



# Universidad Nacional Autónoma de México

---

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA  
CAPACIDAD: 325 L.P.S.

## Tesis Profesional

Que para obtener el Título de  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a

JOSE FERNANDO RAFAEL ISLAS AGUIRRE

MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

I N D I C E

INTRODUCCION.

- CAPITULO I : Especificaciones generales para la elaboración del Proyecto de construcción de la Planta Potabilizadora del Puerto Industrial de Altamira Tamps.
- CAPITULO II : Diseño y dimensionamiento de equipos convencionales.
- a) Medición de agua cruda.
  - b) Líneas de conducción de agua cruda tra. etapa y preparación para la etapa final.
  - c) Clarificación (decantación).
  - d) Filtración.
  - e) Dosificación de químicos.
  - f) Cloración (Pre-Post).
  - g) Equipo de Bombeo.
  - i) Agua de servicio.
  - ii) Agua de retrolavado.
  - iii) Agua de presión para cloración.
  - h) Instructivo del laboratorio de la Planta Potabilizadora. (Informativo)
- CAPITULO III : Planos de conjunto general.  
Planta cortes y elevaciones.
- CAPITULO IV : Manual de operación y mantenimiento.
- CAPITULO V : C o s t o s .
- a) Producción de agua potable por metro cúbico.
  - b) Costo total.

C O N C L U S I O N E S .

B I B L I O G R A F I A .

## INTRODUCCION:

México, con una población de 70 millones de habitantes, con el más alto producto interno bruto de Latinoamérica y ubicado entre los 20 más elevados del mundo, siendo el cuarto productor de petróleo en el mundo y contando con instituciones sociales con más de 60 años de estabilidad, está considerado como una potencia media.

Nuestro crecimiento de población esta entre los más elevados del mundo ( 3.2 el año pasado), lo cual siendo en cierto aspecto negativo en lo que se refiere al caso de tratamiento de aguas, representa un enorme potencial de crecimiento.

Se ha estimado que nuestra población se incrementará en los próximos 2 años en 75 millones de habitantes, en 4 años a 80 millones, en 6 años a 85 millones y en los próximos 8 años alcanzará la cifra de 90 millones de habitantes.

En los últimos 12 años ha sido bien reducido lo que el Gobierno Mexicano ha podido realizar en materia de agua potable y de tratamiento de aguas residuales urbanas, debido principalmente al paternalismo que existía en este renglón (las cuotas que se pagaban eran sumamente bajas e incosteables).

El siguiente cuadro da una idea más objetiva de los niveles actuales de servicio, de los déficit por atender en 1982, y de los que habrá que atender hacia 1990.

---

NIVELES DE SERVICIO

Tipo de Servicio	actual 1981 %	Déficit En habitan tes 1982.	Población a servir en 1990 Habitantes
Agua Intradomiciliaria	55%	30 millones	48 millones
Agua potable	40%	42 millones	60 millones
Agua residual con tratam.	7%	67 millones	85 millones
Agua residual Industrial	2%	Existen aproximadamente - 160,000 Industrias en la Repú blica Mexicana.	

---

El próximo régimen de Gobierno ha declarado oficialmente, fijarse como meta la autosuficiencia de este tipo de servicios públicos ( agua y electricidad ).

En materia de agua potable la presión política sobre el Gobierno es muy fuerte, debido al incremento de la demanda por la explosión demográfica y a los bajos niveles actuales de servicio. El presidente electo Lic. Miguel de la Madrid Hurtado, ha declarado que habiendo sido este problema un común denominador de las demandas escuchadas durante su campaña, el agua potable y el tratamiento de las aguas residuales urbanas, recibirán atención prioritaria durante su Gobierno al que llamó "Sexenio del Agua".

Por otra parte, la necesidad de construir en el futuro inmediato plantas potabilizadoras, se incrementará considerablemente con respecto al pasado, debido a que las fuentes de abastecimiento cómodas, como pozos y manantiales, han sido ya casi en su totalidad aprovechados, haciéndose necesario recurrir a las aguas superficiales.

En las aguas residuales urbanas el mercado es casi virgen y la explosión demográfica agrava cada día más los ya serios problemas de contaminación. En la actualidad son pocas las plantas que se han construido de este tipo, ubicadas principalmente en centros turísticos ó en algunos sitios donde las demandas industriales

y/o de riego han tenido que resolverse de esta manera. Por esto - la mayoría parte de las plantas construídas carecen del tratamien- de lodos.

Por lo que respecta al mercado del agua resi- dual industrial, él mismo es practicamente virgen y son contadas - las industrias que han instalado planta de tratamiento.

El primer reglamento para la prevención de - la contaminación, que data de mayo de 1973, es benevolente, y está siendo modificado por uno más estricto que establece sanciones que podría llegar a provocar el cierre de fábricas.

Se han creado y se seguirán creando "Distri- tos de Prevención de la Contaminación" en diversas zonas de la Re- pública, representando ésto importantes posibilidades de ventas.

Por lo que se refiere al mercado industrial- "Agua de Proceso" es muy probable que el incremento que venía re- gistrándose se vea disminuído en los próximos 2 años, ya que el - crecimiento del sector industrial en este período se verá contraí- do con excepción quizá del área siderúrgica, eléctrica, petrolera- y de fibras sintéticas.

Habiendo presentado un panorama general de- lo extenso del mercado sobre tratamiento de aguas; estoy exponien-

do a ustedes un proyecto de una planta potabilizadora la cual he dividido en diferentes etapas para un mejor entendimiento.

En el primer capítulo se mencionan las características generales del proyecto deseado; así como las propiedades físico-químicas del agua para proponer un tratamiento; en el segundo capítulo se proyecta y dimensionan los equipos; en el tercer capítulo se presentan los Planos de conjunto general, elevación planta y cortes; en el cuarto capítulo se prepara un breve instructivo de manual de operacio, y por último en el quinto capítulo se preparan los costos, total y el precio por metro cúbico del agua.

CAPITULO I : Especificaciones generales para la elaboración del Proyecto de Construcción de la Planta Potabilizadora del Puerto Industrial de Altamira, -- Tamps.

### 1.1.1. A N T E C E D E N T E S .

El crecimiento urbano del Puerto de Altamira, Tamps., se contempla generando etapas, en función de las cuales será necesario suministrar los caudales de agua potable que cada una de ellas demande.

Obviamente, deberán modularse la captación y la propia Planta Potabilizadora, para que manejen adecuadamente los volúmenes de agua requeridos.

La fuente de captación seleccionada la constituye la Laguna de Champayán, desde la cuál mediante una obra de toma una estación de bombeo y dos líneas de presión ( inmediata y futura ) se conducirá el agua cruda a la Planta Potabilizadora.

Por lo que concierne a las características Físico-Químicas y bacteriológicas del agua a tratar más adelante se anexa un estudio que incluye los análisis correspondientes a un año de observación, asimismo las conclusiones del mencionado estudio.

1.1.2 A continuación se describen los datos de proyecto que deberán regir el diseño y la construcción de la citada instalación y las etapas relativas de acuerdo con las poblaciones a servir en cada una de ellas en lo que respecta a su continuidad por acumulación de habitaciones.

DATOS DEL PROYECTO.

<u>C O N C E P T O</u>	<u>E S P E C I F I C A C I O N E S</u>
Población de proyecto.	379 200 habitantes.
Dotación	250 L.P. hab x día.
Coef. de var. diaria y hor.	1.2 y 1.5
Gasto medio diario	1097.2 L.P.S.
Gasto máximo horario.	1975,0 L.P.S.
Fuente de abastecimiento.	Laguna de Champayán.
Calidad de agua.	Turbiedad y color en las épocas de lluvias  Dureza en épocas de estiaje.
Proceso de Potabilización.	Clarificación (sulfato de aluminio y cal) en unidades convencionales de mezcla, floculación, sedimentación y filtración rápida (Hexametafosfato de sodio y cloro en pre y post cloración).
Sistema	Bombeo y gravedad.
Diseño	Cuatro módulos con capacidad unitaria de 325 L.P.S. y total de 1300 L.P.S.

ETAPAS DE CONSTRUCCION Y POBLACIONES SERVIDAS  
TABLA I-1

CONCEPTO	1/a ETAPA	2/a ETAPA	3/a ETAPA	4/a ETPA	TOTAL
Población	16 200	71 900	49 600	241 500	379 200
Dotación: L.P.H.D.	250	250	250	250	250
Gasto medio: diario L.P.S.	46.9	208.0	143.5	698.8	1097.2
Gasto diario acumulado L.P.S.	56.2	305.9	478.1	1316.6	1316.6
Gasto máximo horario L.P.S	84.4	374.5	258.3	1257.8	1975.0
Gasto máximo diario	56.2	249.7	172.2	838.5	1316.6

CARACTERÍSTICAS	PARAMETROS	LAGUNA DE ALTAMIRA, TAMPO. (CHAMPAYAN) ESTACION DE MUESTREO O.T.M. 200 8300												PROMEDIO
		FECHAS DE MUESTREO												
		26-I-78	14-III-78	5-III-78	17-IV-78	2-V-78	6-VI-78	5-VII-78	1-VIII-78	4-IX-78	4-X-78	7-XI-78	7-XII-78	
FÍSICO	Turbiedad (U.T. ). Norma 10 Max.	10.5	9.8	37.0	37.5	34.5	10.0	5.0	6.7	5.0	1.8	1.8	3.6	13.6
	Sol. totales (mg/l) Norma (500-1000)	718	690	767	901	841	1018	740	771	653	307	705	708	743.5
	Sol. Susp. totales (mg/l)	29	18	36	53	55	21	15	20	4	5	1	8	
	Sol. Totales fijos (mg/l)	565	443	524	620	650	797	572	566	573	261	375		
	Sol. Suspendidos fijos (mg/l)	13	9	28	35	41	15	11	15	3	21	21	21	
	Sol. Totales volátiles (mg/l)	153	247	243	281	161	225	176	205	80	136	330		
	Sol. Suspendidos volátiles (mg/l)	16	9	8	15	24	6	4	5	1	5	1	8	
	Color (C. Color P-Co) Norma : 20	30	35	45	35	40	30	30	30	30	30	25	25	
	Conductancia Especifica	1017	995	1077	1180	1314	1340	990	1002	920	575	945	1004	
Temperatura	17	18.5	22	25	27.5	29	30	29	30	29	24.5	23.5	25.4	

CARACTERÍSTICAS	PARAMETROS	LAGUNA DE ALTAMIRA, TAMPAS. (CHAMPAYAN) ESTACION DE MUESTREO OIRM 26 BA00300C2											PRO- ME- DIO.	
		FECHAS DE MUESTREO												
		26-I-78	14-II-78	15-III-78	17-IV-78	2-V-78	6-VI-78	8-VII-78	1-VIII-78	4-IX-78	4-X-78	7-XI-78		1-XXI-78
QUÍMICOS.	Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) (mg/l Norma 250 mg/l máx (Disueltos)).	112	104	151	159	224	433	292	289	227	195	129	150	
	Fosfatos totales PO <sub>4</sub> mg/l	0.01	0.02	0.04	0.04		0.02	0.02		0.03	0.02	0.02	0.02	
	Detergentes ( SAAM) mg/l.	0.09	0.08	0.04	0.12	0.04	0.05	0.02	0.05	0.08	0.02	0.21	0.11	
	Oxígeno Disuelto (mg/l ) Norma mg/l min	7.0	5.7	3.6	3.2	2.9	2.4	2.9	3.9	1.7	2.4	3.0	3.3	
	Demanda bioquí- mica de oxígeno DBO mg/l	1.8	1.6	4.5	4.2	1.2	2.5	2.5	2.0	0.9	2.6	1.6	-	
	Demanda bioquí- mica de oxígeno (DBO) mg/l	31	37	36	55	53	35	22	29	23	27	28	27	
CARACTERÍSTICO.	Coliformes tota- les (NMP/100 ml) NORMA 20	490	1700	490	300	9200	1100	790		3500	54000	1300	2200	

CARACTERÍSTICAS	PARAMETROS.	LAGUNA DE ALTAMIRA, TAMPS (CHAMPAYAN) ESTACION DE MUESTREO OITAM26BAC030002											PRO- ME- DIO	
		FECHAS DE MUESTREO												
		26-I-78	14-II-78	13-III-78	17-IV-78	2-V-78	6-VI-78	5-VII-78	1-VIII-78	4-IX-78	4-X-78	7-XI-78		7-XII-78
QUÍMICOS	P.H. (Norma 8.0 max).	7.9	7.8	8.0	7.8	7.4	7.4	7.7	7.5	7.6	7.4	7.6	7.6	7.68
	Nitrogeno amoniacal (mg/l) :- Norma 0.5 mg/l máx ).	0.02	0.02	0.02	0.05	0.12	0.07	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	
	Nitrogeno Orgánico ( mg/l ) Norma: 0.1 mg/l máx.	0.28	0.42	0.50	0.59	0.50	0.04	0.29	0.30	0.25	0.21	0.28	0.29	
	Dureza de Ca ++ como CaCO <sub>3</sub> mg/l	196.5	207	207.5	167.5	203.5	322.5	240	229	204.8	139.5	179	212.5	210.8
	Nitrogeno de nitratos ( mg/l ) (Normas 5 mg/l máx )	0.18	0.35	0.16	0.14	0.08	0.11	0.33	0.37	0.09	0.24	0.39	0.09	
	Alcalinidad total como CaCO <sub>3</sub> mg/l ( Norma - 400 mg/l máx. )	184	169	146	128	123	135	123	93	122	113	128	148	134.33
	Dureza total como CaCO <sub>3</sub> (mg l ) Norma 300 mg/l máx.	258	302	287	332	352	520	376	370	305	219	258	307	326.33
	Cloruros (cl) mg/l Norma 250 mg/l máx ( disueltos)	153	159	146	185	191	92	73	83	94.9	54.9	156	155	

CARACTERÍSTICAS	LAGUNA DE ALTAMIRA TAMPS. (CHAMPAYAN) ESTACION DE MUESTREO OITM26B0030002.												PROMEDIO.	
	PARAMETROS													
	FECHAS DE MUESTREO													
	20-II-73	14-III-73	15-III-73	17-IV-73	2-V-73	6-VI-73	5-VII-73	1-VIII-73	9-IX-73	4-X-73	7-XI-73	7-XII-73		
INDICE DE LAUGELIER	Indice de Langellen PH <sup>o</sup> PHs	+ 0.25 (In - crustante).	+ 0.14 (In - crustante).	+ 0.03 Incrustante	+ 0.08 Incrustante	+ 0.2 Incrustante	0.05 corrosiva	0.15 Incrustante	0.2 corrosiva	0. (agua estabulizada).	0.36 corrosiva	0.15 corrosiva	0. estabilizada	+ 0.03 Incrustante.
OBSERVACIONES. El 80% de las lluvias se producen durante el período de junio a octubre, con un máximo en septiembre. En abril, mayo y junio se tienen las mayores evaporaciones con un máximo de abril a octubre las temperaturas elevadas. Se sugiere que se lleven a cabo muestreos periódicos en puntos cercanos a la estación (Altamira) -- OITM26B0030002 para evaluar con mayor seguridad la calidad del agua y el comportamiento de la laguna (capacidad de dilución, turbiedad, evaporación etc), en la zona de captación.														

COMENTARIOS CON RESPECTO A LOS ANALISIS DISPONIBLES

De acuerdo con la información que consignan los análisis físico - químico y bacteriológico disponibles, se concluye que los valores de turbiedad ocurridos durante los meses de marzo, abril y mayo (37, 37.5 y 34 U.T.J. ), son mayores a los que establecen las normas ( 10 U.T.J. ) por lo que respecta al color, los valores reportados durante todo el año ( 25 a 45 pt. Co. ), rebazan el límite ( 20 Pt. Co. ); la dureza total, con excepción de los meses de enero, febrero, marzo, -- septiembre, octubre, noviembre y diciembre es alta.

La norma indica un valor máximo de 300 mg/lt., como Ca. CO<sub>3</sub>, y en los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto los análisis 332, 352, 376, 370 mg/lt, como CaCO<sub>3</sub> y corresponde a dureza de carbonatos ó dureza temporal.

Las descargas de aguas residuales de Altamira, Tamps., afectan las características bacteriológicas de las aguas de la Laguna de Champayán, ya que la norma vigente de coliformes - totales NMP/100 ml., es de 20 y las pruebas bacteriológicas indican valores que van de 490 a 54 000.

Finalmente con base al índice de Langelier se establece que el agua tiene propiedades incrustantes durante los meses de enero a mayo y julio, corrosivos en junio, agosto, octubre y noviembre, manteniéndose estable en septiembre y diciembre.

#### 1.1.4. CONCLUSIONES.

El proceso de potabilización deberá concretarse a clarificación para remover turbiedad y color durante los meses del año que así se requiera. No se recomienda a blandamiento por que la dureza total ocurrida que es considerable ( 520 mg/lt como  $\text{CaCO}_3$  ) se presenta solo una vez al año en junio, no siendo costeable el tratamiento.

En cuanto a las propiedades corrosivas e incrustantes del agua se sugiere estabilización con hexametáfosfato de sodio y por lo que respecta a la contaminación de la Laguna es indispensable que las aguas residuales generadas en Altamira, Tamps., reciban un tratamiento antes del vertido al vaso.

#### 1.2. REQUERIMIENTOS.

##### 1.2.1. L O C A L I Z A C I O N.

La Planta Potabilizadora se localiza en los terrenos de lo que será el Centro de Barrio, ubicado en el extremo-

noroeste del Desarrollo Urbano, con una altura media - sobre el nivel del mar de 20 m.

