

T  
628.1  
MOR

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“ Diseño de una Planta Modular de Agua Potable con una  
capacidad de 200 m<sup>3</sup>/día lista para ser instalada “

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECANICO**

Presentada por:

Fernando Eduardo Morán Ríos

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2003



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL,



CIB-ESPOL,



D-32201

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente en el Ing. Ernesto Martínez Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

## DEDICATORIA

A mis padres por su incondicional apoyo y por haberme dado las mejores herramientas para ser una persona de bien en la vida. A mis hermanos por haber sido mis grandes amigos. A mi eterna compañera por haberme dado toda su ayuda y el mejor regalo que pude haber recibido. A mi pequeño hijo por ser el motivo de mi inspiración.

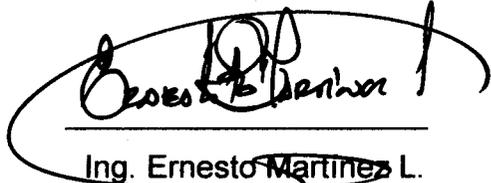
# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



CIB-ESPOL



Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Marcos Tapia Q.  
VOCAL



Ing. Manuel Helguero G.  
VOCAL



CIB-ESPOL

## DECLARACIÓN EXPRESA

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



---

Fernando Eduardo Morán Ríos



CIB-ESPOL

## RESUMEN

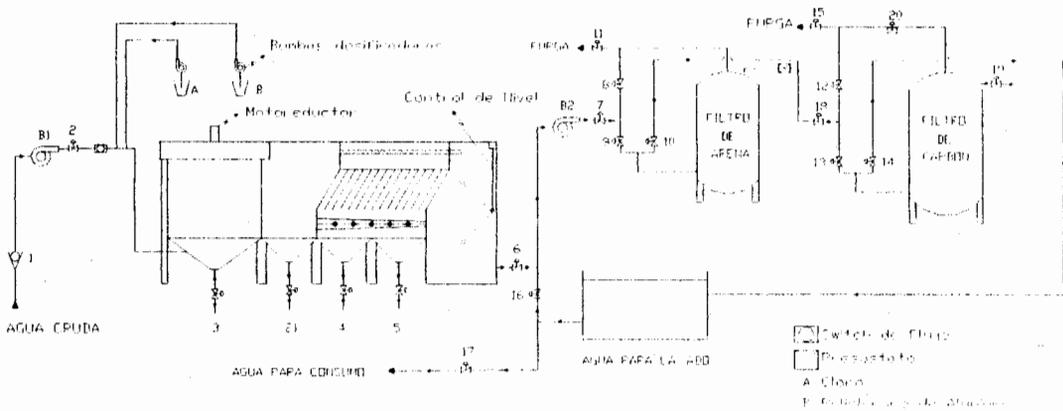
El presente trabajo, consiste en el diseño de una planta potabilizadora de agua para poblaciones rurales de hasta 2500 habitantes, con un consumo promedio de 80 lit./día.hab. A diferencia de las plantas convencionales de tratamiento de agua, ésta ha diseñada de manera que resulta compacta, de operación semiautomática, de fácil transportación y lista para ser instalada.

El proceso de potabilización del agua consta de las siguientes etapas:

1. Captación
2. Desinfección
3. Coagulación
4. Floculación
5. Sedimentación
6. Filtración



CIB-ESPOL



**Esquema de la planta**

A continuación se detalla cada de uno de las etapas mencionadas y se describe el diseño de sus elementos.

## 1. Captación

La captación del agua a ser tratada, ya sea esta proveniente de ríos, lagos o pozos, se realiza mediante bombas. Estas bombas son seleccionadas según el tiempo en que se pueda bombear el agua con bajos niveles de sedimentos, a fin de obtener el caudal necesario de agua potable a producir.

Para almacenar el agua se ha dimensionado una cisterna que funciona como un desarenador o pre-sedimentador, con un volumen del 75% de la producción diaria.



En el desarenador el agua entra por la parte superior y al atravesar la cisterna las partículas pesadas caen hacia el fondo, el cual tiene una pendiente del 10% en sentido contrario al flujo de agua, haciendo que las partículas se depositen en la parte más baja donde se encuentran los lodos. El agua que atraviesa la cisterna llega libre de sedimentos pesados y está lista para ser bombeada hacia la planta.

