto fotovoltaico a aquel que permite la conversión directa de luz a electricidad, es decir que entre la energía luminosa incidente y la energía eléctrica resultante no existe ninguna forma intermedia de energía.

El efecto fotovoltaico puede definirse como la generación de un voltaje en las terminales de un sólido cuando éste es irradiado por una fuente de energía determinada. La conversión fotovoltaica de la energía solar se realiza mediante un dispositivo conocido como celda solar, que hace uso del efecto fotovoltaico, y que convierte el espectro de energía electromagnética de la radiación solar directamente en energía eléctrica.

En la figura III.1 se muestra un espectro de irradiancia solar de referencia (fuera de la atmósfera terrestre).

#### III.2) CIRCUITO EQUIVALENTE DE UNA CELDA SOLAR

Una celda solar no iluminada presentará unas características corriente-voltaje correspondientes a la de una unión P-N con una resistencia serie (fig. III.2). Por medio de una teoría simplificada puede mostrarse que estas características están dadas en forma analítica por:

$$I = I_0 \left( e^{\frac{q}{AKT} (V - IR_s)} - 1 \right) \quad \text{Ec. III.1}$$

Donde  $I$  es el flujo de corriente en la unión,  $I_0$  la corriente de saturación inversa y  $V$  es el voltaje aplicado ( $T$  es la temperatura en  $K$  y  $k$  la constante de Boltzmann; a  $T = 25^\circ C$ ,  $kT = 0.025$  eV).

La iluminación de la celda resulta en una corriente de iluminación  $I_L$ . El modelo de circuito que contiene este efecto se muestra en la figura III.3. Analíticamente esta situación estará representada por:

$$I = I_0 \left( e^{\frac{q}{AKT} (V - IR_s)} - 1 \right) - I_L \quad \text{Ec. III.2}$$

Donde  $I$  va que físicamente se tiene que  $I < M \Rightarrow I_L$ .

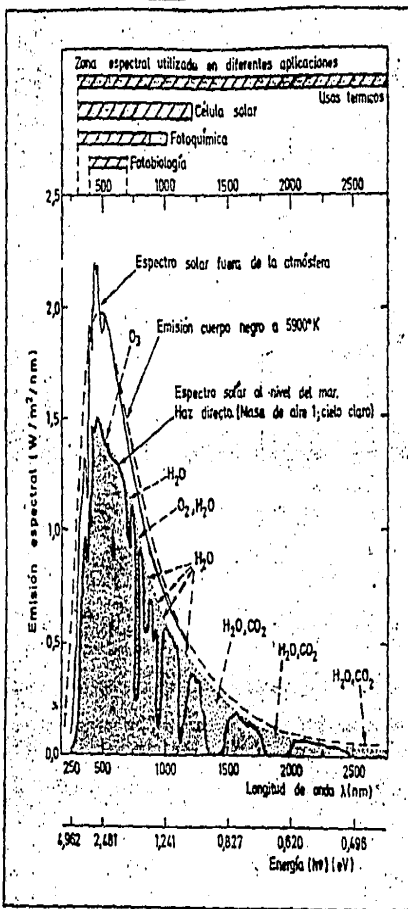
Para condiciones de corto circuito  $I = I_L$  va que  $V \rightarrow 0$  e  $IR_s = 0$  para  $Rs \rightarrow 0$ .

Circuito eléctrico equivalente de un diodo de unión P-N y su curva característica  $I-V$  en la oscuridad (fig. III.2).



FIGURA III.1

Espectro de la radiación solar fuera de la atmósfera terrestre y en la superficie del planeta. Las zonas punteadas indican la absorción debida a los componentes atmosféricos. Se ha representado también la emisión de un cuerpo negro a 5.900°K temperatura equivalente a la de la emisión solar. En la parte superior se señalan los márgenes espectrales útiles en diferentes aplicaciones solares.



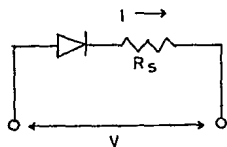
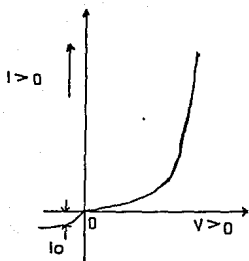


FIG. III.2

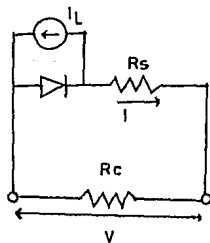
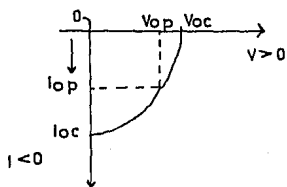


FIG. III.3

Circuito eléctrico equivalente del fotodiodo y su curva característica I-V bajo iluminación (fig III.3).

Para condiciones de circuito abierto ( $R_c=0$ ) se tiene el máximo voltaje:

$$V_{oc} = AKT/q \ln(I_L/I_0 + 1) \quad \text{Ec. III.3}$$

En cualquier otra condición de carga ( $R_c=0$ ),  $V < V_{oc}$  e  $I < I_L$ . Debido a las características I contra V no lineales del dispositivo existirá un punto de potencia máxima entregada (representado por el máximo rectángulo inscrito en las características I contra V), caracterizado por la resistencia óptima  $R_{op} = V_{op}/I_{op}$  Ec. III.4. En estas condiciones para una radiación solar incidente determinada,  $P_{inc}$  la potencia máxima estará dada por:  $P_{max} = V_{op} * I_{op}$  Ec. III.5.

La eficiencia de la celda solar será :

$$\eta = (V_{op} * I_{op}) / P_{inc} \quad \text{Ec. III.6}$$

### III.3) MODULOS Y PANELES FOTOVOLTAICOS

Dado el estado actual de desarrollo técnico-económico de las celdas solares para aplicaciones terrestres, se considera generalmente que los convertidores fotovoltaicos (módulos de celdas solares) están hechos para los países de gran insolación y que la mayor parte de las aplicaciones económicamente rentables necesitan potencias pico de algunas decenas o centenas de watts o hasta kilowatts.

Se ha visto que una celda solar es un dispositivo que genera potencia eléctrica a valores relativamente bajos.

El voltaje óptimo para la potencia máxima se sitúa alrededor de 0.45 volts.

La corriente óptima para la misma potencia, o mejor la densidad de corriente óptima es alrededor de 30 mA/cm<sup>2</sup>.

La potencia máxima proporcionada por la celda es proporcional a su superficie (igual a densidad de corriente por superficie total) (cm<sup>2</sup>), en tanto que el voltaje es independiente de ésta: la potencia máxima total proporcionada por una celda será proporcional al área de la misma.

Un módulo solar está constituido por arreglos serie y/o paralelo de celdas, así se obtienen las potencias necesarias para las aplicaciones y se diseñan arreglos serie y/o serie-paralelo de celdas solares (módulos) adecuados para proporcionar una potencia pico dada a un voltaje determinado, en general por los rangos de operación de las baterías en flotación de los

sistemas (en particular las baterías comerciales comunes trabajan a múltiplos de 6 a 12 volts). El arreglo serie-paralelo de estos módulos proporcionarán el voltaje y la corriente necesaria para la aplicación deseada.

### III.4) CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MODULOS SOLARES

La concepción de generadores fotovoltaicos deberá considerar entre otros los siguientes aspectos ambientales.

III.4.1) HUMEDAD.-En la encapsulación de celdas solares para aplicaciones terrestres se hace uso de numerosos tipos de materiales pero que, con algunas excepciones, todos son permeables al agua en grado diverso. Aunque se utilice vidrio o materiales plásticos (acrílicos o resinas) como materiales para la encapsulación, en un sistema de encapsulación poco costoso y no muy sofisticado, la humedad encontrará un camino para alcanzar a las celdas solares. Se ha utilizado con algún éxito, capas de soldadura plomo-estaño relativamente delgadas (50-100  $\mu\text{m}$ ) como pantallas antihumedad, pero los mejores resultados han sido obtenidos interponiendo una película de paladio entre las capas de titanio y plata.

III.4.2) ESFUERZOS TERMICOS.-Los generadores (o módulos) solares en aplicaciones terrestres sufren variaciones de temperatura diarias y de estación y están sometidos en consecuencia a ciclos térmicos de gran amplitud y de frecuencia variada.

La confiabilidad puede mejorarse aún más empleando dos o más lengüetas por conexión: las interconexiones de las celdas y la adherencia del encapsulante son los elementos más sensibles a los efectos de la dilatación térmica.

III.4.3) RADIACION ULTRAVIOLETA.-Debido a su excelente transmisión óptica y a su elasticidad, se utilizan generalmente resinas de silicón u otros materiales elásticos similares, como materiales de encapsulación en los generadores fotovoltaicos para aplicaciones terrestres.

Una cuestión importante era saber cuál podría ser la deterioración del coeficiente de transmisión óptica de estos materiales expuestos a la iluminación solar. Aún después de una exposición prolongada a la radiación ultravioleta no se ha constatado sino un efecto mínimo que no sobrepasa el 5%-10%.

El fenómeno más desastroso que puede producirse en módulos expuestos a este tipo de radiación es la laminación total del encapsulante respecto al sustrato.

III.4.4) ESFUERZOS MECANICOS.-Principalmente son dos:  
a)Efectos del viento.-Los módulos ensamblados (paneles) expuestos al viento están sometidos a esfuerzos de flexión que añaden, a las interconexiones de las celdas, un esfuerzo suplementario a los ya producidos por las diferencias de dilatación térmica de los materiales utilizados y que pueden, en el extremo,

conducir a una ruptura de las celdas.

b) Impactos.-Las previsiones de los usuarios, en relación a los daños de origen mecánico que podrían sufrir los generadores fotovoltaicos, son generalmente muy pesimistas en relación con las experiencias realizadas en condiciones reales.