#### 1.2.2. AREA NECESARIA Y TOPOGRAFICA.

Se necesita una superficie de 1.5 a 2.0 Ha, para la ubicación de la Planta Potabilizadora.

La topografía es prácticamente plana y este determina por la cota 15 m.s.n.m.

#### 1.2.3. GASTOS NECESARIOS.

Primera Etapa.	56,2 L.p.s.
Segunda Etapa.	305,9 L.p.s.
Tercera Etapa.	478.1 L.p.s.
Cuarta Etapa.	1316.6 L.p.s.

#### 1.2.4. ETAPAS DE CONSTRUCCION.

La Planta estará modulada para operar en forma conveniente de acuerdo con las cuatro etapas que se consiguen para el proyecto. Constará de cuatro módulos con capacidad unitaria de 325 L.p.s. y total de 1300 L.p.s.

#### 1.2.5. CALIDAD DEL AGUA POTABILIZADA.

La turbiedad del agua procesada por la Planta Potabilizadora no deberá ser mayor de una unidad de la escala - sílice y el color no excederá de 2 unidades de la es

cala platino cobalto.

En cuanto a las demás características físico - químicas y bacteriológicas del agua proporcionada por esta instalación, se tendrá en cuenta que lo que consigna - el Reglamento Federal sobre obras de provisión de Agua Potable de la Dirección de Ingeniería Sanitaria de la S.A.A., publicado en el Diario oficial del 2 de julio de 1953.

## 2.- P R O C E S O.

### 2.1. CARACTERISTICAS DEL PROCESO DE POTABILIZACION.

La planta será clarificadora y deberá contar con las unidades necesarias para satisfacer los procesos de - mezcla rápida, dosificación de reactivos ( sulfato de aluminio, cal y probablemente polieléctrolito ), floculación, sedimentación rápida ( lechos de antracita y arena ), así como estabilización ( hexametafosfato de sodio ), y cloro de pre y post-cloración.

### 2.2. UNIDADES DE TRATAMIENTO.

Las unidades de tratamiento deberán sujetarse a las - siguientes especificaciones.

#### 2.2.1 C A P A C I D A D.

La capacidad nominal de las unidades de tratamiento de - berá ser de 325 L.P.S.

### 2.2.2. ALMACENAMIENTO Y DOSIFICACION DE REACTIVOS.

La capacidad de almacenamiento de reactivos en función de la dosificación media será la siguiente:

Cal hidratada.	( 30 p.p.m. )	34 ton. métricas.
Sulfato de aluminio	( 60 p.p.m. )	68 ton. métricas.
Cloro líquido	( 5 p.p.m. )	5.6 ton. métricas.

### 2.2.3. DOSIFICACION DE REACTIVOS.

Para la preparación de las soluciones y suspensiones - de los reactivos químicos a dosificar en la planta se utilizará agua potable.

Por las características de humedad del ambiente en el lugar, la dosificación de sustancias químicas con propiedades higroscópicas se realizará con dispositivos - que no utilicen el sistema de tornillo.

Los dosificadores de productos químicos de tipo volumétrico para sustancias en seco y el número de unidades y sus capacidades será como sigue.

#### PRIMERA A TERCERA ETAPA Y MODULOS ( M - A ) Y ( M - B )

1 Dosificador para sulfato de aluminio con capacidad - de alimentación de 140 Kg/hora y una relación mínima -

de medición de 1: 20.

PRIMERA A TERCERA ETAPA Y MODULOS ( M - A ) Y ( M - B ).

- 1 Dosificador para sulfato de aluminio con capacidad de 140 Kg/hora y una relación mínima de medición de 1: 20.
- 1 Dosificador para cal hidratada con capacidad de 70 Kg/hora y una relación de medición de 1: 20.
- 1 Dosificador de sulfato de aluminio ó cal hidratada con capacidad de 140 Kg/hora y una relación mínima de medición de 1: 20.
- 4 Tanques de concreto de 2,50 x 2.50 m., de base x 2.50 m. de altura con capacidad de 15,60 m<sup>3</sup>, con protección anticorrosiva, dos para la solución de sulfato y dos para la suspensión de cal.
- 3 Equipo de medición y control para la salida de la solución ó suspensión.
- 3 Equipos electro-agitadores con motor independiente de árbol y hélice de acero inoxidable, con sus soportes.
- 2 Dosificadores de gas cloro en solución, ajuste manual, con arranque y parada automáticos, tipo modular, para

una capacidad de 280 Kg/24 horas. Cada unidad estará completa y contará con tablero con dos rotámetros y las respectivas válvulas de operación y control para dosificar en pre y post-cloración.

Se proporcionará un almacenamiento mínima de 3 cilindros cargados de cloro con capacidad de 908 Kg/ (2000 lb), y un medidor inverso para medición del contenido de gas cloro de los cilindros, un montacargas, gancho y bases de apoyo obra el manejo y almacenamiento de los cilindros. Múltiples para conectar tres cilindros y se proveerá espacio para otros 3 cilindros para el gasto futuro.

Cuarta y última etapa, módulos M-C y M-D.

Un dosificador más de cada sustancia química, con las mismas características de los enumerados.

### 3.- PARAMETROS DE DISEÑO DE LA PLANTA POTABILIZADORA.

#### 3.1.1. S E D I M E N T A C I O N.

La sedimentación deberá reunir los siguientes requisitos.:

Tipo	tanque rectangular de flujo vertical con módulos tubulares en las descargas.
------	--

Carga superficial	2	l.p.s. /m <sup>2</sup> .
Longitud máxima de tubos	1	m.
Inclinación	60°	
Número de Reynolds ( NR ).	200	
Tiempo de retención	30	min. ó mayor.
Caudal de vertedores de salida	3.5	L.p.s./m.
Turbiedad máxima.	1000	U.T.

La purga de los lodos sedimentados será interminente - controlada por medio de sistemas de relojería, con válvulas solenoides para operar automáticamente.

Si en una sola unidad se agrupan varios pasos del proceso, el análisis del tiempo de retención, velocidades del agua y carga superficial se hará según las partes que la constituyen, independientemente una de otra,

### 3.1,2, CLARIFICACION.

En el caso de unidades de clarificación en ejercicio de patente, de acuerdo con el párrafo 20-2-01-52 del tomo III de las especificaciones generales y técnicas de -- Construcción de la S.R.H.; las variaciones que propongan los fabricantes a las relaciones señaladas podrán ser aceptadas previo estudio de las mismas y siempre - que garanticen el correcto funcionamiento y eficiencia-

de las unidades de tratamiento.

En todo lo relacionado a este tipo de unidades que no especifique en las presentes normas, se seguirá lo que al respecto señalen las "Especificaciones Generales y Técnicas de Construcción" de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, tomo III Planta Potabilizadora de Aguas - 1962.

El color del efluente de la clarificación no será mayor de 20 unidades de la escala platino - cobalto.

Para servicio de emergencia a la ciudad en caso de falla de energía eléctrica.

Se deberá suministrar un equipo de bombeo para los servicios internos.

La turbiedad del efluente de los filtros no deberá exceder de una unidad en la escala sílica.

Pueden aceptarse proporciones con procedimientos no cubiertos por estas especificaciones, como aquellos que utilizan medios filtrantes múltiples para retener flóculos en todo su espesor y operen con altas tasas de filtración ó bien tengan flujo en dos direcciones.

Siempre y cuando se utilice como uno de los medios filtrantes de la antracita. En todo caso estas proposiciones se aceptarán previo estudio de las mismas y siempre que el contratista garantice debidamente el correcto funcionamiento y eficiencia de la unidad de tratamiento.

La operación de los filtros será manual, pudiendo aceptarse neumática ó eléctrica, por lo que los dispositivos correspondientes deberán ser facil acceso y manejo.

El lavado de los filtros se hará por gravedad, con agua proveniente de las unidades de filtración trabajando en paralelo.

La velocidad máxima de filtración se aplicará cuando se este lavando uno de los filtros, para que no sea necesario sobrecargar las unidades en operación. Los filtros se proveerán de dispositivos de agitación superficial.

Se considerarán indicadores de gasto y pérdida de carga por cada unidad filtrante, si su operación es neumática ó eléctrica, así como el correspondiente dispositivo de limitación del gasto máximo; todos deberán ser simples, eficientes y seguros.

El tanque de aguas potabilizadas tendrá la capacidad suficiente para el servicio de la planta y una capacidad de almacenaje de 8 a 9 horas.

### 3.1.3 F I L T R A C I O N .

La filtración rápida reunirá las siguientes condiciones:

Tipo de filtración.	Rápida de tasa declinante.
Número de unidades mínimas por modulo	5
Carbón de antracita	Limpio de impurezas.
Diámetro efectivo	1.07 a 1.1. mm.
Coef. de uniformidad	1.15 a 1.2
Peso específico	1.55 T/m <sup>3</sup> .
Esfericidad	0.73 a 0.78
Porosidad	0.43 a 0.50
Altura mínima del lecho.	50 a 60 cm.
Arena	Cuarzosa, limpia de impurezas

Diámetro efectivo	0.50 a 0.55
Coef. de uniformidad	1.5 a 1.7
Peso específico	2.65 T/m <sup>3</sup> .
Esfericidad	0.78 a 0.82
Porosidad	0.40 a 0.43
Altura mínima del - lecho	20 a 30 cm.
Grava soporte	Limpia de impurezas.
Tamaños	Depende del falso fondo.
Falso fondo	Losas precoladas, con <u>es</u> preas microrranuradas u- otro sistema.

En caso de utilizarse otro sistema, se incluirá en los lechos de grava el seleccionado para soportar la arena.

La velocidad en canales y tuberías serán las si guientes:

Agua sedimentada	0.6 a 1.0 m/seg.
Agua Filtrada	0.9 a 1.8 m/seg.
Agua de lavado.	2.4 a 3.0 m/seg.
Agua de enjuague.	3.0 a 3.5 m/seg.
Drenaje	1.2 a 2.4 m/seg.

#### 4. PARTES CONEXAS.

##### 4.1 INTERCONEXIONES ENTRE LOS ELEMENTOS DE LA PLANTA.

###### 4.1.1. Alcances.

En la proposición debe incluirse todos los canales, tuberías válvulas y compuertas necesarias para el correcto funcionamiento de la planta.

###### 4.1.2. Inspección.

Todas las conexiones e interconexiones de agua, conduccion de reactivos y gases deberán ser accesibles para su inspección, conservación y reposición instalando cruces adecuados en los cambios de dirección de las tuberías de reactivos.

###### 4.1.3. Elementos principales.

Cada elemento principal de la planta deberá poder -aislarse por medio de válvulas y/o compuertas apropiadas, para poder cubrir el caso de alguna reparación, sin interrumpir el servicio en el resto de la planta.

Se proveerá un sistema de derivación que permita llevar el agua cruda directamente a los filtros ó al tanque de aguas potabilizadas.

#### 4.1.4. Tuberías.

Todos los tubos de acero deberán quedar expuestos para inspección y conservación. Toda la tubería enterrada deberá ser asbesto cemento ó concreto.

#### 4.1.5 Protección Anticorrosiva.

Los elementos metálicos en la planta, - susceptibles a la corrosión deberán protegerse a decuadamente contra este efecto. Las tuberías y piezas especiales esenciales de acero se protegen exterior e interiormente.

#### 4.2. Medición y control.

La operación de la planta potabilizadora será manual o semiautomáticamente debiendo - contar con los siguientes controles.

#### 4.2.1. Medidores.

En la llegada del agua cruda de la planta se instalará un medidor con capacidad suficiente - para las necesidades inmediatas y futuras, con una relación de medición mínima de 1: 10 y transmisión al indicador, totalizador de gasto localizado en un tablero central.

Medidores de agua filtrada, cada una relación de medición mínima de 1: 10, localizados a la salida de cada filtro, con indicador y totalizados en la galería de operación.

Medidor de agua potabilizada que se entregue a la localidad con capacidad suficiente para el gasto máximo diario inmediato y futuro con una relación de medición mínima de 1: 10, con transmisión al indicador y totalizador de gasto localizados en el tablero central.

#### 4.2.2. Indicadores.

Indicadores de pérdidas de carga en cada filtro.

Indicador de nivel en el tanque de aguas de lavado.

#### 4.3 Drenajes.

El proyecto general del drenaje de la -  
planta potabilizadora deberá incluir conexiones y -  
conductos necesarios para recibir los desagües inde-  
pendientes de cada uno de los elementos que la for -  
man y de las tuberías aún en sus puntos más bajos.

Además cada elemento de la planta contará  
con estructuras de demasía con descarga al drenaje -  
general el que se dispondrá en lugares bajos.

El drenaje de la casa del operador deberá  
tratarse en una fosa séptica o mandarse al alcantari-  
llado general de la ciudad.

#### 4.2.3 Bombeos.

Todos los bomeos necesarios para el fun -  
cionamiento correcto de la planta potabilizadora se-  
rán automáticos.

#### 4.2.4 Tablero central.

En el tablero central de control se localizarán los siguientes elementos :

Indicador y totalizador de gasto de agua cruda.

Indicadores y totalizadores de gasto de aguas filtradas.

Indicador y totalizador de gasto de agua potable a la ciudad.

Indicador de nivel en el tanque de agua potable.

#### 4.2.5 Laboratorio.

Equipo, vidriería y accesorios para un laboratorio tipo regional.

CAPITULO II.      Diseño y Dimensionamiento  
de Equipos Convencionales.

C A P I T U L O   I I

Diseño y dimensionamiento de equipos convencionales:

a) Equipos de medición:

Según las especificaciones de diseño ( Capítulo I ), se recomienda dejar el equipo de medición hasta la etapa final.

Los parámetros de diseño que deben proporcionarse a los proveedores de equipo de medición son los siguientes:

Gasto máx. en LPS y en GPM.

$$Q \text{ máx.} = 1,300 \text{ LPS.}$$

$$Q \text{ máx.} = 1,300 \times 15.85 \text{ GPM}$$

$$Q \text{ máx.} = 20,605 \text{ GPM}$$

Q inicial en LPS y en GPM.

$$Q \text{ inicial} = 325 \text{ LPS}$$

$$Q \text{ inicial} = 325 \times 15.85 \text{ GPM}$$

$$Q \text{ inicial} = 5,151.25 \text{ GPM}$$

Temperatura del agua promedio:

$$T = 25.4^{\circ}\text{C.}$$

Línea de agua cruda donde será instalado el detector de medición:

Tubo A.C. 609 mm.  $\varnothing$  ( 24" ) C-10

Presión de llegada:

$$P = 1.5 \text{ Kg/cm}^2.$$

Equipo requerido:

- Medidor primario
- Registrador e integrador
- Graficador circular
- Totalizador acumulable

Equipo recomendado para esta instalación:

- Tubo de pitot
- Venturi
- Celda de presión diferencial

1. Equipo de medición primario
2. Línea de conducción 1
3. Línea de conducción 2
4. Cabezal principal de llegada
5. Módulos con capacidad unitaria de 325 LPS.

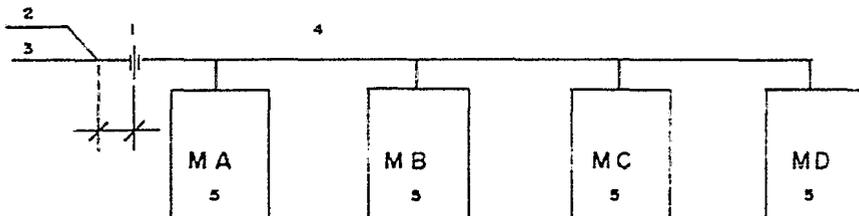


Figura II-1

Arreglo general de la línea de llegada de agua cruda.

<u>Módulo</u>	<u>Capacidad</u>	<u>Medición</u>	<u>Medición Total</u>
A	325	0 - 325	325
B	325	0 - 650	650
C	325	0 - 975	975
D	325	0 -1300	1300

Medición en LPS.

Tabla II-1

Medición de caudal en las diferentes etapas.

b) Líneas de conducción de agua cruda la. etapa y preparación para etapa final.

Si observamos el arreglo general de la línea de llegada de agua cruda, se ha supuesto la alimentación en la 1ra. etapa de 508 mm.  $\varnothing$  ( 20" ); considerando el gasto inicial del primer módulo ( MB ) hasta la tercera etapa, siendo este igual a 478.1- LPS.

Para la primera etapa, V es igual.

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$Q = 325 \text{ LPS.}$$

$$A = 0.196 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0.325}{0.196}$$

$$V = 1.658 \text{ m/seg.}$$

Por otro lado, si utilizamos el Manual Técnico del Agua\* (página 1015, localizaremos el gasto más próximo, siendo este - igual a 323.9 LPS.

La velocidad aproximada para este gasto es :

Valor aproximado = 1.65 m/seg.

Por lo tanto, algunos de nuestros cálculos estarán basados en aproximaciones de este manual.

Verificando la velocidad aproximada y real hasta la tercera - etapa tenemos.

$$V = \frac{0.478}{0.196}$$

V Real = 2.44 m/seg.

V aprox. = 2.45 m/seg.

J\* = 0.017

Dado que desconocemos la topografía del terreno por donde se - rá conducida el agua, nos limitaremos a suponer.

Regularmente, las bombas centrífugas y verticales, las consi - deramos hasta el orden de 8-10 Kg/cm<sup>2</sup> de presión máxima de - descarga; teniendo en cuenta la resistencia hidráulica de las tuberías ( asbesto - cemento, concreto armado, concreto sim - ple, tubo de acero, etc.).