La bomba de captación desde la cisterna puede ser accionada manualmente o por el switch de nivel marca MAC3 modelo M15-3 instalado al final del tanque de sedimentación. La bomba tiene las siguientes características:

**BOMBA 1 (Captación desde cisterna)**

**Bomba:** Marca Goulds Pump, Modelo GT20, 35 GPM, 37.5 metros de descarga o 53.3 psi.

**Motor:** 3500 RPM, 1 fase, 220 Voltios, de 2 HP.

## **2. Desinfección**

Una vez que el agua se ha liberado de las partículas más grandes, se somete a desinfección, agregándole cloro en cantidades de 3 ppm cuidadosamente dosificadas. Este elemento tiene la cualidad de que

destruye las bacterias que se encuentran en el agua y además conserva sus efectos bactericidas antes de llegar a los usuarios.

Para esto se seleccionó una bomba dosificadora con las siguientes características:

Marca:	Walchem – lwaki
Modelo:	EZ-B20-N-1-VC
Caudal:	1.5 gal/h
Voltaje:	110 V monofásico

La remoción de las bacterias es directamente proporcional a la remoción de turbiedad y se puede lograr remociones de hasta el 99.7% cuando se tiene una eficiencia muy alta en el proceso de coagulación y sedimentación.

### **3. Coagulación**

Para continuar con el tratamiento de potabilización se agrega una sal básica de policloruro de aluminio, productos estabilizantes y polímeros orgánicos coagulantes, diseñada para brindar un mayor poder floculante

que las sales normales de aluminio y hierro, a mas bajo costo y sin exceso de Al en el agua tratada.

La dosis necesaria para una buena coagulación es de 40 ppm, esto se consigue por medio de inyectores, los que a su vez producen una homogenización casi instantánea.

Esta mezcla de coagulante con flujo de agua, se regula por medio de la velocidad de los chorros y el número de chorros dentro de la sección de la masa de agua.

Mediante la inyección se cubre el 83% del área de la tubería, con lo que se produce la máxima eficiencia. Esto se consiguió al colocar 11 agujeros de 2 mm de diámetro y 11 agujeros de 1 mm. El Tiempo de mezcla producido es 0.13 segundos, con un gradiente de velocidad de 2094 S-1.

Para realizar esto se seleccionó una bomba de iguales características a la de la etapa de desinfección.

#### **4. Floculación**

Luego de esto se da la etapa de floculación donde se produce la  
agitación lenta del agua, para favorecer que se pongan en contacto las



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

partículas coaguladas, las bacterias y la materia suspendida, hasta que se adhieran entre sí formando grandes masas de flóculos.

Para realizar la floculación se utilizó un motoreductor con las siguientes características:

Marca:	SEW EURODRIVE
Modelo:	S47DT61D6
Potencia:	0.25 KW
Velocidad de salida:	8 rpm
Torque:	1510 lb
Relación de reducción:	137.05
Etapas:	2
Velocidad del motor:	1200 rpm

El mezclador es de cuatro brazos de tres paletas cada uno. Con esto se obtiene un gradiente de velocidad de  $37 \text{ S}^{-1}$ .

El tanque diseñado para la floculación consta de un cilindro superior y un cono inferior. El cilindro tiene 1.2 m de diámetro y 1.1 m de altura; el cono tiene una altura de 0.4 m, un diámetro mayor de 1.2 m y un diámetro menor de 0.1 m.

Este tanque, al igual que el de la etapa de sedimentación, ha sido diseñado para soportar la presión hidrostática. A más de esto se le ha dado un sobre espesor de corrosión para que tenga una vida útil de 25 años. Como resultado de esto la plancha seleccionada para la construcción es de acero A36 de 3mm de espesor.

## 5. Sedimentación



CIB-ESPOL

Una vez que se formaron los flóculos grandes se da la sedimentación o decantación, aquí no debe haber turbulencia para que así los sedimentos puedan depositarse en el fondo del tanque de sedimentación, de donde van a ser removidos periódicamente.

Mediante la colocación de placas paralelas, se obtuvo una gran superficie de deposición para los flóculos, lográndose disminuir apreciablemente el área superficial de los tanques.