III.4.5) DEPOSITOS SOBRE MODULOS.-Cualquiera que sea el coeficiente de frotamiento del material de la superficie y en ausencia de limpieza, las partículas de polvo, arena, etc. Se adhieren tanto sobre el vidrio acrílico, resinas, etc: con muy poca diferencia en espesores. Este fenómeno debe ser particularmente tomado en consideración en el caso en que los módulos puedan permanecer largo tiempo sin limpieza en razón de su acceso difícil o muy lejano y de la ausencia de lluvia. En estos casos es bueno de tener en cuenta una pérdida que puede ir hasta el 10%.

### III.5) EL MOVIMIENTO DEL SOL

El sol sale aproximadamente por el este, atraviesa el cielo sur y se oculta más o menos por el oeste. Debido a la inclinación del eje terrestre, el sol estará más alto o más bajo en el cielo durante el año a medida que la tierra recorre su órbita. La posición real del sol depende de la situación del observador.

Casi toda la energía solar que puede utilizar el colector debe penetrar, se indicará que objetos, por ejemplo, los árboles o edificios, podrían interferir en la captación de energía. Esos objetos proyectarán sombra sobre el colector durante ciertas horas y en determinadas fechas. Estando el sol muy bajo en el cielo que es cuando se necesita más energía solar, la sombra es una consideración sumamente importante para ubicar los colectores solares.

El colector varía considerablemente con el área geográfica. Sus límites superior e inferior dependen de la latitud del lugar, mientras que los lados dependen de la longitud o huso solar.

La figura III.4 muestra una vista lateral del colector solar para una latitud de 19.4 grados norte, esto es la latitud de la ciudad de México. En la figura III.5 se indica la inclinación óptima contra la energía global captada por latitud (ver plano E-2).

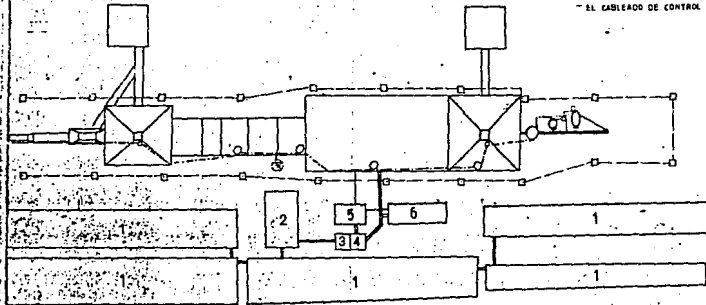
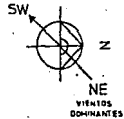
#### III.5.1) ORIENTACION DEL COLECTOR.

Los colectores se deben orientar de manera que apunten hacia el sur geográfico, por lo explicado anteriormente.

Aunque la orientación hacia el "sur verdadero" es la que se prefiere generalmente para los colectores, se puede aceptar alguna variación. Tal vez sea necesario modificar la

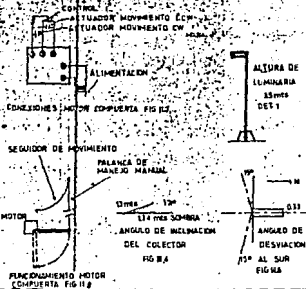
**NOTAS:**

- LA ALIMENTACION SE ENCUENTRA 30 cm ABAJO DE CADA TANQUE O SILO
- EL CABLEADO DE CONTROL ES PARALELO A LA ALIMENTACION.



**SIMBOLOGIA:**

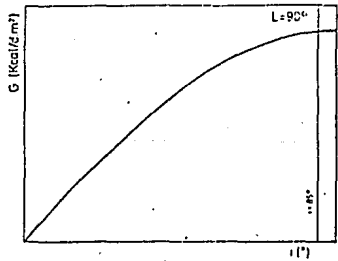
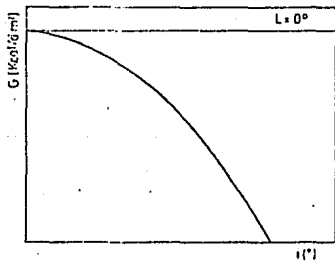
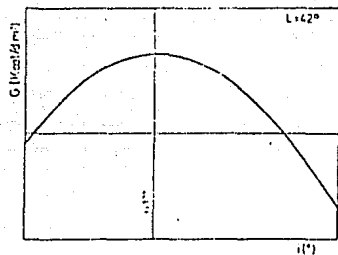
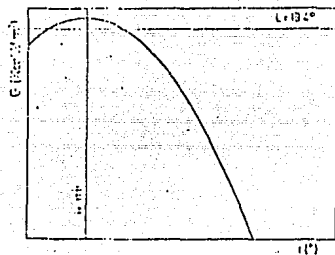
- 1 COLECTORES SOLARES
- 2 BANCO DE BATERIAS
- 3 CONTROL DE BATERIAS
- 4 INVERSOR
- 5 CONTROL DIGITAL
- 6 PLANTA DE EMERGENCIA
- ILUMINACION 1
- ILUMINACION 2
- MOTOR O ACTUADOR
- ALIMENTACION GENERAL
- ALIMENTACION ILUMINACION
- ALIMENTACION MOTORES
- MONITOREO INDEPENDIENTE
- TIERRA FISICA



<b>UNIVERSIDAD LA SALLE</b>	
<b>ESCUELA DE INGENIERIA</b>	
<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS</b>	
<b>PLANTA ELECTRICA</b>	PER. 1983 ESCALA: 1:500 REDACCION: 1983
<b>PLANO E-218 RAMON GUTIERREZ VARIAS</b>	
COORDINACIONES	

FIG. III.5

INCLINACION VS CAPTACION POR LATITUD



dirección del colector debido a las sombras, al clima local (nublados por la mañana y por la tarde) o a otras causas.

Ningún cambio de orientación con respecto al sur verdadero deberá exceder de 15 grados al este o al oeste. Este cambio reducirá hasta cierto punto la energía captada, aunque no en forma notable (ver plano E-2).

Desde luego, en ciertos casos convendrá hacer cambios mayores, pero no se recomiendan. La captación de energía se reduce significativamente cuando los colectores están orientados a más de 15 o 20 grados al este o al oeste del sur. En la figura III.6 se indican los límites prácticos de orientación del colector.

### III.5.2) INCLINACIÓN DEL COLECTOR

El ángulo que forma el colector con la horizontal se le llama ángulo de inclinación del colector. También éste es un factor importante del diseño. El ángulo tendrá que variar de acuerdo con el área geográfica y con las necesidades de energía.

En las figuras III.7 y III.8 se muestran algunas de las inclinaciones típicas y cantidades de irradiación en la república mexicana. De estas vemos que efectivamente la radiación óptima media anual es para México D.F. de 4372 Kcal/día m<sup>2</sup> a una inclinación de 17.1 que es aproximadamente el 90% de su latitud exacta, que es de 19.46 grados norte.

### III.6) UBICACION DE LA CELDA

Tomando en cuenta la inclinación del colector, se debe considerar una sombra desarrollada por éste, esto se explica de la figura III.9, y de la cual se deduce:

$$\text{sen} = c.o. / h1$$

$$\text{sen } 17.1 = c.o. / 1.3 \text{ mts. } \quad c.o. = 1.3(\text{sen } 17.1) = 0.3822 \text{ mts}$$

$$\text{cos} = c.s. / h1$$

$$\text{cos } 17.1 = c.a. / 1.3 \text{ mts. } \quad c.a. = 1.3(\text{cos } 17.1) = 1.2425$$

mts

$$\text{tg} = c.x. / c.o.$$

$$\text{tg } 17.1 = c.x. / 0.3822. \quad c.x. = 0.3822(\text{tg } 17.1) = 0.11758$$

mts

Longitud corregida para ubicación del panel:

$$lc = c.a. + c.x. \quad lc = 1.2425 + 0.11758 = 1.36$$

$$lc = 1.4$$

Área del panel (tomando en cuenta la sombra)

$$ap = a * lc = 0.33 * 1.4 = 0.462 \text{ m}^2 \text{ (ver plano E-2).}$$

NOTA.- Las variables mencionadas en este cálculo son trigonométricas.



## FIG. 11.7 RADIACIÓN GLOBAL

Inclinaciones óptimas por ciudades y energía global recibida por metro cuadrado de superficie, con inclinación óptima.