\* Mémento technique de L'eau Formulaire Degremont.

Por otro lado, si tomamos como base  $8 \text{ Kg/cm}^2$  nos atrevemos a decir que según  $J = 0.017$  de la tercera etapa a servir \*\* podría existir una línea de conducción en terreno plano hasta - 3,500 m., siendo una  $\Delta h = 0.017 \times 3,500$ .

$$\Delta h = 59.50 \text{ m.}$$

$$\sum K_i + \Delta h \text{ geométrica} = 22.10 \text{ m.}$$

$$\Delta h \text{ total} = 81.6 \text{ m.c.a.} = 8 \text{ Kg/cm}^2$$

Para el proyecto inicial  $J = 0.0043$

$$\Delta h = 15.05 \text{ m.}$$

$$\sum K_i + \Delta h \text{ geométrica} = 20.0 \text{ m.}$$

\*  $J =$  Pérdida de carga por fricción. m/m.

\*\* Ver capítulo I.

$$h \text{ total} = 42.10 \text{ m.c.a.*}$$

Por lo tanto, será necesario dimensionar los equipos de bombeo para las diferentes etapas.

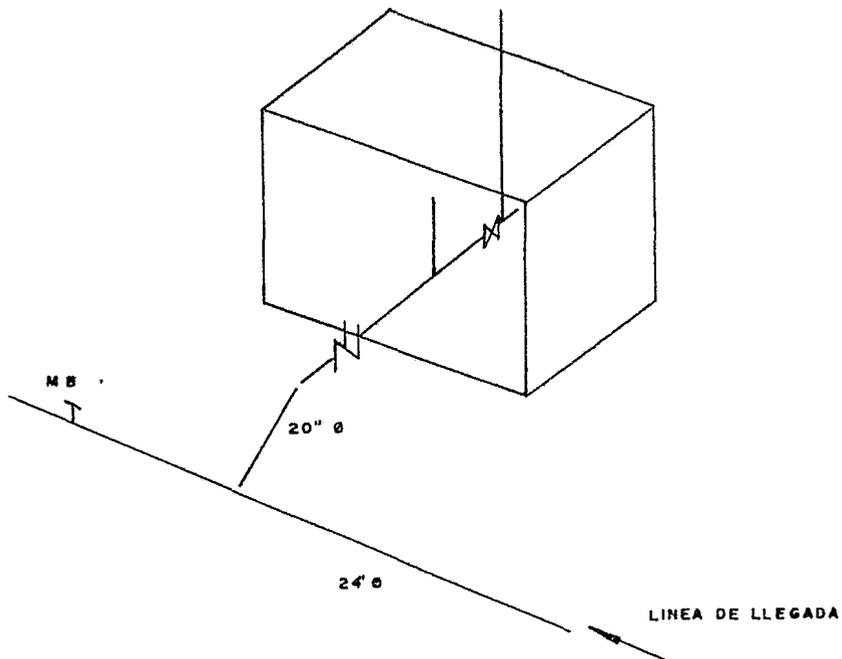


Figura II-2. Arreglo línea de llegada. 1ra. etapa y preparación para MB.

m.c.a. = metros de columna de agua

$$* 10.2 \text{ m.c.a.} = 1 \text{ Kg/cm}^2$$

## c) Clarificación

Datos de diseño

Q operación = 325 LPS.

Q diseño = 444 LPS.

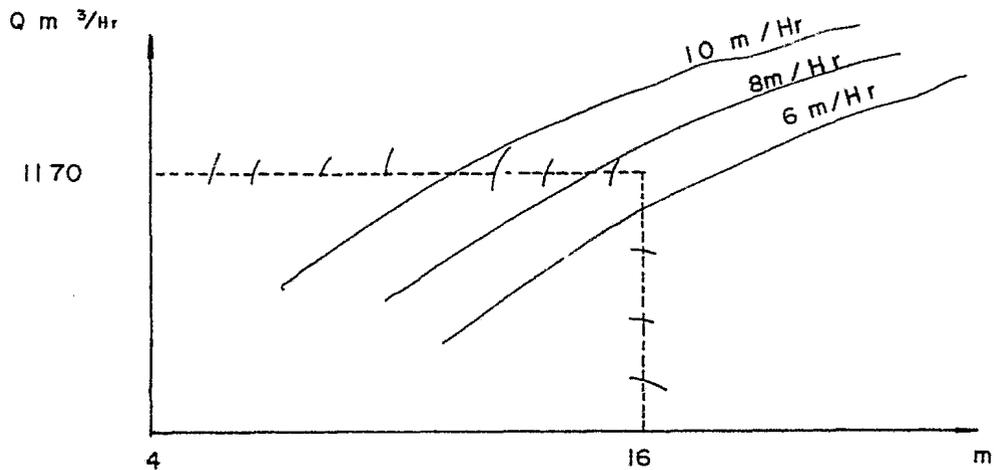
Para iniciar el proyecto del decantador deberemos obtener el -  
gasto horario siendo:

$Q = 325 \times 3,600 \text{ LPHr.}$

$Q = 1'170,000 \text{ LPHr.}$

$Q = 1,170 \text{ m}^3/\text{Hr.}$

Según norma Degremont-Pelletier obtendremos el largo del cla-  
rificador.



Gráfica II-1

Obteniéndose la longitud del clarificador que en este caso re-  
sulta de 16 m.

Para  $V = 6-10$  m/hr.

Se adopta la velocidad menor para dar mayor rango de operación.

$$V = 6 \text{ m/hr.}$$

$$L = 16.0 \text{ m.}$$

$$A = 6.65 \text{ m.}$$

$$At = 106.40 \text{ m}^2.$$

$$v = \frac{0.325 \times 3600}{80.00}$$

$$v = 14.62 \text{ m/hr.}$$

$$As = 80.00$$

Para dos unidades:

$$At = 16.00 \times 13.30$$

$$At = 212.80 \text{ m}^2$$

$$Ats = 160.00 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{14.62}{2}$$

$$v = 7.31 \text{ m/hr.}$$

Velocidad ascensional para el gasto de operación (325 LPS)

$$v = 7.31 \text{ m/hr.}$$

Verificando la carga superficial:

$$Hs^* = 120 - 300 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día.}$$

Gasto total:

$$Qt. = 1,170 \times 24$$

$$Qt. = 28,080 \text{ m}^3/\text{día.}$$

$$Hs = \frac{23,080}{160.00}$$

$$Hs. = 175.50 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$$

Según norma Degremont\* Hs 200 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día

Hs considerada Hs de norma

Por lo tanto, el cálculo está bien definido

Gasto máximo de diseño es igual.

$$Q \text{ máx.} = V \times A$$

$$Q \text{ máx.} = 10 \times 160$$

$$Q \text{ máx.} = 1,600 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$Q \text{ máx.} = 0.4444 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q \text{ mín.} = 6 \times 160$$

\* Normas de diseño para el proyecto de plantas potabilizadoras ( pag. 59 ). S.A.H.O.P. Edición Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

\*\* Manual Técnico del Agua Degremont.

$$Q \text{ min.} = 960 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$Q \text{ min.} = 0.266 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$q \text{ operación} = 325 \text{ LPS}$$

Para aguas cargadas con una turbiedad inferior a 500 PPM, la superficie de concentradores se obtiene según la fórmula:

$$S2 = 0.035 \times 1170$$

$$S2 = 40.95 \text{ m}^2$$

Borde superior de concentradores:

$$\text{Borde} = 0,6 \times \text{Ht.}$$

$$\text{Ht.} = \text{nivel de operación}$$

$$\text{Borde} = 0.60 \times 4,75$$

$$\text{Borde} = 2.85 \text{ m.}$$

La colocación de los tubos de extracción de lodos, deberá estar cuando menos  $0.60 \varnothing$ .

La cámara inferior del nivel de concentradores deberá estar sujeta a  $4" \varnothing$ .

Para  $\varnothing = 4"$  (diámetro del tubo de extracción de lodo).

Los tubos serán colocados a 60.95 mm. del fondo, considerando la parte plana de concentradores 0.406 m.

Superficie inferior de la campana de pulsaciones.

$$S3 = 0.02 \quad S1$$

$$S3 = 0.02 \times 160.00$$

$$S3 = 3.2 \text{ m}^2$$

Para una cámara de vacío cuadrada, tendremos:

$$\sqrt{3.2} = 1.8 \text{ m.}$$

Para calcular el diámetro ( $\emptyset$ ) del tubo distribuidor, tendremos:

$$\emptyset = 115 \times L - 50$$

$$\emptyset = 115 \times 5 - 50$$

$$\emptyset = 207.14 \text{ mm.}$$

Utilizando tablas de Asbesto de México, obtenemos que el diámetro interior de un tubo de 10"  $\emptyset$  es de 251 mm.

$$251 > 207.14$$

Colocar entre ejes a 850 mm.

Número de tubos

$$Nt = \frac{16,000}{850}$$

$$Nt = 18.82$$

$$Nt = 18$$

Número de barrenos por tubo 48 por tubo a 60° a cada 200 mm.

Número total de barrenos:

$$N_{\pm b} = 18 \times 48$$

$$N_{tb} = 864$$

Para calcular el  $\emptyset$  del barreno consideraremos:

$$S_t = \frac{S_1}{450}$$

$$S_t = \frac{160}{450}$$

$$S_t = 0.355 \text{ m}^2$$

Para  $\emptyset = 1''$

$$S = 0.000506 \text{ m}^2$$

$$S_t = 0.000506 \times 864$$

$$S_t = 0.437$$

$$0.355 \stackrel{<}{=} 0.437$$

Para  $\emptyset = 7/8''$

$$S = 0.000387 \text{ m}^2$$

$$S_t = 0.000387 \times 864$$

$$S_t = 0.334$$

$$0.355 > 0.334$$

Se adopta el valor de 1"  $\emptyset$

Para los tubos colectores de agua decantada tenemos:

$$\varnothing = 25 + 7.8 \times L \times V$$

$$\varnothing = 25 + 7.8 \times 5 \times 5.49$$

$$\varnothing = 239.11 \text{ mm.}$$

Obteniendo de tabla  $\varnothing$  ( 10" ) = 251 mm.

$$251 > 239.11$$

Distancia entre ejes:

$$E = 8 \varnothing + 200$$

$$E = 2.20 \text{ m.}$$

Número de tubos;

$$Nt = \frac{16000}{2,200}$$

$$Nt = 7.27$$

$$Nt = 7$$

Número total de barrenos por tubo 64.

$$Ntb = 64 \times 7$$

$$Ntb = 448$$

Superficie total de lo barrenos de colección de agua decantada.

$$St = 4.5 Q \text{ ( cm2 )}$$

Esta formula corresponde a una pérdida de carga dentro de un  
barreno de  $h = 50$  mm. a un caudal  $Q$ .

$$St1 = 4.5 \times 1170$$

$$St1 = 5265 \text{ cm}^2 \times \frac{1}{10000}$$

$$St1 = 0.5265 \text{ m}^2.$$

Para  $\phi = 1 \frac{1}{2}''$  ( 0.0381 m. )

$$S = 0.00113$$

$$St1 = 0.00113 \times 448$$

$$St1 = St$$

Para  $\phi = 15/8''$  ( 0.0412 m. )

$$S = 0.0133 \text{ m}^2$$

$$St2 = 0.00133 \times 448$$

$$St2 = 0.595 \text{ m}^2$$

$$St < St2$$

Verificando:

$$Qb = Ks \sqrt{2gh}$$

$$Qb = 0.05 \text{ m.}$$

$$Qb = 0.62 \times 0.00133 \quad 19.62 \times 0.05$$

$$Qb = 8.167 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Qb = 2.94 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$Qt = 2.94 \times 448$$

$$Qt = 1317 \text{ m}^3/\text{seg.} \quad 1170 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Qb = Ks \sqrt{29h}$$

$$Q_b = \frac{1170}{448}$$

$$Q_b = \frac{2.61}{3000}$$

$$Q_b = 0.000725 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$S = \frac{Q}{K \sqrt{2gh}}$$

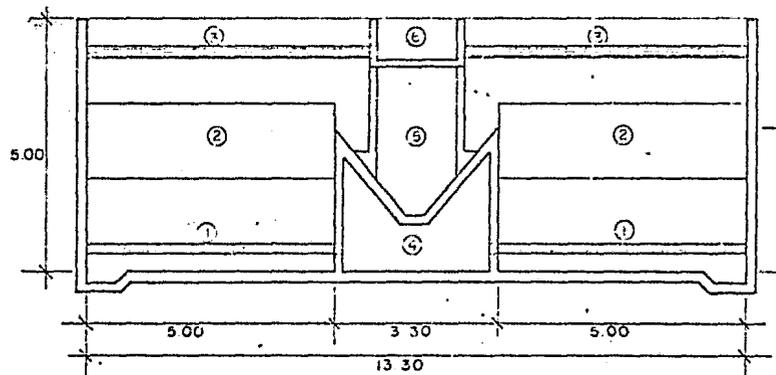
$$S = \frac{0.000725}{0.62 \sqrt{19.62 \times 0.05}}$$

$$S = 0.00118 \text{ m}^2.$$

Barreno	Real		Teórico
Diámetro	1 1/2"	1 5/8"	————
Superficie " m <sup>2</sup> )	0.00113	0.00135	0.00118

Por lo tanto los barrenos deberán ser de 1 5/8"  $\varnothing$  (0.00135 m<sup>2</sup>)

Corte dimensional:



1. Tubos distribuidores
2. Placas inclinadas

3. Tubo colector
4. Cámara de distribución
5. Concentradores
6. Canal de agua decantada

d) Filtración

Para el diseño de las unidades es necesario conocer el gasto horario, que en este caso es igual a:

$$Q = 1170 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Velocidad de filtración recomendada:

$$V = 6 \text{ m/h}$$

$$V = 30 \text{ m/h. (Retrolavado)}$$

Para el lavado de un filtro se requiere:

$$30A = \frac{1170}{n} \quad (n - 1)$$

$$Qt = 30A \text{ (lavado)}$$

$$vnA = Q \text{ (filtración)}$$

Siendo  $v$  = Velocidad de filtración ( m/hr. )

$n$  = Número de filtros ( 0 )

$A$  = Area de filtración por unidad ( m<sup>2</sup> )

$Q$  = Gasto total horario ( m<sup>3</sup>/hr. )

Despejando:

$$A = \frac{Q}{vn}$$

$$A = \frac{1170}{6 \text{ m}}$$

Para lavado:

$$1170 = 30 \frac{1170}{6 m}$$

$$n \ 1170 = \frac{30 \times 1170}{6}$$

$$n = 5$$

Para filtración :

$$A = \frac{1170}{6 n}$$

$$30 \frac{1170}{6 n} = \frac{1170}{n} \quad ( n - 1 )$$

$$\frac{30}{6} = ( n - 1 )$$

$$n-1 = 5$$

$$n = 5 + 1$$

$$n = 6$$

Para calcular el área de filtración tenemos:

$$A = \frac{1170}{6 \times 6}$$

$$A = \frac{1170}{36}$$

$$A = 32.5 \text{ m}^2.$$

$$A = a \times b$$

$$\text{Para } a = 3.5 \text{ r.}$$

$$32.5 = 3.5 \times l.$$

$$b = 9.28 \text{ m.}$$

Gasto de filtración unitario es:

$$Q_t = 6 \times 32.5 = 195 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Gasto total:

$$Q = 195 \times 6$$

$$Q = 1170 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Gasto de lavado:

$$Q_L = V \times A \text{ ( m}^3/\text{hr. )}$$

$$Q_L = 30 \times 32.5$$

$$Q_L = 975 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Carrera estimada 12 hrs.

Tiempo de lavado 10 minutos

Producción total en 12 hrs.:

$$1,170 \times 12 = 14,040 \text{ m}^3/12 \text{ hrs.}$$

Gasto de lavado por filtro = 975 m<sup>3</sup>/hr., en una carrera:

$$Q_L = \frac{975}{60} \times 10$$

$$Q_L = 162.50 \text{ m}^3/10 \text{ minutos}$$

El agua de lavado varía entre 0.2 ó 0.6% del gasto de agua filtrada.

Verificando:

El % de agua de lavado para este caso es igual:

$$\% = \frac{162.5}{14.040} \times 100$$

$$\% = 1.5 \% *$$

Para seleccionar el diámetro de la tubería de agua de lavado, es necesario tomar en consideración:

$$Q \text{ total} = 325 \text{ LPS}$$

$$Q \text{ lavado} = 270.8 \text{ LPS}$$

Que la velocidad varía entre 2 - 3 m/seg. en estas tuberías:

Pieza de empotramiento 14" ( 355 mm. )

Tubería de descarga 14"Ø ( 0.0989 m<sup>2</sup> )

$$v = \frac{0.2708}{0.0989}$$

$$v = 2.74 \text{ m/seg.}$$

\* Norma de diseño para el proyecto de Plantas Potabilizado - ras pag. 62 S.A.H.O.P. Edición FIUNAM.

Características Generales:

Altura del medio filtrante 600 mm.

Arena sílico cuarzoza de 0.5 a 0.8 mm.

Grava de cuarzo de 1/8" ó 1/4" 21 m<sup>3</sup> - 126 m<sup>3</sup>

Número de espreas por filtro 1,625

Número total 9750

Claro entre falso fondo 700 mm.

Tubería de alimentación 300 mm.

Tubería de salida del agua filtrada 500 mm.

Tubería de salida de agua de lavado 406 mm.