En el decantador se colocó una tubería de distribución en el fondo, y una canaleta recolectora en la superficie, para que se produzca una distribución uniforme del flujo en toda la superficie media de la unidad, y una recolección uniforme del efluente encima de las placas.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

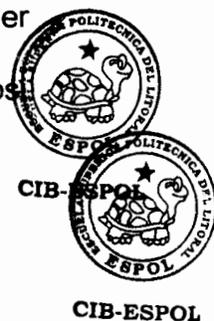
La sedimentación se produce con un número de Reynolds de 237, lo que nos indica que es un flujo laminar. Para producir esto se colocaron 14 placas de 0.6 m de longitud y 1.2 m de ancho, espaciadas 0.1 m entre sí, a 60 grados con la horizontal.

Esta planta trabaja con una carga superficial de 121 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día, encontrándose dentro del rango de 120 – 185 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día, con el que comúnmente trabaja la mayoría de las plantas con sedimentadores de placas paralelas, removiendo mas del 90% de la turbiedad.

Al final de esta etapa se colocó un tanque de almacenamiento de agua sedimentada, provisto de dos switch de nivel que se encargan de prender y apagar las bombas de agua cruda y la de alimentación de los filtros para que se de una operación semiautomática.

## 6. Filtración

A pesar de su apariencia clara luego de la sedimentación, el agua aún puede contener pequeñas partículas, las que son extraídas al hacer pasar el agua por los filtros.



La filtración se consigue al hacer circular el agua a través de un manto poroso, usualmente arena, luego de que haya pasado las etapas anteriores. Una de las propiedades del manto filtrante es la adsorción, fenómeno resultante de la acción de fuerzas eléctricas, acciones químicas y atracción de masas. En los poros o espacios vacíos del medio filtrante, los cuales constituyen aproximadamente el 40% del volumen, se desarrolla un activo proceso de sedimentación. Los principales mecanismos de la filtración son:

- La filtración superficial, donde los sólidos filtrados forman una película biológica, de aproximadamente 40 cm.
- La filtración por sedimentación, que se produce a lo largo de la carrera de filtración.

Para esto se seleccionó un filtro de arena con las siguientes características:

Marca:	Culligan
Modelo:	HD302
Tasa de filtración:	7 gpm/pie <sup>2</sup>
Diámetro:	30 pulg

El medio filtrante será de doble capa, arena y antracita, con las siguientes propiedades:

	<b>Arena</b>	<b>Antracita</b>
Espesor de la capa ( m )	0.3	0.6
Tamaño efectivo ( mm )	0.4 - 0.7	0.9 - 1.3
Coefficiente de des uniformidad	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$
Coefficiente de esfericidad	0.7 - 0.8	0.6 - 0.7
Tamaño del grano más pequeño	0.42	0.7
Tamaño del grano más grande	1.41	2.4

La capa soporte de grava tiene la siguiente distribución:

	<b>Espesor ( cm )</b>	<b>Tamaño efectivo ( mm )</b>
Grava No 1	10	2.2 - 4.8
Grava No 2	7.5	4.8 - 9.5
Grava No 3	7.5	9.5 - 19
Grava No 4	12.5	19 - 38

Se incluyó un filtro de carbón activado al final del proceso, para extraer por adsorción organismos disueltos, cloro, olor y el sabor del agua.

El filtro de carbón funciona por el mismo principio que el filtro de arena, la diferencia radica en los elementos filtrantes y su finalidad. El filtro seleccionado posee las siguientes características:

Marca:	Culligan
Modelo:	HG362
Tasa de filtración:	5 gpm/pie <sup>2</sup>
Diámetro:	36 pulg

Para la alimentación de los filtros, se seleccionó una bomba de las siguientes características:

**BOMBA 2 ( Alimentación de filtros )**

**Bomba:** Berkeley, Modelo B1 WPS, 8.33 m<sup>3</sup>/h, 55 metros de cabezal de descarga, impeler de bronce de 16.99 cm.

**Motor:** Maratón Electric 3600 RPM, Monofásico, 220 5 HP

Esta bomba es accionada por el switch de nivel que se encuentra al final del tanque de sedimentación, o por el switch de presión instalado en el filtro de arena que hace que la bomba se apague cuando la presión del filtro de arena llegue a 100 psi.