Ciudad	Inclinación óptima (i, °)	Radiación Global para i <sub>o</sub> (Kcal/dm <sup>2</sup> )
Aguascalientes	20.4	5287
Campeche	17.8	4787
Piedras Negras	24.9	4899
Satillo	23.0	4622
Colima	17.3	4504
Manzanillo	17.1	4477
Tapachula	13.1	4377
Tuxtla Gutiérrez	14.8	4404
Chihuahua	24.9	4993
México, DF	17.1	4372
Durango	22.5	5225
Guanajuato	20.0	5439
León	18.7	4408
Acapulco	15.7	5078
Chilpancingo	15.7	4696
Pachuca	16.8	5247
Tulancingo	18.0	4883
Guadalajara	19.3	5205
Toluca	17.3	4496
Morelia	17.1	4618
Monterrey	22.0	4225
Oaxaca	15.3	4440
Salina Cruz	15.0	5101
Puebla	17.7	5216
San Luis Potosí	20.0	4621
Colistlán	22.4	5007
Mazatlán	21.7	5182
Guaymas	24.9	5542
Hermosillo	24.9	5235
Tlaxcala	17.3	4508
Córdoba	16.0	3580
Jalapa	16.5	3578
Orizaba	10.7	3983
Veracruz	17.2	4625
Mérida	16.9	4793
Puerto Progreso	19.7	4997
Zacatecas	21.3	5194

### FIG. III. B RADIACION MENSUAL

RADIACION SOLAR GLOBAL EN Kcal/d			
Toluca (Chiapas)			
MES	Hs	RADIACION	
ENERO	11.32	3022	Kcal/d
FEBREPO	11.53	3361	Kcal/d
MARZO	11.91	3695	Kcal/d
ABRIL	12.34	4427	Kcal/d
MAYO	12.69	4462	Kcal/d
JUNIO	12.87	4420	Kcal/d
JULIO	12.79	4428	Kcal/d
AGOSTO	12.49	4437	Kcal/d
SEPTIEMBRE	12.00	4254	Kcal/d
OCTUBRE	11.66	3958	Kcal/d
NOVIEMBRE	11.30	3100	Kcal/d
DICIEMBRE	11.13	2915	Kcal/d
RADIACION MEDIA		3832	Kcal/d

RADIACION SOLAR GLOBAL EN Kcal/d			
Tuxtla Gutierrez (Chiapas)			
MES	Hs	RADIACION	
ENERO	11.12	3296	Kcal/d
FEBREPO	11.47	3316	Kcal/d
MARZO	11.90	3680	Kcal/d
ABRIL	12.37	4451	Kcal/d
MAYO	12.78	4526	Kcal/d
JUNIO	12.89	4499	Kcal/d
JULIO	12.69	4501	Kcal/d
AGOSTO	12.55	4477	Kcal/d
SEPTIEMBRE	12.09	4252	Kcal/d
OCTUBRE	11.61	3423	Kcal/d
NOVIEMBRE	11.21	3040	Kcal/d
DICIEMBRE	11.02	2844	Kcal/d
RADIACION MEDIA		3830	Kcal/d

RADIACION SOLAR GLOBAL EN Kcal/d			
Chihuahua			
MES	Hs	RADIACION	
ENERO	10.39	2698	Kcal/d
FEBREPO	11.04	3021	Kcal/d
MARZO	11.80	3824	Kcal/d
ABRIL	12.69	4907	Kcal/d
MAYO	13.43	5214	Kcal/d
JUNIO	13.79	5288	Kcal/d
JULIO	13.63	5244	Kcal/d
AGOSTO	13.00	5028	Kcal/d
SEPTIEMBRE	12.16	4524	Kcal/d
OCTUBRE	11.25	3411	Kcal/d
NOVIEMBRE	10.56	2826	Kcal/d
DICIEMBRE	10.21	2541	Kcal/d
RADIACION MEDIA		4061	Kcal/d

RADIACION SOLAR GLOBAL EN Kcal/d			
Ciudad de Mexico (Ed. Federal)			
MES	Hs	RADIACION	
ENERO	10.97	2780	Kcal/d
FEBREPO	11.33	3162	Kcal/d
MARZO	11.89	3664	Kcal/d
ABRIL	12.95	4373	Kcal/d
MAYO	12.92	4504	Kcal/d
JUNIO	13.15	4503	Kcal/d
JULIO	12.05	4494	Kcal/d
AGOSTO	12.64	4421	Kcal/d
SEPTIEMBRE	12.10	4139	Kcal/d
OCTUBRE	11.54	3581	Kcal/d
NOVIEMBRE	11.08	2868	Kcal/d
DICIEMBRE	10.85	2683	Kcal/d
RADIACION MEDIA		3729	Kcal/d

RADIACION SOLAR GLOBAL EN Kcal/d			
Durango			
MES	Hs	RADIACION	
ENERO	10.89	3190	Kcal/d
FEBREPO	11.21	3705	Kcal/d
MARZO	11.86	4251	Kcal/d
ABRIL	12.57	5214	Kcal/d
MAYO	13.16	5528	Kcal/d
JUNIO	13.46	5553	Kcal/d
JULIO	13.33	5531	Kcal/d
AGOSTO	12.82	5396	Kcal/d
SEPTIEMBRE	12.13	4985	Kcal/d
OCTUBRE	11.42	3868	Kcal/d
NOVIEMBRE	10.83	3212	Kcal/d
DICIEMBRE	10.54	3033	Kcal/d
RADIACION MEDIA		4472	Kcal/d

RADIACION SOLAR GLOBAL EN Kcal/d			
Guajuato			
MES	Hs	RADIACION	
ENERO	10.87	3574	Kcal/d
FEBREPO	11.32	4080	Kcal/d
MARZO	11.88	4598	Kcal/d
ABRIL	12.49	5659	Kcal/d
MAYO	13.00	5805	Kcal/d
JUNIO	13.26	5791	Kcal/d
JULIO	13.14	5785	Kcal/d
AGOSTO	12.70	5712	Kcal/d
SEPTIEMBRE	12.11	5366	Kcal/d
OCTUBRE	11.50	4234	Kcal/d
NOVIEMBRE	10.99	3693	Kcal/d
DICIEMBRE	10.75	3417	Kcal/d
RADIACION MEDIA		4810	Kcal/d

### III.7) CALCULO DE POTENCIA REQUERIDA, CABLEADO ELECTRICO Y TIERRA FISICA.

Sumando las corrientes del cuadro de carga se obtienen 68.572 A. los cuales se toman como 70 A.

Para una tensión alterna de 120 V, es necesario obtener 120 V en corriente directa para las corrientes, es necesario el 15% más en directa para proporcionar la estimada en alterna. Esto es, se requiere mayor potencia generada para compensar el peso por el inversor.

El ciclado será de 60 Hertz desde el inversor. Así tendremos que para la potencia requerida, es necesario:

$V_d = 120 \text{ V}$  (tensión)  
 $I_d = 70 \times 0.15 = 80.5 \text{ A}$   
 $Pot = V_d \times I_d = 120 \times 80.5 = 9660 \text{ watts} = 9.66 \text{ kw}$  De f.c. 111.5

Los paneles solares rinden 3.05 A v 17.4 V; para obtener 80.5 A tendremos que:

corriente requerida/corriente por colector

Número de paneles en paralelo =  $80.5/3.05 = 26.39$  así serán 27.

voltaje requerido/voltaje por colector =

Número de paneles en serie =  $120/17.4 = 6.89$  así serán 7.

Para obtener el número de paneles totales se multiplican las cifras anteriores.

c. en paralelo \* c. en serie =  $27 \times 7 = 189$

Esto es aproximado si se dividen las potencias:

pot. requerida/pot. colector =  $9660/53 = 182.264$

Así el número de colectores será 189; multiplicando esta cifra por la obtenida del área de colector, el área requerida será de  $186 \times 0.462 \text{ m}^2 = 87.318 \text{ m}^2$ . El peso total de los colectores será de  $189 \times 5.7 \text{ kg} = 1077.3 \text{ kg} = 1.0773 \text{ ton}$ .

Si el costo más barato de energía es de 18000 dolares por 1 kw. entonces:

Costo =  $5000 \times 9.56 = 7200.00$  dolares; convirtiendolos al tipo de cambio de 10000.00 M.N. por dolar, su costo es de \$ 231184.000.00 M.N. (Datos Investev. Laboratorio solar).

De acuerdo a las normas NFMA se calculará la corriente

de los motores de la forma siguiente. tensión 110 volts. factor de potencia 0.8. potencias y eficiencias a) 1 hp y 78%, b) 3/4 hp y 76%, c) 1/8 hp y 70%, d) 1/2 hp y 74%.

Fórmula generatriz  $I = 746 \times hp / v \times \eta$ . Ec. III.7

- a)  $746 \times 1 / (110 \times 0.8 \times 0.78) = 10.86 \text{ A} + 2.717 = 13.585 \text{ A}$
- b)  $746 \times 0.75 / (110 \times 0.8 \times 0.76) = 8.365 \text{ A} + 2.091 = 10.457 \text{ A}$
- c)  $746 \times 0.125 / (110 \times 0.8 \times 0.7) = 1.513 \text{ A} + 0.3764 = 1.891 \text{ A}$
- d)  $746 \times 0.5 / (110 \times 0.8 \times 0.74) = 5.728 \text{ A} + 1.432 = 7.16 \text{ A}$

Al resultado se suma el 25% de la misma como factor de seguridad.

Para el cálculo del cable de acuerdo a la sección del conductor, se toma en cuenta una caída de tensión máxima  $e=3\%$  y una longitud de cable máxima de 10 metros.

Fórmula generatriz  $S = 4 \times \text{long.} \times I / v \times e$  Ec. III.8

- a)  $4 \times 10 \times 14 / (110 \times 3) = 1.696 \text{ mm}^2$
- b)  $4 \times 10 \times 11.5 / (110 \times 3) = 1.4 \text{ mm}^2$
- c)  $4 \times 10 \times 2 / (110 \times 3) = 0.24 \text{ mm}^2$
- d)  $4 \times 10 \times 7.16 / (110 \times 3) = 0.8678 \text{ mm}^2$

En las figuras III.9, 10 y 11, se especifican los conductores según la norma de instalaciones eléctricas de SECOFI, de estas, se emplea el siguiente cableado:

Cable 14 AWG para iluminación y alimentación de motores pequeños.

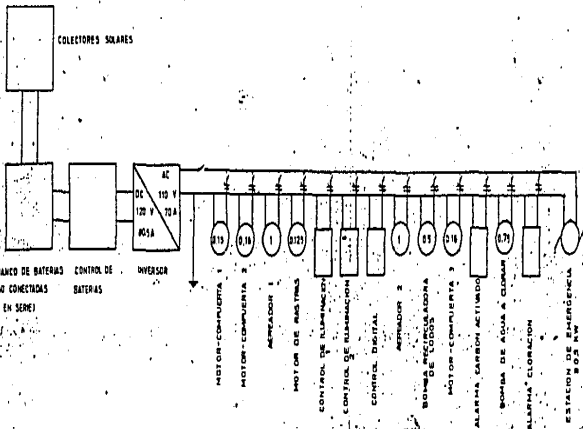
Cable 8 AWG para el sistema de energía solar y planta de emergencia.