Tubería de drenaje o vaciado de la cámara del falso fondo 200 mm.

e) Dosificación de reactivos

SULFATO DE ALUMINIO

Para calcular la capacidad de los equipos de dosificación, se procede de la siguiente manera:

Gasto de la primera etapa igual a:

1170 m<sup>3</sup>/hr.

Gasto de la tercera etapa igual a:

35.10 m<sup>3</sup>/hr.

Recomendaciones del comprador del equipo de tratamiento ( Especificaciones técnicas, Capítulo I) se tiene:

Sulfato de aluminio a suministrar 60 PPM considerando el gasto de la tercera etapa, tenemos:

$$c = Q \times 60$$

$$c = 3510 \times 60$$

$$c = 210,600 \text{ gr/hr.}$$

$$c = 210 \text{ kg/hr.}$$

Según experiencia se suministra de 30 a 40 PPM como máximo en el agua cruda por lo tanto, para la tercera etapa:

$$c = 3,510 \times 40$$

$$c = 140,400 \text{ gr/hr.}$$

$$c = 140.40 \text{ Kg/hr.}$$

Para la segunda etapa:

$$c = 2340 \times 40$$

$$c = 93.60 \text{ kg/hr.}$$

Para la primera etapa:

$$c = 1170 \times 40$$

$$c = 46.80 \text{ kg/hr.}$$

Por especificaciones de diseño presentados ( 1er. capítulo ), se deberá instalar un equipo de las siguientes características:

- 1 Dosificador de banda con motor eléctrico de 1/4 HP 220/440 volts 60 Hertz TCCVE ó a prueba de polvo.

Capacidad del dosificador de ( 140 Kg/hr.

Relación de medición 1:20

Equipo auxiliar.

- 1 tolva de proceso, capacidad 2,600 kgs.
- 1 vibrador eléctrico
- 2 tanques de dilución de 2.50 x 2.50 m. de concreto con protección anticorrosiva.
- 2 agitadores mecánicos de 1 1/2 HP, 8 polos 220/440 volts tipo propela de acero inoxidable.
- 1 bomba centrífuga de acero inoxidable para un gasto de 2.5 m<sup>3</sup>/hr. ( K ), a una presión de descarga de 2.5 Kg/cm<sup>2</sup> a un 10% de concentración máxima para sulfato de aluminio:

$$k = \frac{c \times 100}{10}$$

$$k = \frac{140.4 \times 100}{10}$$

$K = 1404 \text{ LTS/hr.}$

$K = \text{Gasto de solución al 10\% de concentración.}$

En base a las especificaciones se desea almacenar 68 toneladas.

La duración del reactivo será:

Para la primera etapa:

$$t = \frac{68000}{46.8}$$

$t = 1.453 \text{ horas}$

$t = 60.55 \text{ días}$

Para la segunda etapa:

$$t = \frac{68000}{93.60}$$

$t = 726.5 \text{ horas}$

$t = 30.28 \text{ días}$

Para la tercera etapa:

$$t = \frac{68000}{140.40}$$

$t = 484.34 \text{ horas}$

$t = 20.19 \text{ días}$

#### CAL QUIMICA

Para calcular este reactivo se procede de igual manera que para el sulfato de aluminio, tomando en cuenta que de este reactivo, por especificaciones de proyecto, se recomienda proyectar

para 30 PPM, por lo tanto:

$$c = 3,510 \times 30$$

$$c = 105.30 \text{ Kg/hr.}$$

Según experiencia la dosificación fluctúa entre:

10-15 PPM, por lo tanto, para la primera etapa:

$$c = 1170 \times 15$$

$$c = 17.55 \text{ Kg/hr.}$$

Para la segunda etapa:

$$c = 2340 \times 15$$

$$c = 35.10 \text{ Kg/hr.}$$

Para la tercera etapa:

$$c = 3510 \times 15$$

$$c = 52.65 \text{ Kg/hr.}$$

Por especificaciones de diseño se deberá instalar:

- 1 Dosificador de banda con motor eléctrico de 1/4 HP, 220/440 Volts TCCVE ó a prueba de polvo.  
Capacidad del dosificador 0-70 Kg/hr.  
Relación de medición 1;20  
Equipo auxiliar
- 1 Tolva de proceso capacidad 2,600 Kgs.
- 1 Vibrador eléctrico
- 2 Tanques de dilución de 2.50 x 2.50 m. de concreto con protección anticorrosiva.

- 2 Agitadores mecánicos de 1 1/2 HP 8 polos 220/440 volts 60 Hertz tipo propela acero inoxidable.
- Bomba centrífuga de fo.fo. para un gasto de 2.5 m<sup>3</sup>/hr. (K) a una presión de descarga de 2.5' cm<sup>2</sup> a un 10% de concentración de cal.

$$K = \frac{c \times 100}{10}$$

$$K = \frac{105.30 \times 100}{10}$$

$$K = 1.053 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

K = gasto de solución al 10% de concentración.

En base a las especificaciones se desea almacenar 34 toneladas y la duración será:

Para la primera etapa:

$$t = 80.73 \text{ días}$$

Para la segunda etapa:

$$t = 40.37 \text{ días}$$

Para la tercer etapa:

$$t = 26.91 \text{ días}$$

Es recomendable instalar 3 equipos completos de dosificación de las mismas características que el de sulfato de aluminio:

uno para cal

uno para sulfato de aluminio

una para repuesto

Nota: Es de observarse que los equipos propuestos en las es-

pecificaciones no son suficientes para las dosificaciones de 60 PPM de sulfato de aluminio y 30 PPM de cal química en la tercera etapa.

f) Cloración

a) Precloración

Según especificaciones ( capítulo I ), se recomienda diseñar los equipos para una precloración de 5 ppm de cloro.

Por lo tanto, para la primera etapa se suministrará:

$$Q = 1170 \times 5$$

$$Q = 5.85 \text{ Kg/hr. de cloro}$$

Para la segunda etapa:

$$Q = 2340 \times 5$$

$$Q = 11.70 \text{ Kg/hr. de cloro}$$

Para la tercera etapa:

$$Q = 17.55 \text{ Kg/hr. de cloro}$$

Para la cuarta etapa:

$$Q = 4680 \times 5$$

$$Q = 23.40 \text{ kg/hr. de cloro}$$

Equipo seleccionado de cloración 280 kg/24 hrs.

Con las 5 PPM recomendadas sólo se cubre la segunda etapa por esto:

de la segunda etapa

$$11.70 \times 24 = 280.80 \text{ Kg/24 hrs.}$$

Según experiencia se suministran como máximo hasta 8 PPM en -  
precloración, por lo tanto:

Para la primera etapa:

$$Q = 1170 \times 8$$

$$Q = 9.36 \text{ kg/hr.}$$

$$9.36 \times 24 = 224.64 \text{ kg/24 hrs.}$$

Para la segunda etapa:

$$Q = 2340 \times 8$$

$$Q = 18.720 \text{ Kg/hr.}$$

$$18.720 \times 24 = 449.28 \text{ kg/24 hrs.}$$

Para la tercera etapa:

$$Q = 3510 \times 8$$

$$Q = 28.08 \text{ kg/hr.}$$

$$28.08 \times 24 = 673.92 \text{ kg/24 hrs.}$$

Para la cuarta etapa:

$$Q = 4680 \times 8$$

$$Q = 37.44 \text{ kg/hr.}$$

$$37.44 \times 24 = 898.56 \text{ Kg/24 hrs.}$$

De estos cálculos se define que el clorador seleccionado no se

rá suficiente para la tercera etapa ya que sólo cubrirá la -  
primera etapa, porque 5 PPM pueden ser insuficientes para -  
precloración.

Recomendamos instalar un clorador con una capacidad de 20 Kg/  
hr., y otro de la misma capacidad cuando se inicie con la ter  
cera etapa, para cubrir todas las necesidades.

Características de operación de un clorador mca. advance para  
una capacidad de 20 Kg/hr.

- Presión de entrada 3.5 kg/cm<sup>2</sup>.
- Presión de descarga 1.4 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Tobera del eyector .750 garganta. .500, gasto de agua 210 -  
LPM ( 3.5 LPS ).

Es de observarse que éstos datos se tomarán para diseñar el e  
quipo de bombeo inciso g) iii).

#### b) postcloración

En este proceso de desinfección sólo se aplican 2 PPM como má  
ximo por lo tanto;

Para la primera etapa:

$$Q = 1170 \times 2$$

$$Q = 2.34 \text{ kg/hr.}$$

Para la segunda etapa:

$$Q = 2,340 \times 2$$

$$Q = 4.68 \text{ Kg/hr.}$$

Para la tercera etapa:

$$Q = 3,510 \times 2$$

$$Q = 7.02 \text{ Kg/hr.}$$

Para la cuarta etapa:

$$Q = 4,680 \times 2$$

$$Q = 9.36 \text{ Kg/hr.}$$

En base a los cálculos anteriores se deduce instalar un equipo que cubra en totalidad de las etapas - siendo este de las siguientes características para un clorador marca Advance\*

- Presión de entrada 3.5 kg/cm<sup>2</sup>
- Presión de salida 0.90 kg/cm<sup>2</sup>
- Tobera del Ejector .562 garganta .375 gasto de agua 60 - LPM ( 1.0 LPS ).

Para lo que se pretende almacenar 3 tanques de 900 kgs. de cloro líquido, tendremos una duración t.

Para la primera etapa:

$$t = \frac{27000}{11.70} \left[ \frac{\text{Kg.}}{\text{Kg./hr.}} \right]$$

$$t = 96.15 \text{ días.}$$

\* Existen otras marcas.

Para la segunda etapa:

$$t = \frac{27000 \text{ Kg}}{23.40 \text{ Kg/hr}}$$

$$t = 48.08 \text{ días}$$

Para la tercera etapa:

$$t = 32.05 \text{ días}$$

Para la cuarta etapa:

$$t = 24.04 \text{ días.}$$

g) Equipo de bombeo

i) agua de servicio

Este equipo se diseño tomando como base los siguientes consumos:

Gasto de la bomba dosificadora de cal	2,500 LPH
Gasto de la bomba dosificadora de sulfato de aluminio	2,500 LPH
Gasto de la bomba de polielectrolito	300 LPH
Servicios generales para 15 personas	165 LPH
T O T A L	5,465 LPH

$$Q (\text{ LPH } ) = \frac{5465}{3600}$$

$$Q = 1.52 \text{ LPS.}$$

Para una presión manométrica de descarga de 2.5 kg/cm<sup>2</sup>.

La potencia aproximada de la bomba será:

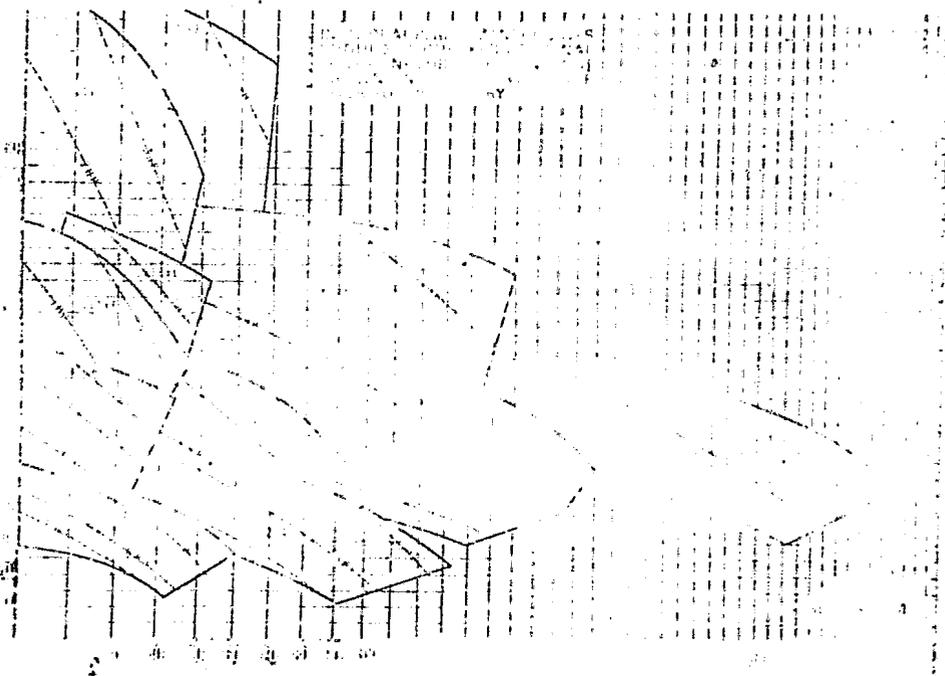
$$\text{Pot} = \frac{\gamma Q_H}{76 n_B} \quad \text{HP} \quad \text{Para } n_B = 60\%$$

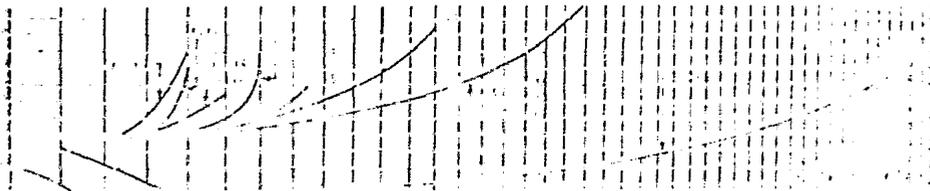
$$\text{Pot} = \frac{1000 \times 0.00152 \times 25}{76 \times 0.60}$$

$$\text{Pot} = \frac{1.52 \times 25}{45.6}$$

$$\text{Pot} = 0.83 \text{ HP}$$

Verificando en la gráfica II-2 de una bomba comercial, observamos que la potencia más aproximada es 1.0 HP.





CURVA CARACTERISTICA Gráfica II - 2.

Por lo tanto, para una aproximación de la subestación, las características del equipo de bombeo de agua de servicio, serán:

Bomba centrífuga horizontal, Impulsor de -  
 semiabierto acoplamiento flexible de un gasto de 5465 LPH -  
 ( 1.52 LPS ) contra una carga de 25 m.c.a con motor de 2 HP.-  
 220/440 Volts 60 Hertz trifásico totalmente cerrado con ventilaci  
 lación exterior. Se requieren dos motor-bomba.

Una operando y otra de reserva:

ii) agua de retrolavado

$$QL = 975 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$QL = 975000 \text{ LPH}$$

$$QL = \frac{975000}{3600}$$

$$Q = 270.83 \text{ LPS}$$

La carga a vencer será de 10 m.c.a.

$$\text{Pot} = \frac{370.83 \times 10}{76 \times 0.60} \quad n_b = 60\%$$

$$\text{Pot} = \frac{2708 \times 33}{42}$$

$$\text{Pot} = 64.48 \text{ HP.}$$

Potencia real de motores en mercado 75 HP

Por lo tanto se tomarán las siguientes características para este equipo.

Bomba centrífuga vertical acoplada a motor eléctrico de 75 HP 220/440 Volts 60 Hertz trifásico a prueba de goteo para manejar un gasto de 270.83 LPS contra una carga de 10 m.c.a

iii) Agua a presión para pre-postcloración.

Para diseñar el equipo de bombeo de cloración se procede de la siguiente manera:

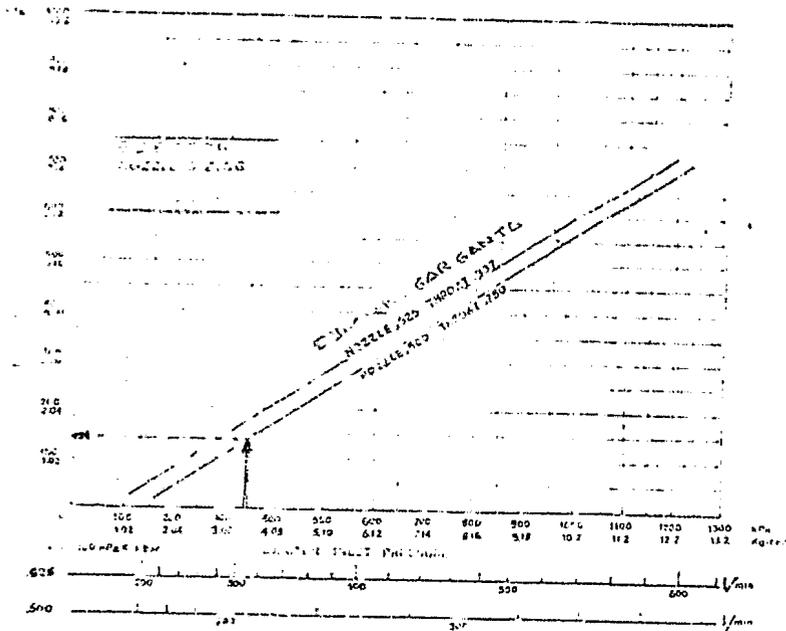
- 1º Determinar la cantidad necesaria de cloro a suministrar.
- 2º Determinar la presión de descarga, que para este caso se ha considerado de 1.4 Kg/cm<sup>2</sup>.
- 3º Determinar la potencia y el gasto de la bomba en base a las curvas características de los fabricantes de cloradores.

Para nuestro caso, tendremos:

Q solución = 310 LPM

Presión de entrada = 3.5 Kg/m<sup>2</sup>

Ver gráfica II-3



Gráfica II-3  
Curva Característica del Clorador

Para calcular la potencia de la bomba, tendremos que:

$$\text{Pot} = \frac{1000 \times 0.00516 \times 35}{76 \times 0.60}$$

$$\text{Pot} = \frac{180.6}{45.6}$$

$$\text{Pot} = 3.96 \text{ HP.}$$

La potencia de los motores más aproximada es 5 HP, por lo tanto, la bomba tendrá las siguientes características.