Los filtros deben ser limpiados por retrolavado cada vez que la presión se incremente o cada 8 horas de trabajo.

# INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE PLANOS.....	VIII
ANTECEDENTES .....	1
CAPITULO 1	
1.FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
1.1. Prueba de Jarras .....	6
1.2. Etapa de Desinfección.....	12
1.3. Etapa de Coagulación.....	18
1.4. Etapa de Floculación.....	34
1.5. Etapa de Sedimentación.....	40
1.6. Etapa de Filtración.....	52

## CAPITULO 2

2. DISEÑO DE LA PLANTA.....	55
2.1. Diseño de la Etapa de Coagulación.....	55
2.2. Diseño del Floculador.....	63
2.3. Diseño del Sedimentador .....	83
2.4. Selección de Filtros.....	100
2.5. Selección de Equipos de Bombeo.....	111

## CAPITULO 3

3. PLANIFICACIÓN Y COSTOS DE CONSTRUCCION.....	128
3.1. Programa de Construcción.....	128
3.2. Determinación de Costos de Construcción.....	162
3.3. Determinación de Costos de Montaje.....	192
3.4. Determinación de Costos de Operación.....	195

## CAPITULO 4

4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	213
4.1. Determinación de dosis óptima de coagulante.....	213
4.2. Operación de la Planta.....	215
4.3. Mantenimiento de la Planta.....	231



CIB-ESPOL

CIB-ESPOL

**CAPITULO 5**

**5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....251**

**APENDICES**

**BIBLIOGRAFIA**

## ABREVIATURAS



CIB-ESPOL

- A1 Área cubierta por los chorros de la primera hilera
- A2 Área cubierta por los chorros de la segunda hilera
- Aa Área de los agujeros de la tubería de entrada al sedimentador
- Aac Área de la tubería de distribución de agua cruda
- Afa Área del filtro de arena
- Afc Área del filtro de carbón
- Afs Área final de la tubería de entrada al sedimentador
- Ao Área neta perpendicular a las placas de sedimentación
- Ais Área inicial de la tubería de entrada al sedimentador
- Am Área del material
- ap Ancho de las paletas del floculador
- Ap Área de las paletas del floculador
- As Área superficial de la unidad de decantación
- At Área total cubierta por los chorros
- Atf Área transversal del tanque de floculación
- Ato Área máxima de las Tolvas recolectoras de lodos
- Atr Área de las tuberías recolectoras de lodos
- B Ancho neto del decantador



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

- b Ancho del modulo de placas
- Bv Constante que esta en función de la viscosidad absoluta del agua
- C Coeficiente de los perfiles de chorro
- Cs Coeficiente de perfil superior
- Ci Coeficiente de perfil inferior
- Cce Coeficiente de perfil central
- Cc Coeficiente de contracción de lodos
- Cd Coeficiente de Rouse
- Co Concentración de ozono aplicado
- Cot Concentración después del tiempo t
- d Separación de placas de sedimentación en el plano horizontal
- do Diámetro de los orificios de inyección
- Di Diámetro de la tubería del inyector
- d1 Diámetro de los orificios de la primera hilera
- d2 Diámetro de los orificios de la segunda hilera
- Da Diámetro de los agujeros de la tubería de entrada al sedimentador
- Dac Diámetro de la tubería de distribución de agua cruda
- dct Diámetro menor del cono del tanque de floculación
- Dfa Diámetro del filtro de arena
- Dfc Diámetro del filtro de carbón
- Dfs Diámetro final de la tubería de entrada al sedimentador



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

Dis	Diámetro inicial de la tubería de entrada al sedimentador
Dod	Diámetro de los orificios de descarga de lodos
Dt	Diámetro mayor del tanque de floculación
Dtr	Diámetro de la tubería recolectora de lodos
dve	Distancia entre los vertederos de recolección
dX1	Diámetro del chorro producido por los agujeros de la primera hilera
dX2	Diámetro del chorro producido por los agujeros de la segunda hilera
dXs	Diámetro del chorro producido por el perfil superior
dXi	Diámetro del chorro producido por el perfil inferior
e	Espaciamiento entre las placas de sedimentación
e'	Espesor de las placas de sedimentación
f	Constante trigonométrica de sedimentación
Fd	Frecuencia de descarga del sedimentador
fo	Coeficiente para homologar unidades
Fr	Fuerza de roce en las paletas originado por el movimiento del líquido
Fr1	Fuerza producida sobre la primera paleta
Fr2	Fuerza producida sobre la segunda paleta
Fr3	Fuerza producida sobre la tercera paleta
Fc	Factor de corrosión
g	Constante de la gravedad
h	Altura de columna de agua.