Cable 10 AWG para motores cuantificados por fórmula.

El relevador que actuará sobre los motores tendrá las siguientes características (ver plano L-1).

material de contacto AgCdO  
corriente de carga 20 A  
operación de voltaje alterno 220 V máximo  
máxima capacidad de interrupción 2200 VA  
tiempo de respuesta 20 ns  
frecuencia de operación 18000-mecánica y 1800-eléctrica  
temperatura de operación -40 a 70 °C  
humedad relativa 35 a 85%  
resistencia de contacto 30m  
corriente de bobina 13 mA.

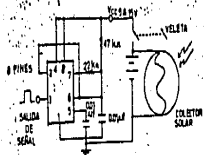
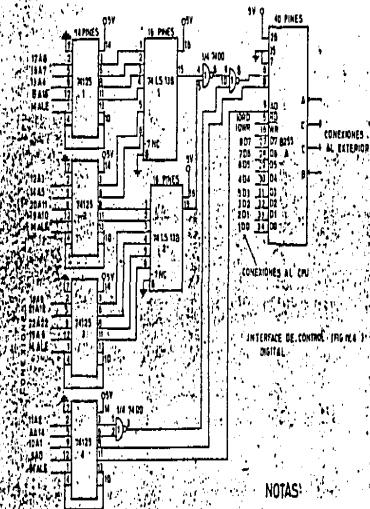
La tierra física constará de una capa de 60 centímetros de diámetro por 1.2 mts de profundidad constituida por una varilla de 16 mm y por cuatro capas de cubierta, una de 60 cm de concreto, y tras de 20 cm cada una de sal, carbón y calcio res-



**NOTAS:**

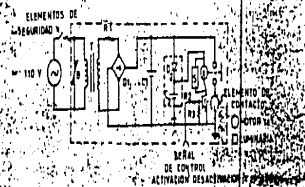
- LA POTENCIA DE LOS MOTORES ESTA EXPRESADA EN CP
- LOS MOTORES-COMPUERTA SON ESPECIALES
- LA ESPECIFICACION DE CABLES SE REFIERE A LA SECCION N7
- LA SIMBOLOGIA SE BASA EN EL CODIGO NEMA

<b>UNIVERSIDAD LA SALLE</b>	
<b>ESCUELA DE INGENIERIA</b>	
<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS</b>	
<b>DIAGRAMA ELECTRICO LINEAL</b>	FECHA: _____ ESCALA: _____ AUTORA: _____
<b>PLANO E-1</b>	<b>RAMON GUTIERREZ ARIAS</b>



ALIMENTADA EN EL CIRCUITO LM 555 (FIGURA 1)

CIRCUITO INTERNO DEL RELEVADOR EMPLEADO



NOTAS:

- LA ESPECIFICACION DE CADA CIRCUITO SE ENCUENTRA EN EL TEXTO
- LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS DEL RELEVADOR NO LOS PROPORCIONA EL FABRICANTE HASTA LA VENTA.
- LA ALIMENTACION Y TIERRA SON COMUNES EN LA INTERFAZ.
- EL NUMERO DE CONTROL EN LA INTERFAZ ES 000001 (149)
- EL INDICE DE SEÑALES (FIGURA 1) INDICA EL DIRECCIONAMIENTO DE LOS PUERTOS AB Y C.

UNIVERSIDAD LA SALLE  
 INVESTIGACION EN INGENIERIA  
 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS  
 DIAGRAMAS ELECTRONICOS  
 PLANO A L.S. RAMON COTTERREZ  
 1978

Numero máximo de conductores que puede alojarse en tubo conduit

FIG. III.9a

Tipo de Conductor	Calibre de conductor AEG NCM	Diámetro nominal de tubo (mm)													
		11	19	25	32	38	51	63	76	89	102				
THAN y THIN	14*	13	24	37	66										
	14	11	20	32	57										
	12*	10	18	28	49	67									
	12	8	15	23	42	57									
	10*	6	11	18	32	43	71								
	10	5	9	15	26	36	59								
	8	3	5	9	15	21	35	49							
	6	2	4	6	11	15	25	36	56						
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	34	46				
	2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	42				
	10	-	1	1	3	4	7	10	15	20	27				
	120	-	1	1	2	3	6	8	13	17	22				
	30	-	1	1	1	1	3	5	11	14	18				
	40	-	1	1	1	1	2	4	7	9	13				
	250	-	-	-	1	1	3	4	7	10	12				
300	-	-	-	1	1	1	1	2	3	4					
350	-	-	-	1	1	1	1	2	3	4					
400	-	-	-	1	1	1	1	2	3	4					
500	-	-	-	1	1	1	1	2	3	4					

\*Alambres

Notes

- Esta tabla está basada en factores de reducción de 80 por ciento para tres conductores o más, 50 por ciento para dos conductores y 33 por ciento en el caso de un solo conductor.
- Debe tenerse en cuenta que para más de tres conductores en un tubo, la capacidad de corriente permitida en los mismos se ve reducida de acuerdo con los factores de corrección de la Tabla M2.4 a)

FIG. III.9b

Resistencia eléctrica de conductores de cobre

NTB-81

Calibre AWG MCM	Área de la sección transversal (mm <sup>2</sup> )	Numero de libras	Resistencia eléctrica C/100°C (ohm/km)
A	0.023	-	21.0
L	1.308	-	13.2
M	2.08	-	8.27
N	3.31	-	5.22
B	5.26	-	3.28
R		-	
E		-	
F		-	
G		-	
C	8.37	7	2.10
A	13.30	7	1.322
B	21.12	7	0.830
A	34.6	7	0.523
B		7	
C		7	
D		7	
E		7	
F		7	
G		7	
H		19	0.329
I		19	0.261
J		19	0.207
K		19	0.1640
L		37	0.1390
M		37	0.1157
N		37	0.0991
O		37	0.0867
P		37	0.0695
Q		61	0.0578
R		61	0.0463
S		61	0.0348
T		91	0.0278
U		91	0.0212

FIG. III.10a

SOBRES COMERCIAL	TIPO	TEMP. MAX. °C	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR *	UTILIZACION
Cambay Barnizado	V	85	Asbesto y Cambay Barnizado	No metálica	Locales secos
				Forro de plomo	Locales húmedos y secos
Asbesto y Cambay Barnizado	AVB	90	Asbesto impregnado y Cambay Barnizado	Malla de algodón retardadora de flama	Alumbrado de tableros en locales secos
	AVL	110		Forro de plomo	Locales húmedos y secos
	AVA	110		Malla de asbesto o vidrio	Locales secos
Asbesto	AVA	125	Asbesto impregnado	Con malla de asbesto o vidrio	Locales secos únicamente. En instalaciones a la vista. En instalaciones selladas para conductores que van a aparatos o estén en su interior.
	AI	125	Asbesto impregnado	Sin malla de asbesto	Locales secos únicamente. En instalaciones para conductores que van a aparatos o estén en su interior. Limitado a 300 V.
	A	200	Asbesto	Sin malla de asbesto	
	AA	200	Asbesto	Con malla de asbesto o vidrio	
Papel	PILC	85	Papel impregnado	Forro de plomo	Para conductores de armetidas subterráneas o con permiso especial

\* Estos tipos corresponden a cables multiconductores cuya designación se refiere a las características de la cubierta o forro del cable y no a la del aislamiento del conductor.

FIG. III.10b

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados (amperes)

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
	THWN, RTR, L, TR, TRD, MTW		RH, RHW, RTH, THW, THWN, DL, XHHW		PILC, V, MI		TA, THS, SA, AYB SIS, FLP, THB, RHH, THHN, MTR, EP, XHHW *	
	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire
—4	15	20	15	20	25	30	27	30
—2	20	25	20	25	30	40	30	40
—10	30	40	30	40	40	55	40	55
—8	40	55	45	65	65	70	50	70
6	55	80	65	95	90	100	70	100
4	70	105	85	125	100	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
0	125	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	265	185	285	185	285
000	165	260	200	310	210	340	210	330
0000	195	300	230	360	225	395	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425

NTP-81



FIG. III.11a

Aplicación de conductores aislados

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMP. MAX. °C	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR	UTILIZACION
Hule Resistente al calor	RH RHH	75 90	Hule resistente al calor	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama	Locales secos
Hule Resistente al calor y a la humedad	RHW	75	Hule resistente al calor y a la humedad	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama	Locales húmedos y secos
Hule látex, resistente al calor	RLH	75	90% Hule no molido, un grano	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama	Locales secos
Hule látex, resistente a la humedad	RLW	60	90% Hule no molido, un grano	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama	Locales húmedos y secos
Termoplástico	T	60	Compuesto termoplástico retardador de la flama	Ninguna	Locales secos
Termoplástico resistente a la humedad	TW	60	Termoplástico, resistente a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos y secos

FIG. III.11b

NOMBRE COMERCIAL	TIPO	TEMP. MAX. °C	MATERIAL AISLANTE	CUBIERTA EXTERIOR	UTILIZACION
Termoplástico duplex resistente a la humedad	TWD	60	Termoplástico, resistente a la humedad, retardador de la flama	Ninguna	Locales húmedos y secos
Termoplástico resistente al calor, con cubierta de Nylon	THHN	90	Termoplástico, resistente al calor, retardador de la flama	Nylon	Locales secos
Termoplástico resistente a la humedad y al calor	THW	75	Termoplástico, resistente a la humedad y al calor, retardador de la flama	Ninguna	Locales secos y húmedos
		90			Aplicaciones especiales en equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Limitado a un circuito abierto de 1000 volts o menos
Termoplástico resistente a la humedad y al calor, con cubierta de Nylon	THWN	60	Termoplástico, resistente a la humedad y al calor, retardador de la flama	Nylon	Locales con grasa, aceite y gasolina
		75			Locales secos y húmedos
Termoplástico resistente a la humedad (doble forro)	DF*	75	Termoplástico, resistente a la humedad	No metálica, resistente a la humedad, retardadora de la flama	Locales secos y húmedos Hasta 1 000 V.

pectivamente.