Banda centrífuga horizontal con acoplamiento flexible para manejar agua clara, con un gasto de 310 LPM y una carga de 3.5-Kg/cm<sup>2</sup> motor eléctrico de 5 HP, 220/440 Volts 60 Hertz trifásico. TCCVE.

## h) INSTRUCTIVO DEL LABORATORIO DE LA PLANTA POTABILIZADORA

Análisis que se deberán efectuar en el laboratorio de la planta potabilizadora para control de la calidad de la misma:

## ANALISIS BACTERIOLOGICOS:

Los métodos usados para efectuar el reconocimiento de la calidad bacteriológica de un agua, no nos permite identificar o aislar las bacterias patógenas que pudieran contener la muestra analizada.

En realidad lo que se identifica y cuantifica en el análisis bacteriológico, es un indicador. Este es un conjunto de bacterias que responden a las características siguientes:

- a) Fermentar la lactosa con producción de gas.
- b) No son esporulados.
- c) Son Gram negativas.
- d) Son aeróbicas (pero pueden ser facultativamente anaeróbicas).

Este grupo de bacterias se llama coliformes. Su presencia es índice de que existe contaminación cercana o lejana de extractos digestivos (fecales), y por lo tanto, pueden existir también bacterias patógenas las cuales son de difícil detección.

## NORMAS:

El Reglamento Federal de Aguas exige la presencia de menos de 2 coliformes en 100 ml. de agua, así como menos de 300 colonias incubadas en agar a 35°C durante 24 horas y ausencia de colonias licuantes de gelatinas, cromógenas o --

fétidas.

#### ANALISIS FISICOS:

Por medio de estos análisis se pueden conocer - las características del agua, tales como: olor, sabor, turbiedad, temperatura, etc.

#### ANALISIS QUIMICOS:

Los análisis químicos más importantes son: calcio, magnesio, fierro, manganeso, sulfatos, etc., así como -- sus formas de alcalinidad y dureza total.

#### PRECAUCIONES QUE SE DEBEN DE TOMAR PARA EL MANEJO DEL EQUIPO\_ Y APARATOS DE LABORATORIO

#### INCUBADORAS:

Las incubadoras deben conservarse a una temperatura constante y uniforme en todo momento, ésto se logra con\_ unidades eléctricas o de gas de calentamiento, controlados ca\_ si siempre por un termostato.

Asimismo, deben estar aisladas adecuadamente en la proximidad de paredes y piso, y deben contar con dispositivos mecánicos para la circulación del aire que permitirá la - distribución uniforme de la temperatura en toda la cámara.

La temperatura a que debe permaneces la incubadora es de 35° C a 37° C.

#### AUTOCLAVES:

Las autoclaves deben ser de suficiente capacidad para evitar aglomeración o congestión del material por esteri-

lizar en su interior, construídas de tal forma que permitan tener una temperatura constante en su interior, debiendo de ser ésta de 121° C, que es la temperatura de esterilización.

Estos equipos pueden ser sustituidos perfectamente por ollas domésticas a presión.

#### UTENSILIOS PARA LA PREPARACION DE LOS MEDIOS:

La cristalería y otros utensilios de material anticorrosivo, como acero inoxidable, deben encontrarse debidamente limpios y libres de todo residuo extraño, así como de partículas secas o materiales tóxicos o extraños que puedan allanar o contaminar los medios, como cloro, cobre, zinc, cromo, aluminio, etc.

#### COMPARADOR STANDARD:

El comparador standard es un instrumento que permite determinar por comparación con una escala de colores predefinidas, las características del agua (color, cloro, pH, etc

Esta comparación se logra mediante la adición al agua de los reactivos adecuados para cada caso particular, los que producen en ella una determinada coloración en función del contenido en el agua del elemento a determinar. Comparando el color obtenido con el de la escala se determina con la igualdad de colores el número de unidades.

Estos aparatos están construídos con un material resistente a la corrosión, constando esencialmente de un prisma de refracción que permita el paso de la luz a través del depósito (cuba) que contiene la muestra por comparar.

#### RECCLECCION DE MUESTRAS DE AGUA PARA LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS:

Es de muchísima importancia efectuar correctamente la manipulación con que se deben tomar muestras de agua para los análisis, muy a menudo se califica de mala un agua, como consecuencia de una operación defectuosa en la extracción de la muestra, ya que en algunos casos basta con sólo tocar -- simplemente el tapón en la parte que estará en contacto con el líquido, para que se obtengan resultados desfavorables.

Las muestras de agua para análisis bacteriológicos deben ser recolectados en frascos que se hayan lavado y -- limpiado previamente y que posteriormente hayan sido esterilizados.

Los frascos que se destinen para recolección de muestra cloro, a fin de que al laboratorio llegue la muestra -- con las características que corresponden al momento en que fué tomada.

El agente de clorador que se utiliza para este caso es tiosulfato de sodio al 10% y agregar a cada frasco de -- 60 mililitros 0.1% de esta solución.

#### LAVADO Y ESTERILIZACIÓN DEL MATERIAL DE VIDRIO:

Materiales: Tubos de ensayo, matraces, pipetas, etcétera.

#### Procedimiento:

a) Lavar todo el material de vidrio con mezcla -- crómica caliente, recién preparada.

b) Este material lavado con mezcla crómica debe lavarse después con escobillón y abundante agua.

c) Este material debe secarse al aire o bien secarse en estufa de 110° C.

d) Una vez perfectamente seco este material, se procederá a taparlo con algodón y papel cuando no sea posible --

utilizar algodón.

e) El material de vidrio ya tapado debe esterilizarse conforme se indicó.

#### DESPUES DE LAVADO Y ESTERILIZACION:

El requisito indispensable para efectuar los trabajos bacteriológicos en el laboratorio, es mantener en un estado absoluto de limpieza el equipo y material usado en la recolección, inoculación e incubación de las muestras de agua, hay que evitar cualquier posible contaminación desde el momento de la extracción de la muestra hasta la terminación del examen final.

#### PREPARACION DE LOS MEDIOS DE CULTIVO:

##### PROCEDIMIENTO:

Caldo lactosado: Se toman toman 19.5 gr. del medio deshidratado, el cual se disuelve en un litro de agua destilada y tibia a fin de acelerar su disolución, se deja enfriar, posteriormente este volumen se distribuye en 50 tubos de ensayo de 250 mm. dejando caer en el interior de cada uno, un tubo de ensayo de 7 mm. invertido, el cual será el que recoja los gases producidos por la fermentación cuando las pruebas resulten positivas, finalmente cada uno de los tubos serán tapados y pasando a su esterilización.

Caldo lactosado con Bilis y Verde Brillante: Disolver 40 grs. del medio deshidratado en un litro de agua destilada y tibia (el procedimiento será exactamente igual al anterior).

Esterilización: Ambos medios deberán esterilizarse en autoclave u olla de presión a 121° C por un tiempo de 15 a 20 minutos, procurando proteger los medios contra el agua

condensada, producida en el interior del autoclave y que consecuentemente caerán sobre los algodones impregnándose, ocasionando un posible acto contaminante, una vez enfriados deberán colocarse en un refrigerador donde se conservarán hasta su uso.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA PRESENCIA DEL GRUPO COLIFORME  
(Prueba presuntiva)

EQUIPO NECESARIO:

5 Tubos de fermentación con 20 ml. de caldo lactosado.

5 Pipetas graduadas de 10 ml.

1 Gradilla para tubos de ensayo.

1 Cesto de alambre para tubos de ensayo.

1 Mechero de gas o lámpara de alcohol.

PROCEDIMIENTO PARA EFECTUAR LA SIEMBRA:

a) Con un crayón marque los tubos con el número de la muestra.

b) Se procurará trabajar cerca de la flama producida por el mechero a fin de eliminar las esporas que existen en el medio ambiente. Posteriormente con la pipeta esterilizada y con los tubos con el medio de cultivo y el agua de muestra por analizar, se destapará éste y se pipetearán 10 ml. de agua, los cuales se repartirán en el interior del tubo de fermentación, repitiéndose esta misma operación para todos los tubos. Posteriormente esto son tapados con el mismo algodón, el cual ya traía desde su esterilización. Una vez puesto en su interior, son colocados en el cesto de alambre y se pasarán a incubarse.

c) La temperatura de incubación deberá ser de 35°C, examinándose cada tubo al cabo de 24 hrs. ±, los tubos que contengan gas se consideran positivos para la prueba presuntiva, debiéndose proseguir inmediatamente con éstos para la

prueba confirmativa.

d) Los tubos en los cuales no ha habido forma---  
ción de gas a las 24 horas +, se dejarán incubar por otras 24\_  
horas + más. Los tubos que a las 48 horas + no han producido  
gas, se considerarán negativos. Los tubos que a las 48 horas\_  
produjeron gas, se considerarán dudosas (positivas), las cua--  
les pasarán a confirmación.

PRUEBA CONFIRMATIVA:

EQUIPO NECESARIO:

Para esta prueba se usa caldo lactosado con bi--  
lis de verde brillante al 2%, en tubos de fermentación.

Asas de inoculación.

Mechero de gas o lámpara de alcohol.

PROCEDIMIENTO:

a) Marque los tubos con el número de identifica-  
ción.

b) Esterilice llevando hasta el rojo blanco con\_  
la llama del mechero el asa de inoculación, sosténgasze cuida-  
dosamente en una mano y en posición inclinada el tubo del cal-  
do lactoso positivo, y el caldo de bilis de verde brillante --  
que ha de ser inoculado.

c) Estando ya el asa de inoculación esterilizado  
introdúzcase en el caldo de lactosa cuidando de no tocar las -  
paredes del tubo. Dichos tubos se pondrán en un cesto de alam\_  
bre y pasarán a la incubadora durante 24 o 48 horas (si al ca-  
bo de 24 horas aparece fermentación, se considerará positiva).

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:

Los resultados obtenidos se tabularon de tal ma-  
nera que sea fácil observar las reacciones del medio de culti-  
vo y estimar la densidad o contaminación de los grupos colifor\_  
mes.

Tomando en cuenta que los tubos inoculados serán cinco con 10 ml. de agua por analizar, se presenta la siguiente tabla de valores presuntivos (según normas de bacteriológicos de autoridad sanitaria.

Números de Posiciones		Indice Coliforme N M P de
Neg.	Post.	- Organismos -
5	0	Menos de ..... 2.2
4	1	..... 2.2
3	2	..... 5.1
2	3	..... 9.2
1	4	..... 16.0
0	5	..... 16.0

#### DETERMINACIONES FISICAS

- 1) Turbiedad
- 2) Color
- 3) Olor
- 4) Temperatura
- 5) pH
- 6) Sólidos totales
- 7) Cloro residual

#### TURBIEDAD:

Para la determinación de la turbiedad, se pueden utilizar dos métodos:

- 1) Usando turbidímetro.
- 2) Patrones de turbiedad..

En este instructivo sólo veremos el primer caso.

Para el primer caso se utiliza el turbidímetro de Jackson que es un aparato que está diseñado exclusivamente para turbiedades en agua.

Para la tultulización del turbidímetro debe situarse el tubo de cristal y la bujía en posición vertical, haciendo coincidir los ejes longitudinales en ambos. La distancia entre el fondo del tubo y la flama provocada por la bujía deberá de ser de 7 a 8 cms.

Para turbiedades mayores en 1000 unidades, la muestra debe diluirse con uno o más volúmenes de agua -- destilada hasta que la muestra sea menos de 1000 unidades -- la turbiedad de la muestra original que se cálcula.

Así por ejemplo si se agregaran tres volúmenes de agua libre de turbiedad y la muestra tuvo una turbiedad de 6000 unidades, la turbiedad de la muestra será de 1800 unidades.

### C O L O R :

La expresión color define el concepto del verdadero color, ésto es, el color producido por las sustancias que se encuentran en solución y no por las que están -- en suspensión, el color aparente incluye las sustancias en solución y en suspensión.

El color generalmente se determina por comparación visual de la muestra contra concentraciones conocidas de una solución que ha sido determinada de antemano -- (Comparador colorimétrico).

OLOR:

Existen dos métodos, olor en frío y olor en caliente:

a) Olor en frío. Este se determina mediante el uso de un frasco provisto de un tapón, se coloca el agua por determinar sin llenar el frasco, se tapa, se agita y se acerca a las fosas nasales, al destapar se inhala determinándose así el olor característico.

b) Olor en caliente: Este método consiste en calentar el agua un poco antes de su ebullición, pre-firiéndose en matraz de cuello largo, el cual se cubre con un vidrio de reloj, después de enfriarse se desliza suavemente determinándose el olor característico.

TEMPERATURA:

Las lecturas de temperatura son de mucha importancia, ya que con ellas se aplican cálculos de las distintas formas de: alcalinidad, índice de langelier, etc., las determinaciones de temperatura se efectúan con termómetros de mercurio.

VALOR DE PH:

La determinación de este valor en el análisis del agua es muy importante, ya que el conocimiento del pH permitirá calcular el índice de estabilidad o corrosividad en el agua, además se requiere conocerlo para el cálculo de carbonatos, bicarbonatos, bióxido de carbono, etc., etc.

**DETERMINACION DEL PH:**

Existen dos métodos para determinar o medir el Ph.

- a) El colorimétrico.
- b) El potenciométrico.

**METODO COLORIMETRICO:**

Para la determinación colorimétrica del Ph se requiere el siguiente equipo:

- 1) Disco comparador para el rango - de Ph requerido.
- 2) Indicador correspondiente
- 3) Cubas del comparador
- 4) Gotero.

**PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION:**

- a) En las cubas del comprador se - toman dos muestras.
- b) Se agrega en una de ellas 0.5 ml del indicador.
- c) Se mezcla sin agitar procurando evitar el contacto directo con - los dedos de la mano.
- d) Se coloca la cuba sin indicador contra el vidrio de cristal coloreado, del comparador. La cuba contiene el indicador se coloca el centro del disco.

e) Se acciona el disco hasta encontrar -  
que el color del vidrio coloreado - -  
sea el que tenga la muestra con el in-  
dicador.

De no encontrarse un color exacto el va-  
lor que corresponderá será el interme-  
dio entre los próximos.

#### DETERMINACION DE SOLIDOS:

Al producto de la evaporación de una mues-  
tra de agua a temperaturas de 103° C a 150° C, se le denomina  
sólidos totales o residuo total. Este producto incluye los s $\acute{o}$ -  
lidos suspendidos y disueltos, obteniéndose el residuo disuel-  
to, cuando la muestra es filtrada previamente a la evapora --  
ción. Los residuos suspendidos se obtienen secando la muestra  
suspendida por filtración.

#### DETERMINACIONES QUIMICAS

##### DETERMINACIONES DE CLORO RESIDUAL:

La determinación permite establecer de -  
cloro remanente luego de cierto tiempo de contacto de este -  
elemento con el agua y después que se aplicó la dosis. En es-  
ta forma se regula la dosificación evitando así fallas del --  
elemento que invalidarían el tratamiento o excesos que confe-  
rirían al agua sabor desagradable.

##### SOLUCIONES REQUERIDAS:

1) Solución standar de ortotolidina.

Esta solución deberá conservarse en fras-  
cos de color ámbar en la obscuridad, evitando todo contacto -

con materiales de goma y debe mantenerse a la temperatura normal. La solución deberá conservarse en frascos de color ámbar en la obscuridad, evitando todo contacto con materiales de goma y debe mantenerse a la temperatura normal. La solución standard de ortotolidina es estable solamente durante los seis primeros meses.

#### MATERIALES USADOS:

Escala standard de tipo durable.  
Pipetas graduadas de 10 ml. o aforadas de 5 ml.

#### PREPARACION DEL REACTIVO DE ORTOTOLIDINA:

Disolver 1.35 gramos de diclorhidrato de ortotolidina en 500 ml. de agua destilada agregar a esta solución con agitación, una mezcla de 350 ml. de agua destilada y 150 ml. de ácido clorhídrico concentrado. No es recomendable el uso de la ortotolidina básica para la preparación de este reactivo.

#### PROCEDIMIENTO:

En un tubo de Nessler o tubo standard de características exactamente iguales a los de la escala tipo, se colocarán 5 ml. de la solución de ortotolidina en 100 ml. de agua a examinar.

Se mezclará bien y se dejará en contacto durante 5 minutos preferentemente en la obscuridad y especialmente fuera de la luz solar.

#### CALCULOS:

Los resultados se expresarán directamente en partes por millón o miligramos por litro de cloro residual.

#### DETERMINACION DE ALCALINIDAD:

La propiedad alcalina de las aguas se debe principalmente a la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxido y con menos frecuencia a los boratos y fosfatos.

Numéricamente la alcalinidad es la concentración equivalente a una base y se determina con una solución valorada de un ácido fuerte. Deben de utilizarse indicadores apropiados, para la determinación de la alcalinidad producida por carbonatos e hidróxidos se usa como indicador la fenolftaleína. Cuando se trate de bicarbonatos a determinar, se empleará un indicador con un pH inferior a 5.

Para muestras de agua con un pH alto (8-10), es preferible utilizar un indicador mixto a base de verde bromo - creasol y rojo de metilo

#### PREPARACION DE UNA SOLUCION NORMAL DE ACIDO. SULFURICO:

Si se usa un ácido sulfúrico con una concentración de 96% y un peso de 1.84 gr. por litro, una solución normal se preparará: agregando unos 30 ml, de ácido a un litro de agua destilada, procediendo a valorar con otra solución de carbonato de sodio puro, para ello se pesa un gramo de carbonato previamente secado en la estufa a 120° C durante una hora. Este gramo se coloca en un matraz Erlenmeyer con 50 ml. de agua destilada y se titula con la solución aproximadamente normal de ácido sulfúrico que antes se había preparado, usando como indicador.