Gc	Gradiente de velocidad producido en la coagulación
Gs	Gradiente de velocidad en los agujeros de la tubería de entrada al sedimentador
G	Gradiente de velocidad en floculadores mecánicos giratorios
GPM	Galones por minuto
H	Altura del decantador
Hct	Altura de la sección cónica del tanque de floculación
hoc	Perdida de carga en los orificios del inyector
hos	Perdida de carga en los agujeros de la tubería de entrada al sedimentador
hpl	Profundidad del modulo de placas con relación a los vertederos de recolección
Ht	Altura de la sección cilíndrica del tanque de floculación
hto	Profundidad de las Tolvas
h	Altura de la columna de agua para el diseño.
HTt	Altura total del tanque de floculación
K	Constante de Fair
Kp	Coefficiente de perdida de carga
l	Longitud de las placas en el sentido del flujo
i.p.y.	Pulgadas por año
i.p.m.	Pulgadas por mes
L	Longitud relativa del módulo de placas
lp	Longitud de las paletas del floculador
LT	Longitud total del decantador

Lu	Longitud útil de decantación
lv	Longitud total de los vertederos de recolección
m.p.y.	Milésimas de pulgadas al año
N	Número de canales formados por las placas
n	Revoluciones del floculador en rps
N1	Número de agujeros de la primera hilera
N2	Número de agujeros de la segunda hilera
Nas	Número de agujeros en la tubería de entrada al sedimentador
Nto	Número de Tolvas
Pac1	Porcentaje del Área del tubo cubierta por los chorros de la primera hilera
Pat	Porcentaje del Área transversal del tanque de floculación cubierto por las paletas
Pe	Potencia al eje
Pn	Potencia nominal del floculador
Ph	Presión hidrostática
Ptac	Porcentaje total del Área del tubo cubierta por los dos grupos de chorros
plg	Pulgadas
Q	Caudal de diseño de la Planta
qc	Caudal de coagulante que circula por el inyector
qds	Caudal que se distribuye por los agujeros para la sedimentación
Ql	Caudal de lodo producido
Qtr	Caudal de drenaje del colector de lodos

qv	Tasa de diseño del vertedero
r	Radio de diseño de tanque de floculación
r1	Radio de giro de la primera paleta
r2	Radio de giro de la segunda paleta
r3	Radio de giro de la tercera paleta
Rc	Relación de velocidad entre el agua cruda y el coagulante
Re	Número de Reynolds
Rh	Radio hidráulico medio
RH	Radio hidráulico del modulo de placas
ri	Es el radio de giro de las paletas del floculador
Rla	Relación largo ancho de las paletas
Rlo	Relación de velocidades entre los orificios de descarga y la tubería recolectora de lodos
s	Módulo de eficiencia de las placas
t	Tiempo
T	Tiempo de exposición
to	Tiempo inicial
Tef	Torque del eje del floculador
tf	Espesor final de las paredes del tanque
th	Espesor de las paredes según la presión hidrostática
Tf	Tiempo de floculación

Tfa	Tasa de filtración de los filtros de arena
Tfc	Tasa de filtración para la extracción del cloro
Tfo	Tasa de filtración para los compuestos orgánicos
TI	Tasa de producción de lodos
Tmc	Tiempo de mezcla de coagulación
Tvl	Tiempo de vaciado del lodo del sedimentador
V1	Velocidad de rotación del líquido
V2	Velocidad periférica de rotación de las paletas
V21	Velocidad tangencial de la primera paleta
V22	Velocidad tangencial de la segunda paleta
V23	Velocidad tangencial de la tercera paleta
Va	Velocidad de arrastre de los lodos
Vac	Velocidad en la tubería de distribución de agua cruda
Vco	Velocidad de corrosión
Vc	Velocidad del coagulante en la tubería
Ves	Velocidad de escurrimiento o ascensional del agua
Vfs	Velocidad final de la tubería de entrada al sedimentador
Vlo	Capacidad de almacenamiento de lodos
Vmc	Volumen de la zona de mezcla de coagulación
Vo	Velocidad media del flujo entre las placas