### III.8) ILUMINACION.

Se emplean lámparas fluorescentes tipo "twin tube" (tubo gemelo) con reflector. Estas lámparas iluminan 10 m<sup>2</sup> a una altura de 3.5 metros, su capacidad luminica es de 900 lúmenes aproximadamente (ver plano E-2).

Su consumo energético es de 13 watts (119 V, 0.163 A). El elemento de arranque se encuentra en la base, integrado a la lámpara y su uso es aplicable a la intemperie. La vida útil aproximada es de 10,000 hrs.

De acuerdo con las dimensiones de la planta y requerimiento de iluminación, se tendrán 240 m<sup>2</sup> de extensión para alumbrado, el cual será cubierto por 24 lámparas.

En un extremo caso de emergencia sólo operarán 8 lámparas en el proceso, estas se controlarán por medio de un tablero con dos relevadores, uno para el juego de lámparas va mencionado y otro para el resto. Aun cuando su potencia es baja se conectará con un juego de cuchillas de navajas para fusibles como protección (figuras III.10 y 11).

### III.9) SISTEMA DE POTENCIA

#### CUADRO DE CARGA Y EMERGENCIA

EQUIPO	POTENCIA W	CORRIENTE A	ACTIVO EN EMERGENCIA
Motor 1 aereador	746	14	X
Motor 2 aereador	746	14	
Bomba recirculación	373	7.16	
Bomba cloración	560	11.5	
Rastras espumación	93.25	2	X
Compuerta desarenador	120	1	X
Compuerta s. primario	120	1	X
Compuerta s. secundario	120	1	X
Compuerta carbón act.	120	1	X
Iluminación	322.74	2.934	Sólo 8
Controles y sensores	INDEPENDIENTES		
Alarma cloración	110	1	
Computadora	110	1	

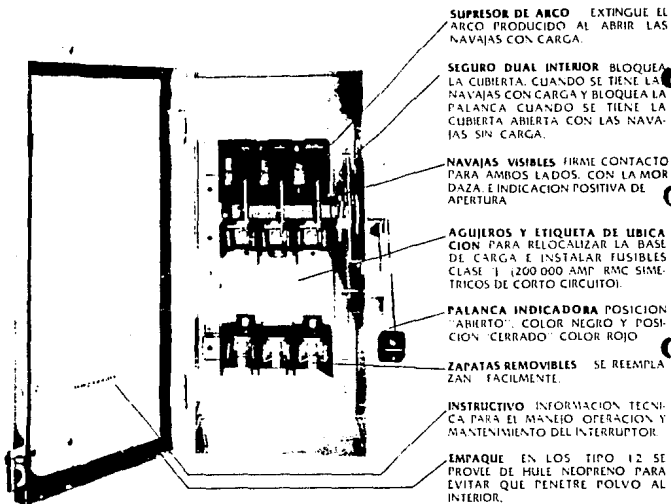
Tensión general 110 volts corriente alterna.

Ver planos E-1 y E-2.

CLAS  
3110  
3130  
3140

FIG. III.12  
INTERRUPTORES DE SEGURIDAD TIPO NAVAJA  
CON Y SIN FUSIBLES

CARACTERISTICAS GENERALES PARA  
INTERRUPTORES DE SERVICIO PESADO  
30 A 200 AMP.



NOTA: LAS ESPECIFICACIONES Y LOS DISEÑOS ESTAN EN CONTINUA REVISION, POR ELLO, LOS PRODUCTOS DESCRITOS EN ESTA PUBLICACION ESTAN SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO.

FIG. III.13

## INTERRUPTORES DE SEGURIDAD TIPO NAVAJA CON Y SIN PORTAFUSIBLES

 CLASS  
 3170  
 3130  
 3140

 TABLA PARA SELECCION DE INTERRUPTORES TIPO FUSIBLES  
 EN APLICACION DE PROTECCION A MOTORES INDIVIDUALES.

MOTOR CP	CALIBRE FUSIBLE				MOTOR CP	CALIBRE FUSIBLE					
	MINIMO DE		RECOMENDADO			MINIMO DE		RECOMENDADO			
	CORRIENTE CONDUCTOR		PARA APLICACION			CORRIENTE CONDUCTORES		PARA APLICACION			
	A PLENA CARGA	TIPO 60° AWG MCM	75° AWG MCM	INTERRUPTOR TIPO ELEMENTO PESADO A		A PLENA CARGA	TIPO 60° AWG MCM	75° AWG MCM	INTERRUPTOR TIPO ELEMENTO PESADO A		
MOTORES MONOFASICOS 220 V A 60 Hz											
1.6	4.0	14	14	0.25	30	10	29.0	8	8	40	60
1.4	5.3	14	14	8	30	15	44.0	6	6	60	60
1.3	6.5	14	14	10	30	20	50.0	4	4	80	100
1.2	8.9	14	14	15	30	25	71.0	2	1	100	100
1.4	11.5	14	14	17.5	30	30	84.0	1	2	125	200
1	14.0	12	12	25	30	40	109.0	00	0	150	200
1.1.2	18.0	10	10	30	30	50	136.0	0000	00	200	200
1	22.0	10	10	30	30	60	161.0	150 M	0000	225	400
1	31.0	8	8	50	60	75	201.0	350 M	250 M	300	400
1	51.0	6	6	90	100	100	259.0	600 M	400 M	350	400
1.1.2	72.0	2	3	110	200	125	320.0	2.150 M	2.4 0	450	600
10	91.0	2	3	150	200	150	370.0	2.300 M	2.250 M	500	600
						200	502.0	2.500 M	2.400 M	600	600
MOTORES MONOFASICOS 220 V A 60 Hz											
1.6	2.3	14	14	3.5	30	1.2	1.0	14	14	1.6	30
1.4	3.0	14	14	4.5	30	1.4	1.5	14	14	2.25	30
1.3	3.8	14	14	6.25	30	1	1.9	14	14	2.8	30
1.2	5.1	14	14	8	30	1.1.2	2.7	14	14	4.0	30
1.4	7.2	14	14	12	30	2	3.6	14	14	6.0	30
1	8.4	14	14	15	30	3	5.0	14	14	8.0	30
1.1.2	10.0	14	14	15	30	5	7.7	14	14	12.0	30
2	13.0	12	12	20	30	1.1.2	11.0	14	14	17.5	30
3	18.0	10	10	30	30	10	15.0	12	12	20.0	30
5	29.0	8	8	45	60	15	22.0	10	10	30.0	30
1.1.2	42.0	6	6	60	60	20	28.0	8	8	40.0	60
10	51.0	4	6	80	100	25	30.0	6	8	50.0	60
						30	42.0	6	6	60.0	60
						40	54.0	4	4	80.0	100
						50	68.0	2	4	100.0	100
						60	80.0	1	3	100.0	100
						75	100.0	0	1	150.0	200
1.1.2	5.4	14	14	8	30	100	130.0	000	00	175.0	200
2	7.1	14	14	10	30	125	163.0	250 M	0000	225.0	400
3	10.0	12	14	15	30	150	188.0	300 M	250 M	250.0	400
5	15.9	12	12	25	30	200	251.0	500 M	400 M	350.0	400
1.1.2	23.0	10	10	35	60						

DATOS BASADOS EN NIEBE TABLAS 403.04, 403.95 y 302.4

FIG. III.14  
PANEL  
SOLAR

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS \*

MODELO	M-55	M-75	M-65	M-25
POTENCIA (Típica $\pm 10\%$ )	53 Wp	47 Wp	42 Wp	22 Wp
CORRIENTE (Típica a la carga)	3.05 A	2.94 A	2.9 A	1.5 A
VOLTAJE (Típico a la carga)	17.4 V	16.0 V	14.5 V	14.6 V
CORRIENTE CORTO CIRCUITO	3.27 A	3.27 A	3.26 A	1.65 A
VOLTAJE DE CIRCUITO ABIERTO	21.8 V	19.9 V	18.0 V	18.2 V

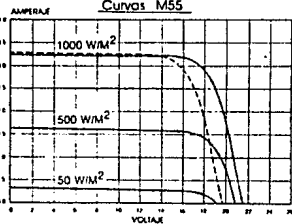
\* Condiciones normalizadas de prueba: 1000 W/cm<sup>2</sup>, 25 °C de temperatura de celda. Espectro solar AM 1.5.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

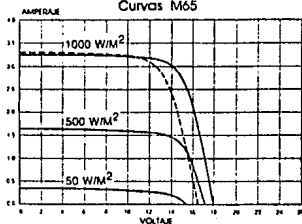
NO. CELDAS EN SERIE	M-55	M-75	M-65	M-25
TAMAÑO DE CELDA	102.9 mm x 102.9mm	102.9 mm x 102.9mm	102.9 mm x 102.9mm	51.45 mm x 102.9mm
LONGITUD DE MÓDULO	129.3cm	121.9cm	108.3cm	56.9cm
ANCHO	33.0cm	33.0cm	33.0cm	33.0cm
ESPESOR	3.6cm	3.6cm	3.6cm	3.6cm
PESO	5.7Kg	5.2Kg	4.8Kg	2.5Kg