La normalización de esta solución será:

$$\frac{1,000}{\text{ml. de sol. usada} \times 53} = N 1$$

Entonces para preparar la solución normal se aplica la ecuación :

$$V = \frac{1000}{N_1}$$

Donde:

V- nos indica el volumen de ácido que debemos agregar a un - - matraz aforado de un litro de agua.

Para preparar la solución N/50 = 0.2 N el volumen será:

$$V = \frac{0.02 \times 1000}{N_1}$$

#### PREPARACION DEL INDICADOR DE FENOLFTALEINA:

Disolver 5 gramos de fenolftaleina en 500 ml.- de alcohol etílico agregando agua destilada, añadiéndose NaOH-0.02 N.

#### PREPARACION MIXTA DE VERDE BROMO CRESOL Y ROJO DE METILO:

Se disuelven 0.02 gr. de rojo de metilo y 0.10 gr. de verde cresol de alcohol etílico.

#### PREPARACION DE ANARANJADO DE METILO:

Disolver 0.5 gr. de anaranjado de metilo en un litro de agua destilada.

#### PREPARACION DE UN INDICADOR DE COLOR:

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINACION DE ALCALINIDAD:

- a) En una matraz Erlenmeyer de 250 ml. se tomará 100 ml. de agua a examinar.
- b) Si en la muestra existiera cloro residual deberá tratarse con una gota de tiosulfato de sodio para neutralizarlo.
- c) Al matraz se agregarán 2 gotas del indicador de fenolftaleína y titular con ácido en una bureta y con agitación circular, se observará el vire que deberá de ser rosa a incolora.
- d) Se anotarán los ml. de ácido gastado en cada determinación, los cuales corresponderán al valor de la alcalinidad a la fenolftaleína.
- e) Si al agregar la fenolftaleína a la muestra de agua contenida en el matraz no da ninguna coloración, esto nos indica que no existe alcalinidad a la fenolftaleína.
- f) La misma muestra de agua que sirvió para la determinación de alcalinidad a la fenolftaleína, servirá para determinar la alcalinidad total, basta agregar unas gotas del indicador anaranjado de metilo y dejar efectuar el vire correspondiente ( color rojo o canela ).

CALCULO DE LAS ALCALINIDADES:

Alcalinidad a fenolftaleína en mg. como  $\text{CaCO}_3$   
 =  $\frac{\text{ml. de ácido } 0.02 \text{ N} \times 1000}{\text{ml. de muestra.}}$

Alcalinidad al anaranjado de metilo en mg/l.  
 como  $\text{CaCO}_3$

=  $\frac{\text{ml. de ácido } 0.02 \text{ N} \times 1000}{\text{ml. de muestra.}}$

Alcalinidad total:

Alcalinidad a fenolftaleína + alcalinidad al anaranjado de metilo.

CALCULO DE LAS FORMAS DE ALCALINIDAD CAUSTICA CARBONATADA - -  
Y BICARBONATADA:

Estos cálculos se basan en la doble titulación fenolftaleínica y anaranjado de metilo, para este método se ha ideado un cálculo de alcalinidades, cáustica carbonatada y bicarbonatada. Se supone que el anaranjado de metilo titula los hidróxidos y la mitad de los carbonatos.

La siguiente tabla no indica la relación entre alcalinidades a la fenolftaleína y la alcalinidad total, con las alcalinidades de hidróxidos de carbonos y bicarbonatos.

Resultado de la Titulación	Valores del Radical como CaCO <sub>3</sub>		
	OH-	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>
F = 0	0	0	T
F - ½ T	0	2 F	T-2F
F - ½ T	0	2 F	0
F - ½ T	2F-1	2 (T-F)	0
F = 0	T	0	0

T = Alcalinidad del anaranjado de metilo.

F = Alcalinidad a la fenolftaleína:

El siguiente ejemplo nos puede mostrar la utilización de la tabla:

Resultado del análisis:

Alcalinidad a la fenolftaleína: 18 ppm

Alcalinidad total : 45 ppm

pH: 8.5 ppm

El resultado del análisis cumple con la ecuación  $F = \frac{1}{2} T$

Calcular los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, usando -- la tabla:

OH	-	Como CaCO <sub>3</sub>	=	0 ppm
CO <sub>3</sub>	-	Como CaCO <sub>3</sub>	=	$2 F = 2 \times 18 = 36$ ppm.
HCO <sub>3</sub>	-	Como CaCO <sub>3</sub>	=	$T - F = 45 - 18 = 27$ ppm.

## DUREZA TOTAL:

La dureza de un agua es la suma de las concentraciones de todos los cationes metálicos que no sean metales alcalinos, expresado en equivalentes de concentración de carbonato de calcio. La dureza en las aguas generalmente se debe a los iones de calcio, magnesio y en menos a la de los iones de fierro, aluminio, manganeso, zinc y otros metales.

## DETERMINACION DE DUREZA TOTAL:

## R E A C T I V O S :

1) Indicador Univ.- Ver. Indicador e - Inhibidor butter universal, en forma de polvo. se usa alrededor de un gramo de este polvo por cada 50 ml. de la muestra. Si ha  $Ca^{**}$  o  $Mg^{**}$  el medio toma un color rojo.

2) Solución Valorada en Permanganato de Sodio - Tritra-ver, se pesan 4 gr y se disuelven en cerca de 750 ml. de agua destilada. A 25 ml. de la solución patrón de sodio, preparada como se indica más adelante, agréguese 1 gr. del indicador. Uni.ver y titúlese. La solución así preparada debe ser equivalente a más de 1 mg. de  $CaCO_3$  por cada ml. Por lo cual se harán diluciones de la solución de tritra.ver que 1 ml. sea equivalente a 1 mg de  $CaCO_3$ .

3) Solución Patrón de Cloruro de Calcio: Disuélvase 1 gr. de  $CaCO_3$  en un poco de NCI ( 1:10) y dilúyase a un litro. 1ml. de esta solución = 1 m de  $CaCO_3$

PROCEDIMIENTO:

Mídase 25 ó 50 ml. de la muestra de --  
 agua y viértanse en un matraz, añádanse aproximadamente -  
 1 gr. del indicador Univer y titúlese con la solución de  
 tritra. Ver, hasta un viraje del rojo al azul auro.

CALCULOS:

Dureza en mgl. como  $\text{CaCO}_3$  =  

$$\frac{\text{Ml gastados} \times 1000}{\text{ml. de muestra.}}$$

DETERMINACION DE LA DUREZA CALCICA:REACTIVOS:

Se utiliza la misma que para dureza total.

SOLUCION DE NAOH:

Solución N se disuelven 160 gr. de NaOH en  
 un litro de agua destilada, se utiliza esta solución con el  
 fin de precipitar el magnesio a un pH alto y solo hacer la  
 determinación de la dureza cálcica.

INDICADOR CAL. VER:

Indicador en forma de polvo, se utiliza -  
 0.1 gramo por cada 25 ml. de agua.

PROCEDIMIENTO:

Mídase 25 ó 50 ml de la muestra de agua  
 y viértase en una matraz de 250 ml. se añade 1 ml. de NaOH  
 y 0.1 gr. de indicador. titúlese con la solución valorada de



#### DETERMINACION DE CLORURO:

El método que utilizamos para la determinación de cloruros, está basado en la titulación del contenido de cloruros, en una solución valorada de nitrato de plata, usándose como indicador cromato de potasio, resultando que tan pronto como todos los cloruros hayan sido precipitados, una pequeña adición de nitrato de plata producirá en la muestra una coloración rojiza. La determinación se considerará terminada y la aparición de color rojiza.

#### EQUIPO NECESARIO:

- Matraces Erlenmayer de 250 ml.
- Bureta graduada de 50 ml.
- Pipetas aforadas de 1, 4, 10 ml.
- Reactivos para determinación de cloruros.
- Solución de Nitrato de plata 0.1 + 1 N.
- Indicador de cromato de potasio

#### PREPARACION DE LOS REACTIVOS:

Solución valorada de nitrato de plata 0.141 N:  
Indicador de cromato de potasio.

Se disuelven exactamente 8.23 gr. de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) en un litro de agua destilada. Para comprobar la normalidad se deberá titular con  $\text{NaCl}$ .

#### PREPARACION DE SOLUCION DE CLORURO DE SODIO:

Se disuelven 8.243 gr. de  $\text{NaCl}$  en un litro de agua destilada.

PREPARACION DEL INDICADOR DE CROMATO DE POTASIO:

Disolver 50 gr. de  $K_2CrO_4$  en 250 ml. de agua -- destilada, agréguese solución de nitrato de plata hasta producir un ligero precipitado de rojo, dejándolo reposar de uno a dos días y filtrese todo el contenido.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR CLORUROS:

- a) Se usarán porciones de 100 ml.
- b) Usar la muestra neutralizada, se puede usar la misma con que se determinó la alcalinidad.
- c) Se agregará un ml. de indicador  $K_2CrO_4$
- d) Se gotea de la bureta con solución de  $AgNO_3$  hasta que la coloración vare del amarillo al rojizo.

CALCULOS:

$$\text{ppm} = \frac{\text{m. AgNO}_3 \times 35.46 \times 1000}{\text{ml. de muestra}}$$

DETERMINACION DE SULFATOS:

EQUIPO NECESARIO:

- Tubos de ensayo.
- Pipetas graduadas de 5 a 10 ml.

REACTIVOS:

a) Solución patrón de sulfato de bario, llevar 100 ml. de  $H_2SO_4$  0.02 N. a un litro de agua destilada.

b) Solución ácida de cloruro de bario disolver 10 gr. de  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$  y 10 ml. de ácido clorhídrico - concentrado en 100 ml. de agua destilada.

DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION "DIFUSA"

Vamos a tratar de conocer, cual será la calidad del agua decantada si el agua floculada se envía directamente a un decantador sometido a una velocidad ascensional dada.

Se podría eliminar un decantador continuo a un decantador discontinuo, del que se extrajera al cabo de un tiempo (T), una cierta capa de agua en la parte superior.

Si la altura de este volumen de agua (H - en metros ) se extrae bruscamente al cabo de T/minutos de reposo es como si el aparato hubiera estado sometido continuamente a una velocidad ascensional de  $HT \times 60 \text{ m/H}$ .

Se procederá de la misma forma en nuestro ensayo de floculación de laboratorio.

Se llenarán los diferentes vasos del floculador. Después de 20 minutos de agitación, se dejará en reposo y se sifonará por medio de un tubo curvado hacia arriba ( a fin de evitar la aspiración de los lodos depositados en el fondo del vaso ), una capa de agua de altura (H) al cabo de tiempos diferentes para cada vaso. Bastará medir la turbiedad a las materias en suspensión en estas diferentes aguas decantadas, para poder fijar la velocidad correspondiente a la muestra que presente un grado de clorificación suficiente.

H será en principio igual a la mitad de la altura del vaso.

La relación entre la turbiedad del agua decantada y la del agua floculada es igualmente, interesante y que da una idea sobre la velocidad de sedimentación de las partículas y permite determinar el floculante a la dosis del floculante con que se consigue la sedimentación rápida.

El cuadro siguiente permite determinar con más precisión las operaciones efectuadas.

El tiempo de sedimentación antes del sifonado.  
(Minuto ) T = .....

	Turbiedad .....	1	2	3
	Materias en suspensión.....	.....	.....	.....
Na-	Relación de clorificación a....	.....	.....	.....
tu-	-	.....	.....	.....
ra-	b	.....	.....	.....
le-	Relación de sedimentación a(2)	.....	.....	.....
za	-	.....	.....	.....
del agua	b	.....	.....	.....
tomada -				
por sifonado				

(1) La velocidad de sedimentación teórica para cada ensayo es igual a  $0.6 H$

(2) Comparar las muestras en 3 tubos haciendo variar las alturas de líquido para observar la misma transparencia y calcular la relación:

Altura de agua bruta a  
 \_\_\_\_\_ = relación de clarificación y la relación.

Altura de agua floculada c  
 \_\_\_\_\_ = relación de sedimentación.

Altura de agua decantada b

#### ENSAYO DE COHESION DE FANGO:

Si se efectúa esta misma experiencia habiendo añadido el agua una cantidad creciente de fango procedente de un ensayo de floculación anterior, se observa que la velocidad de sedimentación aumenta, es decir, que la relación de clasificación para una velocidad dada disminuye .

Esto se produce hasta que se carga el líquido de una cantidad suficiente de fango para conseguir una sedimentación en PISTON.

En esta observación se basa la aplicación industrial de los decantadores de " contacto de fango ".

Como experiencia directa del enriquecimiento de fango durante la floculación, hasta conseguir la máxima velocidad de sedimentación, sería una operación bastante larga - se puede operar de la forma siguiente, se dilata y ocupa un -- volumen aparente casi proporcional a la velocidad del agua, - es decir, que la velocidad es igual a  $K ( E - 1 )$ , siendo E la expansión del fango o sea la relación entre volumen del fango en expansión y su volumen comprimido.

Por lo tanto, el coeficiente K es la pendiente de la recta que representaría la relación y este coeficiente K posee valores diferentes según la naturaleza del fango.

Para el fango bien constituido de sedimentación rápida, el valor del coeficiente K puede alcanzar 0.8 y 1.2

Por el contrario para un fango constituido por un flóculo frágil, ligero y rico en agua, el valor del coeficiente K puede no sobrepasar de 0.3

La determinación de este coeficiente constituye por consiguiente, un dato muy importante para conocer como se comportarán los precipitados de un decantador de " contacto de fango " y para determinar la influencia de un ayudante de floculación.

La determinación del coeficiente K se efectúa como sigue :

- Se utiliza una probeta de 250 ml. en la que se introducirá el fango escogido en los diferentes vasos durante el ensayo de floculación. Se dejará reposar durante 5 minutos. A continuación, se sifonará el exceso de fango introducido, de forma que no quede en la probeta más que un volumen aparente de unos 75 ml. aproximadamente.

- Se introduce después en la probeta, un pequeño embudo prolongado por un tubo cuyo extremo deberá sumergirse ligeramente en la probeta en la parte superior de ésta a fin de evitar el arrastre de burbujas de aire, se introducirá agua decantada en el ensayo de floculación, para que no se produzca ninguna variación de Ph ni de temperatura.

Es necesario introducir esta agua de forma discontinua, en pequeñas cantidades, desbordando el líquido en exceso por la parte superior de la probeta. Con ello se consigue poner el fango en expansión, determinándose las velocidades ascensionales del agua que corresponden, a diferentes estados de expansión del fango.

Si se llama "E" a la expansión, es decir a la relación de volumen aparente del fango al volumen ocupado a velocidad ascensional nula, se comprueba que la curva que representa la velocidad en función de la expansión es una recta

$$V = K ( E - 1 )$$

#### PROCEDIMIENTO:

- a) tomar de 1 a 10 ml. de muestra según el contenido de  $SO_4$  en un tubo de ensayo.
- b) Tomar otros tubos con 0.5, 1.0, 2.0, 2.5 y 3.0 ml. de solución patrón de sulfato.
- c) Llevar la muestra y los patrones a 10 ml. con agua destilada
- d) Añadir a la muestra y a los patrones 1 ml. de solución ácida de cloruro de bario.
- e) Se dejan reposar después de ser agitadas por espacio de 10 minutos y se comparan.

#### CALCULOS:

$$\text{ppm, de sulfato con } SO_4$$

$$\frac{V_1}{V_2} \times 100$$

Donde:

$V_1$  = Ml. de solución patrón en el tubo de --  
ensayo que hace juego con la muestra.

$V_2$  = Ml. de muestra.

#### ESTUDIO DE LA FLOCULACION DEL AGUA

Este estudio tiene por objeto determinar la naturaleza y las dosis de reactivos con los que se consigue tratar un agua en las mejores condiciones.

Los reactivos que se emplean con más frecuencia son : sulfato de aluminio, cloruro férrico y sulfato ferroso o férrico, para la clorificación, y cal, sosa y carbonato sódico para ajustar el pH o para reducir la dureza. Se utilizan además otros reactivos ( sílice activada, poliacrilatos, etc. ), como ayudantes de coagulación . Estos reactivos favorecen la floculación y la sedimentación.

En ciertos casos, también es conveniente añadir oxidantes ( cloro u bióxido de cloro ) o adsorbentes como carbón activado, bentonita, etc.

Es indispensable efectuar un análisis previo del agua, controlando especialmente su temperatura, turbiedad, coloración, pH, grado alcalimétrico y contenido de materias orgánicas.

En primer lugar se ensaya un solo reactivo - en diferentes dosis. Si el resultado no es satisfactorio, se efectúa un nuevo ensayo, repitiendo el tratamiento que mejor resultado ha dado en el primero y experimentado otro tratamiento en paralelo.

Debe hacerse el ensayo de floculación a una temperatura próxima a la que tendrá el agua durante su tratamiento.

#### 10. ENSAYO DE FLOCULACION:

Se utiliza un floculador que permite agitar - simultáneamente el líquido contenido en una serie de vasos a - una velocidad determinada.

Para que los resultados sean comprobables, es preciso naturalmente, que la velocidad de rotación sea idéntica, situándose el valor óptimo alrededor de 40 Rpm para una - - pala de 1 x 5 cms. girando en un vaso de un litro.

Este ensayo se efectúa durante 20 minutos.