- Vre** Velocidad real de salida del agua floculada por agujeros de la tubería de entrada al sedimentador
- Vsa** Velocidad de salida del agua floculada por los agujeros
- Vsc** Velocidad crítica o carga superficial
- Vtf** Volumen del tanque de floculación
- Vtr** Volumen de descarga de lodos de tubería recolectora
- Vu** Vida útil
- W** Peso perdido en mg
- Xo** Separación entre los orificios de las tolvas
- xd** Coeficiente de destrucción
- Xs** Diámetro del tubo cubierto por el chorro al final de la zona de máxima deflexión, debido a la primera hilera
- Xs1** Diámetro del tubo cubierto por el chorro al final de la zona de máxima deflexión, debido a la segunda hilera
- Z** Longitud de mezcla
- Z1** Longitud del chorro producido por los primeros orificios
- Z2** Longitud del chorro de la segunda hilera

## SIMBOLOGIA

- $\pi$  Constante PI equivalente a 3.1416
- $\rho$  Densidad del agua ( 1000 Kg/m<sup>3</sup> )
- $\mu$  Viscosidad dinámica del agua ( 1.03x10<sup>-4</sup> Kg.s /m<sup>2</sup> a 20 C )
- $\beta$  Coeficiente de perdida de carga total en los agujeros.
- $\varphi$  Perdida de carga debido a la disipación de energía en las salidas de los agujeros.
- $\varepsilon$  Perdida de carga a la entrada de los orificios
- $\phi$  Coeficiente de perdida de carga debido al cambio de dirección de la corriente
- $\nu$  Viscosidad cinemática del agua ( 0.01 cm<sup>2</sup>/seg a 20 C )
- $\theta$  Angulo de inclinación con la horizontal de las placas de sedimentación
- $\sigma_C$  Esfuerzo circunferencial
- $\sigma_L$  Esfuerzo Longitudinal
- $\rho_m$  Densidad del material ( g / cm<sup>3</sup> )

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Tomador de Muestras y Jarra para Pruebas .....	7
Figura 2 Equipos y Materiales para la Prueba de Jarras.....	8
Figura 3 Abaco que relaciona el gradiente de velocidad con rpm. En un equipo de prueba de jarras de 2 Lt.....	10
Figura 4 Resalto Hidráulico .....	24
Figura 5 Canaleta Parshall.....	25
Figura 6 Vertedero Rectangular .....	26
Figura 7 Perfil de Chorro en los flujos turbulentos de los Inyectores.....	27
Figura 8 Tipos de Turbinas.....	32
Figura 9 Relación entre el Número de Potencia y el Número De Reynolds para algunos tipos de turbinas .....	33
Figura 10 Floculador de Pantallas de Flujo Horizontal.....	36
Figura 11 Floculador de Pantallas de Flujo Vertical.....	37
Figura 12 Vertederos de Recolección de Agua Decantada.....	41
Figura 13 Colector de Tolvas Separadas.....	42
Figura 14 Definición de partícula crítica.....	36
Figura 15 Relación geométrica de un decantador de placas inclinadas.....	44
Figura 16 Desarrollo del Flujo Laminar a la Entrada de un Tubo.....	47
Figura 17 Perfil de Velocidad entre dos Placas Paralelas.....	48