CARACTERÍSTICAS DE OPERACION

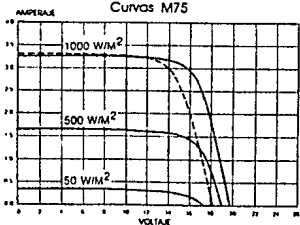
Curvas M55



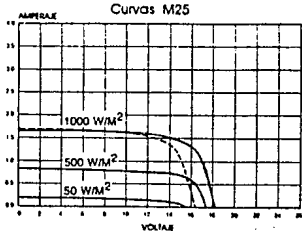
Curvas M65



Curvas M75



Curvas M25



— 25 °C TEMP. CELDA    - - - 47 °C TEMP. CELDA

## FIG. III.15 BATERIAS NiCd

El modo de operación más frecuente es en paralelo, es decir, la batería y el cargador están conectados en paralelo, formando una fuente de energía ininterrumpida. Como regla general,

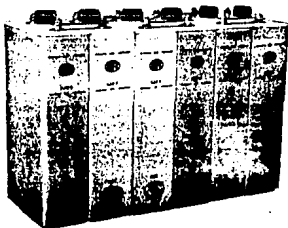
la batería se carga entonces en régimen de tensión constante. La temperatura ambiente normal es de 25 °C. Se recomiendan las siguientes tensiones por elemento:

Condiciones de trabajo	Tensión de carga V/elem.
<b>Trabajo continuo en paralelo batería-cargador.</b> Por ejemplo: energía de reserva, control y maniobra, sistemas de señalización y alarma, etc., donde es posible disponer de un cargador conectado siempre a la red. En servicio normal no hay descargas o éstas son aisladas y cortas. Cuando falla la red la batería se descarga total o parcialmente.	Carga de flotación 1.40 ± 0,02 Carga rápida 1.55 - 1.65
<b>Trabajo discontinuo en paralelo batería-cargador.</b> Por ejemplo: trabajo en tampón, en el que la intensidad de salida excede temporalmente de la intensidad del cargador. Otro ejemplo es el alumbrado de tranes, donde el cargador no trabaja continuamente.	1.55 - 1.60
<b>Carga antes de la puesta en servicio</b> El tiempo de carga depende de la limitación de corriente del cargador. Por ejemplo: 20 h para corriente limitada a 0.1 x C amp. 10 h para corriente limitada a 0.2 x C amp.	1.60 - 1.65

Hay otros tipos de servicios en los que la carga de la batería se efectúa en régimen de intensidad constante.

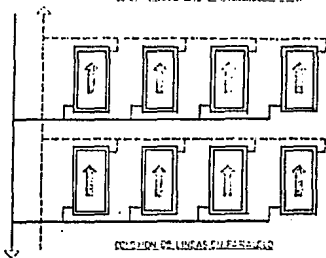
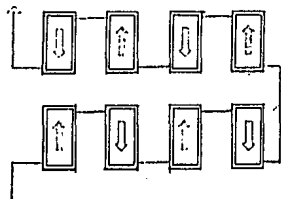
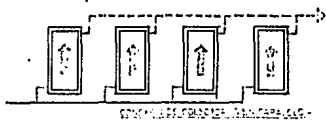
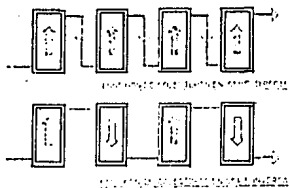
En tales casos recomendamos: Para carga a fondo: 0.1 - 0.2 A/Ah Para carga de mantenimiento: 0.5 - a mA/Ah

Si las tensiones mencionadas son más altas de las que los servicios conectados a la salida pueden tolerar, la tensión de salida puede reducirse por medio de diodos de caída de tensión.

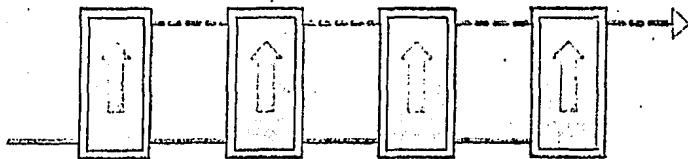


Especificaciones sujetas a alteración sin aviso previo.

FIG. III,16 CONEXIONES DE PANELES SOLARES



CONEXION EN SERIE



CONEXION MIXTA

## CAPITULO IV.

### SISTEMA DE CONTROL.

#### IV.1) MONITOREO

El monitoreo de señales, se basa en la continuidad o ausencia de una señal regular, la cual será procesada v. en su caso, se manejará como señal de prueba. Este es meramente indicativo al funcionamiento del sistema.

#### IV.2) ACTUACION

La actuación en el proceso por medio de información, se dará por medio del intercambio de señales a relevadores, estos variaran de acuerdo a la señal de indicación encendido- apagado.

En su caso, la señal obedecerá cierto tiempo de activación o desactivación.

#### IV.3) SENSORES Y ALARMAS

La energía eléctrica solar o de emergencia, se opera por medio de la misma señalización, esto es, interrumpida por relevadores.

Los relevadores a emplear serán los siguientes:

(Ver plano L-1)

Relevador de bobina de alta estabilidad magnética

Carga resistiva: 5 A a 30 VDC - 1 polo

Material de contacto: AgCdO

Corriente de interrupción: 5 A

Resistencia de bobina: 30  $\Omega$

Consumo de energía: 850 mW

Tiempo de señal v restablecimiento: 20 ms máximo

Temperatura de operación: -40 a 70 °C

Humedad relativa de operación 35 a 85%

Peso: 20 gramos.

Empleados para iluminación, su diagrama esquemático es igual al de los motores.

Como medida de precaución todos los equipos contarán con cuchillas de navajas v fusibles (ver fig III.12 v 13).

Esto permitirá la operación manual de los equipos en caso de falla del control central.

La iluminación será controlador por medio de un tablero independiente, de forma manual, esto debido a que el mantenimiento o reparación podrá ser durante el proceso normal v la interrupción podría efectuar el procesamiento de señal.



La función primordial de los sensores y alarmas es la de señalar el estado de la planta en funcionamiento, indicadores en caso de emergencia o desperfecto y como indicadores, en la puesta en marcha y prueba de la planta.

El primero sensor-alarma es el de un circuito típico del circuito integrado LM555, cuya señal se encuentra interrumpida por un actuador mecánico constituido por una veleta que está unida a un interruptor. La veleta cambia de posición al variar el flujo, esto permite que cuando este baje se active una alarma en el control central y se interrumpa el funcionamiento de la planta.

Este circuito es un generador de pulso, diseñado para el control de operaciones externas como oscilador o señalador, es compatible con las señales TTL. Su ciclo de funcionamiento es estable de acuerdo al circuito de funcionamiento propuesto (fig IV.1 ver plano L-1).

Voltaie de alimentación: 5 a 15 V  
Corriente requerida:  $I_{cc} = 3 \text{ mA}$   
Tiempo de respuesta: 30 ns a 20  $\mu\text{s}$   
Temperatura de operación: -55 a 125°C

La alimentación se da por medio de una batería de NiCd de 9 volts, cargada por un juego de celdas solares individuales, que están conectadas en serie.

Existen dos alarmas de funcionamiento individual, que operan a 120 volts (la alimentación de la planta es de 110 V, por este efecto no existe alteración en la operación de estas), las cuales están ubicadas en el tanque de carbón activado y tanques de gas cloro.

En el tanque de carbón activado, la alarma es activada por un microprocesador independiente, que controla el funcionamiento total de este, sin embargo la señal de este se monitorea en el control central.

Las condiciones de operación serán: 120 volts corriente alterna a 60 Hz.

Para que el tanque opere a:  
Presión de trabajo interna: 20-30 psi  
Temperatura de trabajo: 2 a 45°C  
Humedad relativa: hasta 95%

Así como efectuar el retrolavado, basado en una válvula gobernada por un temporizador de renovación de carbón.

La alarma de los tanques de cloración, monitorea en 8 puntos, posibles daños o fugas. Cabe señalar que el punto crítico de los tanques es el cabezal de descarga, el cual, es necesario revisar periódicamente.

El sistema de autocambio permite relevar los tanques automáticamente, pero de forma tal que en caso necesario, el cambio se hará manualmente.

El funcionamiento general de esta alarma, estará monitoreada por el control central.

Finalmente se cuenta con una alarma de nivel basada en un sensor óptico de reflejo, cuya señal está conectada al control central, como monitoreo de que el efluente es regular.

Sus características son las siguientes:

Tipo: retrorreflectivo  
Voltaje de operación: 10 VDC  
Consumo de corriente: 40 mA MÁXIMO  
Distancia de sensor: 1.2 mts  
Tipo de luz: pulso modulado infrarrojo (led-reflector)  
Modo de operación: complementaria en encendido  
Sensibilidad ajustable  
Temperatura de trabajo: -25 a 55°C  
Peso: 50 gramos  
Normas cumplidas: UL,NEMA,CSA  
Montaje: superficial, fijado por tornillo, material plástico.

La alimentación es similar al LM555, su funcionamiento se esquematiza en la fig. IV.2.

El sensado óptico, emplea transductores de nivel discreto con un haz de luz entre dos puntos, cuando el nivel del fluido es menor la señal de luz es continua, pero cuando el nivel rebasa el del detector, el haz es refractado, a causa de la densidad del agua, al cambiar la señal se activa la alarma.

#### IV.4) CONTROL CENTRAL POR COMPUTADORA

El sistema de control computarizado, tiene la finalidad de que se monitoree y actúe autónomamente en la planta, sin embargo este no es indispensable.