Para anotar los resultados, se utiliza el cuadro " Ensayo de Floculación ", el porcentaje de lodo se obtiene después de un tiempo de sedimentación de media hora.

Se completarán eventualmente, los datos anotados en el cuadro; con las determinaciones más interesantes de acuerdo con el fin perseguido por ejemplo:

- Turbiedad del agua decantada.
- Materia orgánica del agua decantada, así como después de filtración sobre papel
- Contenido de hierro y manganeso
- DBO si se trata de agua residual
- Color

El pH tiene una importancia primordial. El valor que debe tomarse en consideración es siempre el pH medio cuando se ha terminado la floculación.

Estos ensayos deberán efectuarse a pH constante y con dosis de floculantes variables, y también para una misma dosis de floculante a pH diferente.

El aspecto de la floculación y eventualmente en análisis de agua decantada, permiten hacerse una idea de la naturaleza y de la dosis de reactivo. con los que se obtendrá el mejor resultado.

## 2o ENSAYO DE CLARIFICACION Y DE SEDIMENTACION

El simple ensayo de floculación, no basta para llevar los resultados a escala Industrial . La cuestión principal es saber a qué velocidad será posible hacer funcionar un decantador.

Pueden presentarse dos casos:

En un ensayo de laboratorio puede obtenerse una floculación relativamente poco abundante, de forma que se deja reposar el agua floculada, cada partícula se deposita como si estuviera sola, algunas a gran velocidad, otras más lentamente.

El líquido se clarifica gradualmente, formándose un depósito en el fondo del vaso; es lo que podría llamarse una " SEDIMENTACION DIFUSA "

En otros casos el líquido floculado es muy turbio y la sedimentación se produce en el conjunto de partículas floculadas, apareciendo en la parte superior del vaso un líquido claro sobre una capa fangosa, es lo que podría llamarse " SEDIMENTACION EN PISTON "

La cual, prácticamente no produce más que cuando se tratan líquidos muy ricos en materias floculables.

Los ensayos de laboratorio que deberán efectuarse serán ligeramente diferentes en uno y otro caso.

La pendiente de esta recta, representada por el coeficiente "K", es la característica de la cohesión del fango. Es la velocidad correspondiente a una expansión del fango igual a 2, y depende de la temperatura, que es preciso anotar, por tanto, en cada ensayo.

Se mide el tiempo T/segundos que corresponde a la introducción de 100 m. de agua por volúmenes expandidos del fango de

75 -100 - 150 - 200 ml.

Y se traza sobre un gráfico la recta representativa en función a la velocidad V.

$$\text{Esta velocidad } V \text{ es igual a } \frac{3.6 \text{ A}}{T}$$

siendo a la altura en milímetros de la probeta que corresponde a 100 ml. ( distancia entre los trazos 100 y 200 ).

#### DETERMINACION GRAFICA DEL COEFICIENTE "K" DE COHESION:

Prolongar la recta hasta su intersección P -- con el eje ordenadas.

La distancia OP valorada en unidades de velocidad V, representa el coeficiente "K" de la ecuación de la recta.

$$V = K ( E.1)$$

Anotar la temperatura del agua en el momento del ensayo.

$$\text{Velocidad} \quad \quad \quad 3,6 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\quad \quad \quad}{T \text{ segundos.}}$$

#### DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACION "EN PISTON "

Cuando el ensayo de floculación produce directamente una sedimentación " en pistón ", es inútil e incluso perjudicial enriquecer el líquido con fango y por consiguiente, no existe motivo para preveer la utilización de un decantador de " contacto de fango ".

En este caso, se determina directamente la velocidad de contracción de la masa fangosa, tal como resulta del ensayo de floculación y tal como se producirá de una forma natural, en un decantador.

Se procede de la misma forma que para la determinación de coeficiente K, pero trabajando con una concentración de fango igual a la obtenida al flocular un litro de agua a ensayar.

Se introducen en una probeta 250 ml. de líquido floculado. Se deja asentar el fango durante 5 a 10 minutos, a fin de que el flóculo vuelva a formarse. A continuación se introduce agua por el embudo, de forma discontinua con objeto de que el fango se expanda hasta un volumen aparente de 250 ml.

La velocidad obtenida corresponde a la velocidad ascensional que sería teóricamente posible admitir en un decantador.

Después de esta operación, conviene dejar que se comprima el fango espontáneamente en la probeta, anotando los volúmenes aparentes, en relación con el volumen inicial, ocupados por la capa de fango en función del tiempo.

Esto permite conocer el volumen de fango que es preciso extraer y por consiguiente, calcular algunos elementos del decantador, tales como los concentradores de fango, las palas de rascado, etc.

Se anotarán los resultados en la línea que puedan en blanco en : " Ensayo de Clarificación y Sedimentación "

El cuadro siguiente resume las operaciones:

Altura de la probeta correspondiente a 100 ml...  $A = \text{mm.}$

Volumen de agua introducido en un minuto manteniendo la capa superior de fango al nivel del líquido colocado en la probeta ( 250 ml )

$B = \text{ml.}$

Velocidad teórica de sedimentación en metros

por hora                       $V_s = m/h$

Altura de la capa de fango durante una sedimentación en reposo sin introducción de agua en la probeta y después de un tiempo de :

1 minuto	cm.
2	- cm.
3	- cm
5	- cm
15	- cm
30	- cm
60	- cm
120	- cm

#### ENSAYO DE CLARIFICACION Y SEDIMENTACION.

( Natural, Difusa, en Pistón ).

Naturaleza del tratamiento: .....  
 Altura del líquido sifonado:.....  
 Turbiedad del agua bruta: .....  
 Turbiedad el agua floculada .....

Tiempo de sedimentación en minutos	2	3	5	10
Velocidad teórica m/h.....	.....			
Relación de clarificación a/b....	..... (1)			
Relación de sedimentación c/b...,	..... (2)			
Agua                      Turbiedad .....	.....			
Clarificada      Peso en materias en-	.....			
suspensión	.....			
% de fango.....	.....			

#### COHESION DE FANGO:

- Sedimentación difusa  $K =$
- Sedimentación en pistón.
- Velocidad de decantación VS m/h

$$VS = \frac{0,6 AB}{1000} \quad -$$

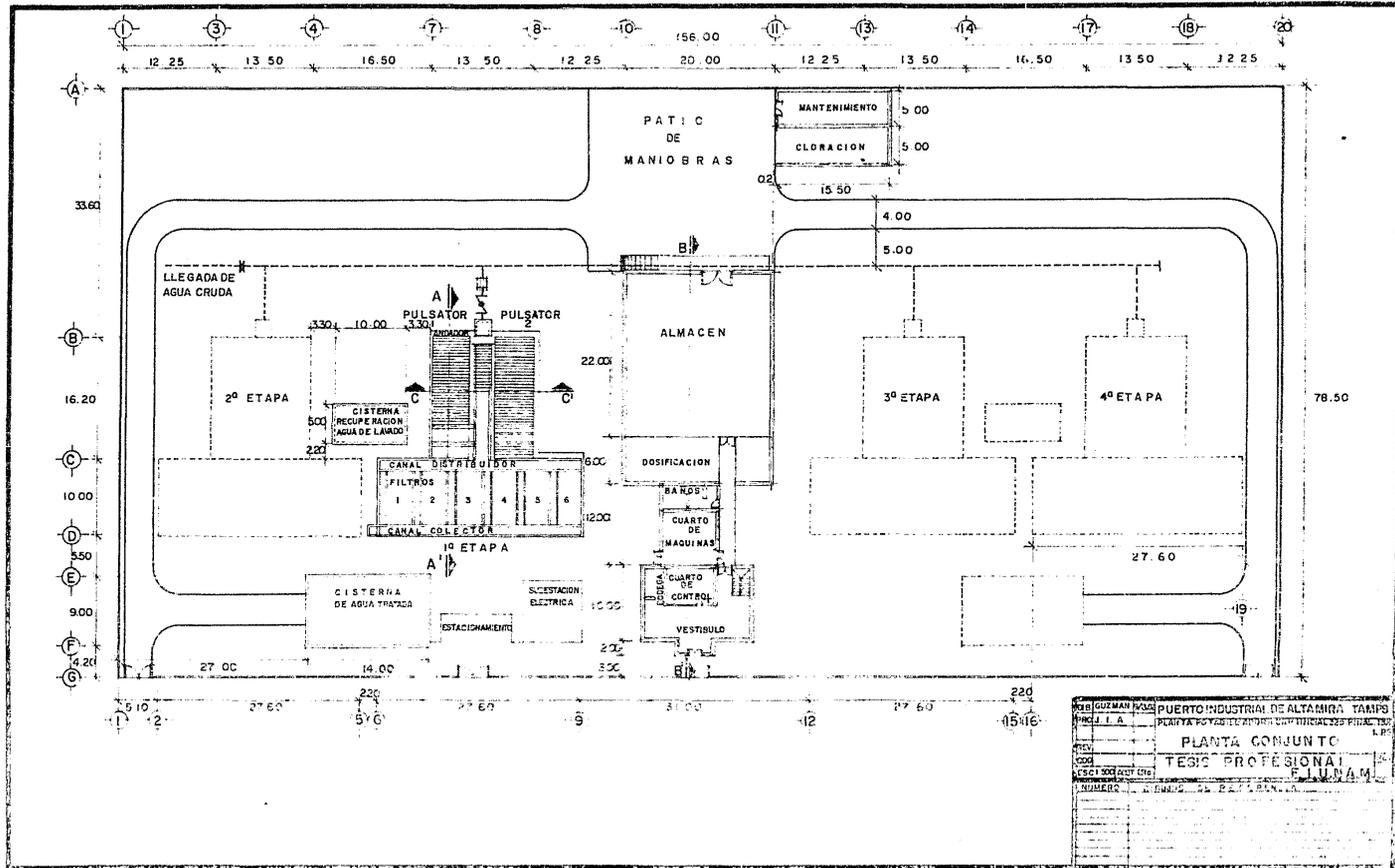
A = Altura en mm de 100 ml.

B = Volumen introducido en un minuto.

- (1) No rellenar más que en caso de " Sedimentación - --  
difusa "

CAPITULO III. Planos de Conjunto General.





PROYECTANTE	GUZMAN	PUERTO INDUSTRIAL DE ALTAMIRA TAMPS
TITULO	PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA	PROYECTO FINAL
FECHA		
ESCALA		
PROYECTADO POR		
REVISADO POR		
NUMERO		

CAPITULO IV : MANUAL DE OPERACION Y  
MANTENIMIENTO.

En el desarrollo de los capítulos anteriores, nos hemos interesado por dar las bases necesarias para diseñar una planta de tratamiento de agua potable.

El fin principal en la depuración del agua de un abastecimiento público, es la eliminación de todos los organismos patógenos que pueda contener antes del tratamiento, convirtiéndose así en agua potable o sea inofensiva como bebida. Asimismo para que sea completamente satisfactoria debe carecer de coloración, sabor, olor y turbidez, que la harían desagradable; el tratamiento de agua, a estos efectos, es con frecuencia muy importante, aunque no tanto como la supresión en ella de organismos nocivos.

En ésta tesis hemos incluido como cuarto capítulo el desarrollo del manual de operación y mantenimiento de la planta potabilizadora; que si bien no será del todo completo, por ser un tema muy extenso, les dará nociones a los interesados de las reglas de utilización de una manera correcta de los equipos involucrados en este proceso.

Para esto un sistema será siempre eficiente, cuando lo que se ha planeado cumple con los requisitos operacionales y se lleva a cabo un buen mantenimiento.

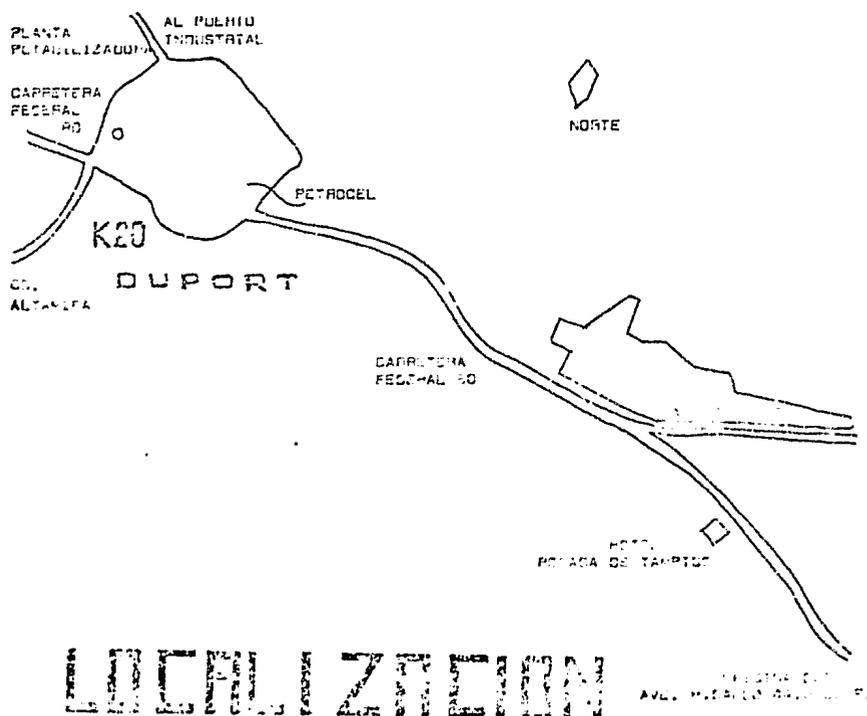
La atención que se preste a la eficiencia

cia del diseño; y el mantenimiento dado se verán reflejados - en el flujo económico, tratando de que este último sea lo más eficiente.

Los adelantos técnicos en el tratamiento de agua, van siendo aplicados de una manera acelerada, y los resultados obtenidos han sido satisfactorios, gracias a un - buen mantenimiento.

#### Localización.

Esta planta será construída en el Puerto Industrial de Altamira Tamps. ( Ver plano de localización ).



Para entender mejor la operación de la planta potabilizadora, dividiremos ésta, en zonas más o menos independientes con carácter de operación definida, siendo las siguientes:

- 1) Zona de llegada de agua cruda.
- 2) Zona de medición
- 3) Zona de clarificación; incluyendo dosificación de químicos y cloración.
- 4) Zona de filtración
- 5) Bodega de reactivos

- 1) Zona de llegada de agua cruda.

Estará formada por una tubería A.C. de 20"  $\varnothing$  por la cual - llegará el agua cruda, se amplía a 24"  $\varnothing$  en la que se instalará una válvula de mariposa de operación manual para regular el flujo de llegada.

- 2) Medición de agua cruda.

En la zona de llegada de agua cruda se localiza un equipo primario de medición. El flujo al crear una presión diferencial transmite señal a un integrador y éste a su vez, - al graficador que se encuentra localizado en el tablero de control.

Las características de diseño son las siguientes:

$Q_{min} = 325 \text{ LPS.}$

$Q_{max} = 444 \text{ LPS.}$

ASNM = 15

Temperatura ambiente = 25° C.

Transmisor de presión diferencial ( Se instalo entre placas -  
de orificio ).

Extractor de raíz cuadrada  
Registrador  
Fuente de poder

ubicación  
tablero de control

Clarificador

Debido a que nos encontramos en presencia de una agua con tendencia a formar floculación ligera, y la solución más simple que se adopto fué la de utilizar el mismo manto de lodos. Esta se obtiene circulando el agua a manera de filtración a travez del lecho de lodos obteniéndose una floculación prácticamente inmediata con un costo de clarificación y de cloración muy reducida.

Para el proyecto se ha considerado un decantador pulsator, equipado en placas paralelas instaladas a 60° para una mayor eficiencia en la clarificación.

3.1 Las características principales son las siguientes:

Caudal máximo de diseño	444 LPS
Caudal de operación	325 LPS
Número de unidades	2
Largo	16.00 m.
Ancho	6.70 m.
Profundidad	5.00 m.

Este pulsator cuenta con los siguientes elementos. Una cámara de pulsación: donde se realizan las pulsaciones de la manera siguiente:

Se cuenta con un ventilador en la parte superior de la campana; que extrae el aire de la cámara de

vacío, el agua tiende a elevarse hasta llegar a una altura aproximada de 0.80 m. donde toca un electronivel; este manda señal a la válvula de mariposa neumática de abrir, rompiéndose de inmediato el vacío, al llegar al 2° electronivel cuando se esta vaciando la cámara, cierra la válvula y se repite el ciclo. El tiempo observado en el vaciado es 16-20 segs. y el de llenado es de 60 segs.

La capacidad del motor del ventilador es 20 H.P. a una velocidad de 1750 RPM.

Conexión trifásica y es gobernado en el tablero de control general. Esta operación se puede ejecutar con TIMERS, siendo más recomendable.

### 3.2 Ajuste de pulsaciones.

Se llevan a cabo disminuyendo la altura entre electroniveles de 0.80 - 0.50 cm. es recomendable para con poca turbiedad 0.50 cm., así como de 0.90 m. para aguas muy pesadas.

- 1.- Esta altura se ajusta con el electronivel y la válvula de control puesta en la aspiración del ventilador.
- 2.- La velocidad de pulsación se puede ajustar con la válvula de rompevacío.

### 3.3. Inyección de reactivos.

La inyección de reactivos influye-

a aumentar la coagulación de partículas coloides; así como de la eliminación de manganeso, control de PH, decantación de bióxido de fierro y control de bacterias orgánicas.

Los reactivos utilizados aquí son los siguientes:

Sulfato de aluminio partes por millon aplicadas de 30 - 40 - p.p.m.

Cal. química PPM 10

Permanganato de potasio: (Eliminación de manganeso) si se analiza el agua y si encuentran 4 PPM de manganeso deberán suministrarse 16 PPM permanganato de potasio ( 4 veces más ).

La inyección no es continua solo deberá inyectarse cuando se presentan indicios de manganeso.

Los análisis serán diarios.

La arena tiende a retener el permanganato de potasio; para que a su vez elimine el manganeso ( arena con color obscuro ).

Polielectrolito; nos ayuda a sedimentar el dióxido de fierro - se recomienda suministrar 1/10 de partes por millón de las partes PPM que se están suministrando de sulfato de aluminio. Se utilizará sólo cuando se tengan problemas de floculación.

Los reactivos anteriores que son inyectados son suministrados por los siguientes equipos.

Los equipos de bombeo, agitadores y vibradores que operados en una forma manual, se cuenta con la estación de botones de

a aumentar la coagulación de partículas coloides; así como de la eliminación de manganeso, control de PH, decantación de bióxido de fierro y control de bacterias orgánicas.

Los reactivos utilizados aquí son los siguientes:

Sulfato de aluminio partes por millon aplicadas de 30 - 40 - p.p.m.

Cal. química PPM 10

Permanganato de potasio: (Eliminación de manganeso) si se analiza el agua y si encuentran 4 PPM de manganeso deberán suministrarse 16 PPM permanganato de potasio ( 4 veces más ).

La inyección no es continua solo deberá inyectarse cuando se presentan indicios de manganeso.

Los análisis serán diarios.

La arena tiende a retener el permanganato de potasio; para que a su vez elimine el manganeso ( arena con color obscuro ).

Polielectrolito; nos ayuda a sedimentar el dióxido de fierro - se recomienda suministrar 1/10 de partes por millón de las partes PPM que se están suministrando de sulfato de aluminio. Se utilizará sólo cuando se tengan problemas de floculación.

Los reactivos anteriores que son inyectados son suministrados por los siguientes equipos.

Los equipos de bombeo, agitadores y vibradores que operados en una forma manual, se cuenta con la estación de botones de

arranque y paro en el tablero de control.

### 3.4 Cloracion.

Según los análisis y resultados obtenidos se recomienda suministrar en la precloración, 5 PPM de cloro:- Asimismo cuando llueva es recomendable aplicar en post-cloración 1 PPM como máximo. Para esto se cuenta con un equipo de bombeo para ayudar a crear vacío en el eyector y así bombear, la solución de cloro.

El clorador empleado es manual con una capacidad de cloración de 20 Kg/hora, su ajuste se encuentra en el rotámetro que nos indica en una forma directa y visual la cantidad de PPM de cloro suministrado.

### 3.5 Concentración y extracción de lodos.

El volumen de lodos aumenta con la llegada de nuevas impurezas floculadas debido a las aportaciones de agua cruda y reactivos químicos.

Cuando éste alcanza un volumen tal que tiene la misma altura del concentrador de lodos en forma triangular. será necesario extraer el lodo en exceso hacia el drenaje.

La tolva de concentración esta equipada con tubos de recolección de lodo, los cuales se conectan a un colector principal hacia la parte exterior del clarificador,-

cuya salida esta ubicada abajo del nivel de operación.

Los vaciados o purgas de lodo se hacen - de forma intermitente, mediante una válvula de mariposa de actuador neumático, con un solenoide de 4 vías; alimentado de aire.

Es recomendable efectuar purgas de lodos cortos 11-30 segundos por capacidad de tiempo y un tiempo de reposo.

Los tiempos de purga de lodos son automáticos de acuerdo al volumen producido por el proceso de clarificación, lo cual se detecta por la prueba de jarras.

Cuando exista arrastre anormal de floculos en la clarifloculación.

Checar si las pulsaciones son demasiado fuertes, ó falta purga de lodos.

Checar la dosificación de químicos.

### 3.6 Mantenimiento.

Ventilador y bombas rotativas

- Vigilar lubricación del ventilador
- Checar tensión de bandas
- Checar y cambiar eventualmente la válvula solenoide - de mando de la válvula neumática de purga de lodos; y de pulsación..

- Checar y cambiar eventualmente los empaques de las válvulas.
- Lubricar el vástago de los actuadores neumáticos así como de las articulaciones.
- Anualmente, preveer un vaciado del tanque de clarificación para checar posibles ensolves.

### 3.7 Arranque del clarificador.

Después de observar o determinar la cantidad de reactivos necesarios y su dosis respectiva. Se procede a operar el clarificador, a la tercera o media parte del caudal nominal agragando los reactivos químicos necesarios, con una dosis doble de la requerida, hasta formar el manto de lodos.

Iniciar las pulsaciones suaves, para que se asiente el flóculo en formación.

Cuando ya tiene un nivel suficiente en el clarificador, y el volúmen de lodo apreciable, se puede iniciar poco a poco las operaciones normales de pulsación y de purga de lodo, aumentando correlativamente el caudal de tratamiento hasta llegar al caudal nominal.

NOTA: Fallas y causas probables de clarificación, deficiencia en dosificación de reactivos químicos, checar: prueba de jarras; preparación, desgastes en tuberías y accesorios internos.

#### 4. FILTRACION.

La planta cuenta con una bateria de seis filtros Aquazur y con lavado de retorno de agua. El caudal es igual en los seis filtros alimentados por un canal común a ellos.

Las características de diseño y de operación son las siguientes:

Número de unidades	6
Largo	10,000.00 mm.
Ancho	3,500.00 mm.
Altura	4,480 mm.

Cada filtro cuenta en su interior con un falso fondo de concreto donde se encuentran alojadas las espreas que colectan el agua filtrada.

El agua llega al filtro mediante un canal general de agua, como ya lo hemos mencionado anteriormente, y se reparte por un vertedor; la compuerta deslizante permite aislar cada unidad; luego el agua.

Se reparte a través de un tubo con barrenos para una mejor distribución de agua en el lecho filtrante, cuya altura es función de la velocidad de filtración, el agua filtrada es recolectada por las espreas y es vertida a un canal superior que nos permitirá retrolavar a los filtros.

El lavado de los filtros se realiza en una forma semi-automática de la manera siguiente:

En el interior de los filtros se encuentran ubicados dos electroniveles para operación normal y para atascamiento.

Cuando el filtro se encuentra atascado el nivel de agua tenderá a subir, llegando al electronivel de atascamiento, este mandará una señal audible indicando que el filtro deberá lavarse, se seleccionará el filtro a lavarse y habriremos la válvula de vaciado del tanque y cerraremos la válvula de entrada.

Al verificar un lavado de la parte superior del lecho filtrante, operaremos en una forma normal.

Es de observarse que el agua filtrada de los demás filtros es utilizada en el lavado de filtro atascado Bodega de reactivos.

Para evitar una posible falta en los suministros químicos y de cloro deberá tomarse en cuenta lo siguiente:

Cal = Este reactivo es necesario para compensar la acidez producida por la precipitación del hidroxido de aluminio, siendo el PH optimo de 6.8 - 7.4

Cantidad de cal. suministradas,

- 10 PPM

Q = 325 LPS

C =  $325 \times 3600 \times 10 = 11.70 \text{ Kg/h.}$

C = cantidad de kilos por hora de cal. química.

Almacen para 15 días =  $11.70 \times 24 \times 15$

ALMACENAR = 4.212 TONELADAS

Sulfato de aluminio. Este reactivo su función principal es el de coagular, es decir es el que permite la decantabilización de las suspensiones coloidales presentes en el agua la dosis óptima se determina por la prueba de jarras y según experiencia fluctua entre 30-40 PPM.

$$Q = 0.35 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_{\text{Horario}} = 1260 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$C = 1260 \times 40 \text{ max} = 50.40 \text{ kg/h.}$$

C = cantidad de kilos por hora de  $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$

Almacén para 15 días =  $50.4 \times 24 \times 15$

ALMACENAR = 18.144 TONELADAS

#### CLORO

Tiene por objeto la oxidación de las materias orgánicas, su aplicación es importante en el aspecto organoléptico del agua (sulfuros y algas) y en el aspecto decoloración de la misma.

$$Q_{\text{Horario}} = 1260 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$\text{Solución} = 1260 \times 5 \text{ PPM} = 6.300 \text{ kg/h.}$$

$$6.3 \times 24 = 151.2 \text{ kg/día.}$$

Si tenemos tanques de 900 kgs.

$$\text{Núm. DIAS} = \frac{900}{151.2} = 6 \text{ días.}$$

Duración aproximada de un tanque 6 DIAS

Recomendamos tener en stock mínimo 3 tanques llenos de gas.

### Partes de Repuesto

Recomendamos leer los catálogos de los equipos involucrados en la Planta Potabilizadora.

Asímismo consideramos que las partes de repuesto mas usuales son las siguientes:

#### I.- Válvulas de mariposa de N" Ø

- 1 Cilindro
- 2 Asiento Buna N
  
- 1 Flecha
  
- 1 Juego de Bujes
- 2 Juegos de empaques para cilindro neumático
- 1 Juego de mangueras para válvula
- 1 Juego de válvula solenoide.

#### II. Válvulas de compuerta.

Abrir o cerrar para evitar que se peguen y lubricarlas de vez en cuando. Empacarlas cuando sea necesario

#### III. Medio Filtrante.

Reponer arena filtrante de granulometría.

0.8 - 0.9 mm.

Ya que se pierde en los retrolavados, - hay que considerar 10 cm. de altura de material filtrante para reposición.

#### 4. Area de Dosificación.

Es recomendable leer instructivos de operación del propio fabricante de equipos.

Debe de existir en almacén:

- Aceite de las características recomendadas por el fabricante.
- Empaques.
- Flechas de agitadores
- Prisioneros
- Propelas

#### 5. Cloración.

Es muy usual en estos equipos, debido - al escaso mantenimiento, tener en stock:

- Dos flotadores
- Un rotámetro
- Empaques de plomo
- Conexiones flexibles U x 1098 3/4" NPT, conexión hembra de 2 ó 3 pies ( ft. ).

Por último es importante que al comprar los equipos se soliciten los manuales de operación y mantenimiento, catálogos de dimensiones y partes de repuesto.

CAPITULO V. COSTOS.

En este capítulo he desarrollado el costo total de la Obra, tomando como base la experiencia de mi Coordinador el señor Ing. Xavier Larzilliere, y la ejecución por parte mía de varias Plantas; cabe mencionar aquí que en el año de 1979 una obra de 350 LPS alcanzó un costo aproximado de 30 millones, pero que debido a la situación actual de los precios que varían de una forma muy acelerada, podría alcanzar en la actualidad (Octubre/82), un valor de hasta 120 millones.

Si observan personas con experiencia en la construcción y equipamiento de Plantas los resultados obtenidos, andarán en un costo real aproximado.

Es importante recalcar que dicha cuantificación no está basada en resultados reales, ya que la estructuración de los módulos, no está al alcance de esta tesis, así como la cuantificación real, estaría basada aproximadamente en 81 planos. Y en la elaboración de estos Planos y cuantificación, se requiere de un grupo de Ingenieros Civiles, Mecánicos, Electricistas, y Analistas de Precios Unitarios.

#### DESGLOSE DE PLANOS

		<u>NUM. DE PLANOS.</u>
1	Localización General.	1
2	Elevación Planta y Cortes Dimensionales.	2
3	Detalle.	10
4	Piezas de empotramiento.	3
5	Mecánicos.	15
6	Civiles.	30
7	Eléctricos.	<u>10</u>
	TOTAL:	81

De lo anterior, solo podremos decir -- que esperando sea de utilidad a los interesados en este tema, hemos llamado costo al precio de venta que en el mercado Nacional tendrá la Planta Potabilizadora de Altamira, Tamps., basada en el diseño, capítulo II.

En la actualidad el factor de costos -- directos puede variar de 1.3 - 2.0 debido a como ya lo hemos señalado, al cambio dinámico de los precios en equipos y materiales. (Para este caso se tomo 1.6).

A) COSTO DE AGUA POTABLE POR METRO CUBICO.-

El precio por metro cúbico de agua producida se reducirá al utilizar las sobredimensiones de los -- equipos hasta la tercera etapa. Para el primer módulo de 1170 m<sup>3</sup>/Hr el costo por metro cúbico será:

D A T O S .

Costo total	97'358,749.04
Reactivos químicos por hora.	879.50
Operación y refacciones x hora.	1,000.00
Vida util.	10 años.
Depreciación lineal.	

$$\begin{aligned}
 \text{Depreciación:} &= \frac{97'358,749.04}{10} \\
 &= \frac{9'735,874.90}{3.65} \\
 &= \frac{26,673.63}{2.4}
 \end{aligned}$$

$$\text{Depreciación} = 1,111.40 \times \text{hcra.}$$

<u>S U M A S :</u>	1,111.40
	879.50
	<u>1,000.00</u>
	2,990.90

El costo de producción de agua por metro cúbico será:

$$\$ \times m^3 = \frac{2990.90}{1170}$$

Siendo 1170 en m<sup>3</sup>/ hr.

y \$2,990.90 el costo de producción de 1170 m<sup>3</sup>  
por hora.

Por tanto,

$$\$ \times m^3 = \$2.55$$

$$\$ \times \text{litro} = \frac{2.55}{1000}$$

---


$$\$ \times \text{Litro} = \$ 0. 00255.$$


---

B)

RESUMEN DE COSTOS

Planta Potabilizadora  
Del Puerto Industrial  
y Marítimo de Altamira  
Tamps. capacidad ini--  
cial 325 lps.

<u>PARTIDA</u>	<u>C O N C E P T O</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>IMPORTE</u>
1.00.00	Construcción y equipamiento de la Planta Potabilizadora.				
1.00.01	Obra Civil para la Construcción de la Planta, de acuerdo al Proyecto. Capacidad inicial 325 -- lps.				
1.00.02	Pulsator.	pza	1	10'394,399.00	20'788,798.62
1.00.03	Filtros.	pza	6	2'402,480.47	14'414,882.82
1.00.04	Cisterna de la Planta y recuperación de agua de lavado.	pza	2	2'841,072.00	5'682,144.00
1.00.05	Edificios de oficinas, dotificación y almacén de -- reactivos.	pza	1	5'884,750.00	5'884,750.00

1.01.00	Electromecánica.				
1.01.01	Dosificación de Reactivos Químicos.	pza	1		
1.01.02	Sulfato de Aluminio	pza	1	3'539,008.00	3'539,008.00
1.01.03	Cal química.	pza	1	3'539,008.00	3'539,008.00
1.01.04	Polielectrolito.	pza	1	1'762,976.00	1'762,976.00
1.01.05	Sedimentación con todos - sus accesorios.	pza	1	7'357,094.00	7'357,094.00
1.01.06	Filtración con todos sus accesorios.	pza	1	12'343,680.00	12'343,680.00
1.01.07	Cloración con todos sus accesorios.	pza	1	2'483,520.00	2'483,520.00
1.01.08	Agua de Servicios.	pza	1	1'003,544.00	1'003,544.00
1.01.09	Electricidad, incluyendo alumbrado, centro de control de motores, fuerza, alimentación completa en todos los puntos de consumo.	pza	1	8'000,000.00	8,000.000.00
1.01.10	Recuperación de agua de lavado.	pza	2	1'789,522.00	3'579,044.00

1.00.11	Montaje de los equipos	mont.	1	4'480,000.00	4'480,000.00
1.00.12	Entrenamiento de personas y reactivos químicos durante el entrenamiento (45 días).	pza	1	2'500,300.00	2'500,300.00
				T O T A L :	<u>97'358,749.44</u>

(NOVENTA Y SIETE MILLONES TRESCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y NUEVE PESOS 44/100 M. N. ).

CONCLUSIONES .

## CONCLUSIONES.

Como resultado del análisis de las dimensiones de los equipos y estructuras, hemos observado que el precio por m<sup>3</sup> de agua en la planta alcanza el valor de \$2.55.

Ahora bien, sí como gente cotidiana nos preguntamos cuanto nos cuesta el agua potable a nuestro domicilio veremos la gran diferencia.

Para nuestro caso el costo no varía, por revazar ciertos límites, sino más bien por la dificultad de llevar a la Planta Potabilizadora el agua cruda; a la distribución de agua, siendo por gravedad o por bombeo. Que como recomendación es mejor bombear agua ya tratada que agua cruda.

Por último, concluimos que siendo el agua potable un líquido vital para la existencia de la humanidad - cualquier precio pagado para la construcción de las Plantas Potabilizadoras nunca será comparado con el precio de la vida del ser humano.

Y que una característica importante para bajar el costo de estos equipos será el interés y responsabilidad que sobre este tema se presente en las Universidades para su diseño.

BIBLIOGRAFIA.

B I B L I O G R A F I A .1 ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOCION DE AGUAS RESIDUALES.

Tomo 1.

Autor FAIR-GEYER Y OKUN.

Editorial LIMUSA.

Edición 1980.

2 HIDRAULICA GENERAL.

Volumen 1.

Autor: Gilberto Sotelo Avila.

Editorial: Limusa.

Edición 1981.

3 MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS.

Publicación Departamento de Sanidad del Edo. de Nueva York.

Editorial Limusa.

Edición 1981.

4 MANUAL TECNICO DE AGUA.

Publicación Degremont.

Edición 1979

5 MEMENTO TECHNIQUE DE L'EAU.

Formulaire Degremont.

Edición 1972

6 NORMAS DE DISEÑO PARA EL PROYECTO DE LAS PLANTAS  
ESTABILIZADORAS S.A.H.O.P.

Editada F.I.U.N.A.M.