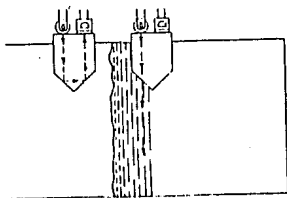
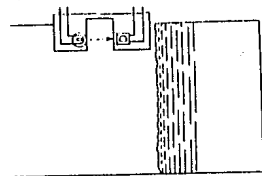
La implicación de este, está en función de un monitoreo remoto, para que así, no exista problema de operación al usuario. Sin embargo, se proyectó el control, adjunto a la planta como una forma de mostrar integralmente el sistema.

Por medio de cable múltiple para conector tipo DB 25 se se colectan las señales de estos y son enviados a la interface periférica programable, la cual empleará sus puertos A y B para el monitoreo y el C para actuación; teniendo ocho canales en A y B y 16 en C.

Basándose en la cifra de control binaria 1001001 = 146 se logra disponer la interface de esta manera.

SENSADO DE NIVEL POR MEDIO OPTICO

FIG. IV.2



Se emplean las señales directamente, porque portan calidad digital desde su origen.

Internamente la interface se conecta a un juego de compuertas NAND, que hacen la distribución de señal a los multiplexores (7465/38) y finalmente a los latches o direccionadores del PPI (Interface Periférica Programable), que conectan las señales multiplexadas al CPU (Unidad Central de Proceso) 8086 o superiores.

#### IV.5) CARACTERÍSTICAS DE CIRCUITOS INTEGRADOS

##### IV.5.1) CIRCUITO 74 LS 138

Este circuito es un decodificador de memoria para sistema de transmisión de alta velocidad.

Este tipo de circuito TTL MSI, es utilizado para la decodificación de memoria o circulación de datos en tiempos muy cortos de preparación, empleándose para minimizar los efectos del sistema de decodificado. Emite de una a ocho líneas, dependiendo de las condiciones de selección binaria, también empleándose como demultiplexor.

Características básicas:

Voltaje de alimentación:  $V_{CC} = 5\text{ V}$

Corriente de alto nivel en la salida:  $I_{DH} = -400\ \mu\text{A}$

Corriente de bajo nivel en la salida:  $I_{DL} = 8\ \text{mA}$

Temperatura de operación:  $0\text{ a }75\ ^\circ\text{C}$

Tiempo de selección de señal:  $20\ \text{ns}$ .

##### IV.5.2) CIRCUITO 74 125

Este circuito es un buffer direccionador de compuerta cuádruple con salida de tres estados.

Por medio de este circuito se direccionan los datos obtenidos de acuerdo al código de señal que se establece en el procesado de información.

Características básicas:

Voltaje de alimentación:  $V_{CC} = 5\ \text{V}$

Corriente de alto nivel en la salida:  $I_{DH} = -5.2\ \text{mA}$

Corriente de bajo nivel en la salida:  $I_{DL} = 16\ \text{mA}$

Temperatura de operación:  $0\text{ a }70\ ^\circ\text{C}$

#### IV.5.3) CIRCUITO 74 00

Este circuito consta de compuertas NAND cuádruples de entrada positiva; las cuales permiten hacer la circulación de señales de acuerdo a un orden lógico, simulando un sistema de semáforos, esto permite el orden avanzado del intercambio de señales sin que exista mezcla de información.

Características básicas:

Voltaje de alimentación:  $V_{CC} = 5 \text{ V}$

Corriente de alto nivel en la salida:  $I_{OH} = -400 \mu\text{A}$

Corriente de bajo nivel en la salida:  $I_{OL} = 16 \text{ mA}$

Temperatura de operación:  $0$  a  $70^\circ \text{C}$

#### IV.5.4) INTERFACE PERIFERICA PROGRAMABLE 8255 A

Este circuito ha sido diseñado para el manejo programado de la entrada y salida de información con microprocesadores, como los indicados en la sección anterior.

Contiene 24 pines de entrada o salida, los cuales pueden ser programados individualmente en grupos de 2 ó 12 v empleando tres modos de operación a seleccionar. En el primer modo (modo 0) cada grupo de 12 pines puede ser programado en paquetes de cuatro para acceder o dar información. En el modo 1, cada grupo puede programarse como ocho líneas de entrada o salida, de esto un arreglo de cuatro pines tendrá tres para el manejo e interrupción de la señal control. El tercer modo (modo 2) es un multiplexador bidireccional, empleando ocho líneas para ello y un arreglo de cinco líneas de otro grupo para el manejo de control.

Cabe señalar que se empleará el modo 1, las características generales del circuito son las siguientes:

Voltaje de alimentación:  $V_{CC} = 5 \text{ V}$

Corriente de carga de entrada:  $I_{IH} = 10 \mu\text{A}$

Corriente de operación:  $I_{CC} = 120 \text{ mA}$

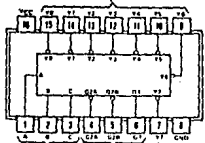
Temperatura de operación:  $0$  a  $70^\circ \text{C}$

La siguiente figura (IV.3), describe la función de señal de cada pin en cada circuito integrado.

Cabe hacer notar que los pines 5 y 36 del PPI (IORD, IQWR) nos permiten hacer el distintivo de monitoreo y actuación directamente al CPU.

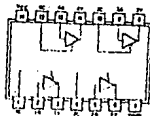
El arreglo y su conexión se esquematizan de la siguiente forma (ver plano L-1).

SALIDA DE DATOS



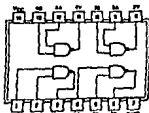
SELECTOR  
HABILITADOR SALIDA

74 LS 138



SN54125/SN74125(I, N, W)

74 125



SN5400/SN7400(L, N)  
SN5400/SN7400(L, N)  
SN5400/SN7400(L, N)  
SN5400/SN7400(L, N, W)  
SN5400/SN7400(L, N, W)

74 00



8255A

FIG IV.3 CIRCUITOS INTEGRADOS

El control se puede complementar por medio de software, pero se opta por el medio de Hardware debido a su sencillez, aún cuando las distancias son mayores a 20 metros, en algunos casos, la caída de señal no es mayor al 3%, siendo confiables las lecturas.

#### IV.6) INDICE DE SEÑALES.

ELEMENTO	PUERTO-PPI	SENSOR/CONTROL
Motor 1 aerador	A0/C0	M/A
Motor 2 aerador	A1/C1	M/A
Bomba recirculación	A1/C1	M/A
Bomba cloración	A2/C2	M/A
Motor rastras	A0/C0	M/A
Compuerta desarenador	A3/C3	M/A
Compuerta s. primario	A4/C4	M/A
Compuerta s. secundario	A5/C5	M/A
Control carbón act.	B0	M

Continuación:

Alarma flujo (LM555)	B1	M
Alarma cloración	B2	M
Alarma nivel	B3	M
Alarma sistema de alimentación de emergencia	A6/C6	M/A
Monitoreo de iluminación Independiente		M/A

Notas: A, B o C puertos de la interface empleados

M = señal de monitoreo

A = señal de actuación

De acuerdo a la posición de las indicaciones de puestos con respecto a las de sensor/control, será el tipo de señal que corresponda a ese puerto.

La nomenclatura de los circuitos integrados es la empleada convencionalmente para la fabricación de estos a nivel mundial.

## CAPITULO V

### FACTIBILIDAD ECONOMICA.

#### V.1) ESPECIFICACION.

El fundamento económico es primordial para cualquier proyecto: este concepto será manejado en forma directa por la relación costo-rentabilidad.

El costo directo será determinado a partir de las cotizaciones de material y equipo incluyendo los impuestos que estos impliquen.

Por ser considerada una obra de beneficio social, no se considerarán impuestos prediales y sobre la renta.

La operación será realizada por los mismos beneficiados en comunidad, y el único costo que obrará, será el tiempo de capacitación estimado en un mes.

La puesta en marcha, así como el transporte e instalación (incluyendo manejo de grúa y mano de obra), serán consideradas de manera independiente.



## V.2) INVERSION TOTAL PARA LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA.

### SISTEMA DE CONSTRUCCION

CONCEPTO	CANTIDAD	COSTO
Canal de polietileno	1 mts	45
Filtro polipropileno 20 micras	1	12
Tubería de polipropileno 3 in diám.	12 mts	12
Silo desarenación	1	1800
Silo sedimentador primario	1	1900
Silo sedimentador secundario	1	24100
Tanque espumación	1	33768
Tanque aereación	1	52800
Tubería de PVC 12in diám.	25 mts	250
Lecho de lavado v grava	3 ka	110
Malla de pretratamiento v cubierta	1	100
Recubrimiento para polietileno	40	756
Criba de solera 1/4 in	1	100
Compuerta de canal	2	2000
Tanque de carbón activado	1	5750
Tubería para cloración	1 mts	20
Equipo de cloración	1 lote	10350
Tanque de gas cloro de 68 ka	2	200
Tubería acero comercial v acces. 1in	11 mts	200
Tubería acero comercial v acces. 1.25in	6 mts	250

### MOTORES Y ALIMENTACION

Aereador de 1 HP	2	13662
Motor con reductor 1/8 HP	1	150
Bomba recirculadora de lodos 1/2 HP	1	300
Bomba dosificadora de cloro 3/4 HP	1	1500
Celda solar 1.5 V. 400 $\mu$ A	20	240
PÁneles solares 53 watts	261	231184
Controlador de alimentación	1	4000
Juego de baterías NiCd especiales	1	5000
Cable 8 AWG	50 mts	350
Cable 14 AWG	100 mts	200
Cable 10 AWG	100 mts	220
Inversor DC/AC	1	4000
Lámpara de intemperie 13 watts	24	600
Cepa de tierra física	1	200
Poste para iluminación de 3.5 mts	6	400
Planta de emergencia	1	3500

### EQUIPO DE CONTROL

Cable multinar para telefonía	100 mts	300
Circuito de alarma (influyente) (continuación).	1	15
Relevadores	10	1500

Sensor de nivel	1	30
Tablero de iluminación	2	20
Fusibles y gabinetes de cuchillas	10	300
Interface de control	1	400
Mecanismos de control de compuertas	3	400
CPU 80286 1 MB RAM	1	3500
Desarrollo de software	1	500

Observaciones:

Los costos están dados en miles de pesos.  
 - Las cantidades sin unidad especificada, se cuantifican en piezas.

Los precios fluctúan con el tiempo y proveedor. este caso se tomó a mediados de 1991.

El costo directo presentado asciende a \$439'078.000.00

V.3) COSTOS Y COTIZACION DEL AGUA.

La justificación económica del sistema se puede encontrar basada en la siguiente expresión:

Costo del metro cúbico = inversión / producción anual \* vida útil la planta.

Ec. V.1

De acuerdo al análisis de inversión total presentado anteriormente, se puede decir que el costo directo de la planta es de \$ 440 millones de pesos.

Aunado a este costo tenemos costos complementarios, a este, que sumados nos dan la cifra de inversión total. Esto se presenta de la siguiente forma (cifras expresadas en miles):

Costo directo de la planta	440000
Capacitación a cooperativa campesina	3000
Manejo de la planta	700
Pruebas de arranque	1000
Gastos de mantenimiento	1000

Inversión total \$ 445700

El gobierno municipal se hará cargo de la administración de la planta, puesto que esta es una obra de beneficio público.

Se debe tomar en cuenta que la comunidad en que se ubique la planta, dará uso al agua durante todo el año; el sistema se puede adaptar en sitios de temporal, para garantizar la lámina de agua necesaria.

El factor de energía solar aumenta considerablemente el costo de la planta. Esta inversión se compensa con la durabilidad y autonomía de la energía de las líneas convencionales, además de

no implicar impuestos.

Aplicando la ecuación V.1, expresando la producción por año en metros cúbicos por año y la vida útil de forma anual, tomando en cuenta el tiempo de vida útil de instalaciones y equipo, que en este caso se depreciarán a diez años, va que es el tiempo de vida útil general de toda la planta.

$$CMC = 445.7(10)^{-6} / (86.4 \text{ m}^3/\text{d} * 350 \text{ d/año} * 10 \text{ años}) =$$

$$CMC = \$ 1473.88$$

Por lo tanto el valor de rescate por metro cúbico será de \$ 147d.

La planta funcionará 350 días al año por su mantenimiento, sin embargo es importante mencionar que la producción de agua será de 30240 m<sup>3</sup> anuales.

Por lo tanto es posible cubrir las demandas de riego en cultivos como el maíz forrajero cuya demanda de agua por cada temporada de 150 días es de 10500 m<sup>3</sup> por hectárea; o garantizar 350 mm de lámina de agua para trigo de temporal.

Aún cuando la infraestructura es cara, en sitios donde el pago de agua, derechos de perforación y toma de oranja sean altos es factible hacer un estudio comparativo, se debe recordar que este es sólo un prototipo y el fin de esta investigación es mostrar este como una futura alternativa.

## CONCLUSIONES

Los resultados arrojados por la investigación, demuestran que es factible la construcción de plantas de tratamiento paquete, para riego en comunidades rurales aisladas, aún cuando se deben observar dos grandes limitaciones, la primera, que es el transporte y la segunda y principal, que es el costo de la construcción, dicho costo, como se sugiere es posible de absorber, como en una planta convencional, es también necesario observar la situación del terreno donde se ubicará la planta, ya que ésta se debe de preparar para la ubicación de las instalaciones, sin embargo, pueden existir variantes a esta, sin alterar el proceso, alimentación eléctrica y manejo de señales.

Este proyecto presenta un prototipo basado en un influente definido, y al cambiarse pueden llegar a alterarse algunas características físicas de las descritas, sin embargo, el manejo del proceso puede llegar a ser similar, o en su caso, el adicionar o retirar procesos de la planta, que puede manejar la misma filosofía de construcción y operación.

La forma básica de este prototipo, nos da también una idea funcional de mecanismos, para usos en favor del medio ambiente, ahorro de energía y disposición de ella de manera no convencional y de favorecimiento al agro, aún cuando el proceso puede alterarse para otros fines.

Finalmente existen algunas sugerencias que hacer, acerca de las innovaciones que puede tener la planta, primeramente un sistema de contención más eficiente, por medio de un tanque y distribución dividida a la contención en un tanque especial de agua recirculada, para que sirva como colector solar, de mayores dimensiones y más económica que la instalación de colectores, aún más, que el proceso de tratamiento fuese para dar calidad de agua para colectores solares.

Finalmente se pueden realizar innovaciones en cuanto al proceso para que este sea más eficiente y de menor costo, en base a las pruebas de laboratorio.

Es necesario estar consiente que este tipo de proyectos son necesarios, por las necesidades de agua existentes, la necesidad de generación eléctrica, de manera no convencional y la preservación del medio, basándose en aprovechar los recursos de éste, impactando en menor medida el habitat natural.

## BIBLIOGRAFIA

Blank, Leland v Anthony Tarquin  
Ingeniería económica  
Mc Graw-Hill  
Segunda edición. México 1987

Catálogo Intel  
Microcommunications  
U.S.A. 1988

Catálogo Johnson Controls  
Pneumatic and Electronic Controls for Building Systems  
6th. edition  
U.S.A. 1989

Catálogo Johnson Controls  
Control Products Catalog  
5th. edition  
U.S.A. 1989

Catálogo Lumicon  
Luminarias  
México 1981

Catálogo National Semiconductor Corporation  
Data acquisition. Linear devices  
U.S.A. 1989

Catálogo National Semiconductor Corporation  
Linear Databook 1  
U.S.A. 1988

Catálogo National Semiconductor Corporation  
Linear Databook 3  
U.S.A. 1988

Catálogo Ocelco  
Bombas  
México 1978

Catálogo Omron  
Host Link Unit. Operation manual  
U.S.A. 1988

Catálogo Omron  
Photoelectric Sensors. Proximity Sensors & Sensor Controllers  
U.S.A. 1988

Catálogo Reacondicionamiento de Agua. s.a. de c.v.  
Sistemas de Asociación "Aire-O2"

México, D.F. 1990

Catálogo Sab-Nife de México, s.a. de c.v.  
Rectificadores, Cargadores de baterías y Consolas batería  
México 1980

Catálogo Sistemas Corporativos Capitol, s.a de c.v.  
Equipo de Cloración e Instrumentación Industrial  
México 1989

Catálogo Squere D  
Interruptores de Seguridad Tipo Navaja  
México 1989

Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos  
Instituto Francés para América Latina  
Revista Trace #11, mayo 1991  
México

Corzo, Miguel Angel  
Introducción a la Ingeniería de Proyectos  
Editorial Limusa-Noriega  
México 1990

Eddy & Metcalf  
Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales  
Editorial Labor, s.a.  
México 1989

Enrich, Stanley W.  
Cryogenic Systems Piping Handbook  
Mc Graw-Hill  
5th. edition  
U.S.A.

Enriquez Harper, Gilberto  
Fundamentos de instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta  
Tensión  
Editorial Limusa-Noriega  
México 1990

Falcón, Cesar  
Manual de Tratamiento de Aguas Negras  
Editorial Limusa-Noriega  
México 1990

Frias Mendoza, Antonio  
Tratamiento de Aguas Residuales  
Instituto Mexicano del Petróleo  
México 1987

Gambashi, M.A.

Aprovechamiento Agrícola de Aguas Negras Urbanas  
Editorial Limusa  
México 1985

Mataix, Claudio  
Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas  
Editorial Harla  
México 1982

Mendoza Márquez, Héctor  
Tratamiento de Aguas Residuales Municipales, Industriales y  
Reusos  
División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería,  
U.N.A.M.  
México 1990

Merriman, Mansfield  
Treatise on Hydraulics  
John Wiley & Sons  
Inglaterra 1910

Mompín Poblet, José  
Energía Solar Fotovoltáica  
Ediciones Orbis  
España 1986

Montgomery, Richard H.  
Energía Solar. Selección del Equipo. Instalación y Aprove-  
chamiento  
Editorial Limusa  
México 1986

Navarro Campos, Juan Francisco  
La Energía Solar en la Edificación  
México 1986

Ogata, Katsuhiko  
Dinámica de Sistemas  
Prentice Hall Hispanoamericana  
México 1987

Petrucci, Ralph H.  
Química General  
Fondo Educativo Interamericano  
México 1984

Popov, Egor P.  
Introducción a la Mecánica de Sólidos  
Editorial Limusa  
México 1986

Ramalho, R. S.  
Introduction to Wastewater Treatment Proces  
Faculty of Science & Engineering  
Haval University

Quebec, Canada

Ramírez Vázquez, José  
Manual de Reparación de Máquinas de Corriente Alterna  
Ediciones Cear  
España 1982

Roldán Vitoria, Jose  
Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada  
Editorial Paraninfo  
España 1986

Streeter, Victor L. y E. Benjamin Wylie  
Mecánica de los Fluidos  
Mc Graw-Hill  
México 1987

Varios  
Diseño con Circuitos Integrados TTL  
CECSA  
México 1986

Varios  
Guía para la Asistencia Técnica Agrícola  
Area de Influencia del Campo Agrícola  
Experimental, Valle de México  
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos  
México 1981

Varios  
Manual Crane  
U.S.A. 1987

Waterbury, Robert C.  
Transmitter Keys Hydrostatic Gauging  
Revista Intech, Julio 1990  
Instrument Society of America, U.S.A.

White, Frank M.  
Mecánica de Fluidos  
Mc Graw-Hill  
México 1985

Winkler, Michael  
Tratamiento Biológico de Aguas de Desecho  
Editorial Limusa  
México 1989.