Figura 18	Comparación entre carga equivalente y Turbiedad Removida en Función del Angulo .....	49
Figura 19	Relación Eficiencia Vs Angulo.....	50
Figura 20	Mecanismo de Filtración Físico Químico de un Filtro.....	54
Figura 21	Esquema de Inyector.....	56
Figura 22	Relación entre las diferentes velocidades de corrosión.....	22
Figura 23	Esquema de medidas de los motoreductores.....	78
Figura 24	Esquema de partes del reductor.....	79
Figura 25	Esquema de partes del motor.....	81
Figura 26	Medidas de los Filtros de Arena.....	104
Figura 27	Medidas del Filtro de Carbón.....	108
Figura 28	Cisterna de Agua a Tratar.....	113
Figura 29	Montaje de la Bomba Dosificadora.....	117
Figura 30	Medidas de la Bomba Dosificadora.....	118
Figura 31	Diagrama de partes de la Bomba Dosificadora.....	119
Figura 32	Unidades que Forman la Bomba Dosificadora.....	121
Figura 33	Curva de Funcionamiento de la Bomba de Agua Cruda.....	123
Figura 34	Medidas de la Bomba GT20.....	124
Figura 35	Elementos de la Bomba GT20.....	125
Figura 36	Curva de Funcionamiento de la Bomba B1WPS.....	127
Figura 37	Funcionamiento de Switch de Nivel.....	218
Figura 38	Descripción del Switch de Flujo.....	224

Figura 39 Cambio del Anillo de Empaque.....235  
Figura 40 Instalación de Nuevos Anillos de Empaque.....236  
Figura 41 Método de Sacar la Voluta de la Bomba.....237  
Figura 42 Método de sacar el impeler.....238  
Figura 43 Descripción de la válvula de la Bomba Dosificadora.....240



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pag.</b>
Tabla 1 Velocidad de Corrosión.....	73
Tabla 2 Selección de Motores.....	77
Tabla 3 Tabla de Medidas del Motor Seleccionado.....	79
Tabla 4 Lista de partes del Reductor.....	80
Tabla 5 Lista de partes del Motor.....	82
Tabla 6 Datos de los Filtros de Arena.....	103
Tabla 7 Datos de los Filtros de Carbón.....	109
Tabla 8 Selección de Bombas de Captación.....	112
Tabla 9 Lista de Partes de la Bomba Dosificadora.....	120
Tabla 10 Lista de Partes de la Bomba GT20.....	125
Tabla 11 Equivalencias de Normas para Tratamiento Superficial.....	157
Tabla 12 Flujo de caja sin préstamo inicial.....	209
Tabla 13 Cálculo de amortización .....	210
Tabla 14 Flujo de caja con préstamo inicial.....	211
Tabla 15 Calidad de Agua Cruda y Tratada.....	214

# INDICE DE PLANOS

- Plano 1 Funcionamiento de la Planta
- Plano 2 Ensamble de la Planta
- Plano 3 Tanque de Floculación
- Plano 4 Cilindro del Floculador
- Plano 5 Anillo de Recolección
- Plano 6 Cono del Floculador
- Plano 7 Patas del Floculador
- Plano 8 Tubería de Alimentación
- Plano 9 Tanque de Sedimentación
- Plano 10 Laterales del Sedimentador
- Plano 11 Separadores del Sedimentador
- Plano 12 Tolvas de Lodos
- Plano 13 Distribuidor de Agua Floculada
- Plano 14 Placas de Sedimentación
- Plano 15 Canaleta Recolectora
- Plano 16 Rigidizador del módulo de placas
- Plano 17 Placa de Unión al Floculador
- Plano 18 Angulo de Rigidez
- Plano 19 Patas del Sedimentador
- Plano 20 Soportes de Medidores de Nivel



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

Plano 21 Tanque de Agua Sedimentada

Plano 22 Chasis de Planta

Plano 23 Mezclador de Paletas

Plano 24 Empate con Motoreductor

Plano 25 Soporte del Mezclador

## **ANTECEDENTES**

Teniendo en cuenta la existencia en el Ecuador de gran cantidad de poblaciones que no cuentan con el agua potable para su consumo y que la gran mayoría de éstas se encuentran asentadas en las cercanías de un río, resulta ideal tomar esas aguas y tratarlas con el fin de dotar a esas poblaciones con agua en las mejores condiciones para el consumo humano.

La gran importancia del agua es que es un recurso natural indispensable para el hombre. Forma parte de la vida misma, pues todo ser vivo tiene un alto contenido de ella. Más del 70% del cuerpo humano es agua.

Del 100% del agua del planeta, 97% son océanos y mares; 2,25% son glaciares y menos del 0,7% es lo que llamamos agua dulce.

Pero de este pequeño porcentaje, mucha está contaminada, a pesar de la definición química del agua como una sustancia constituida exclusivamente

por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O), ya que las fuentes acuíferas externas (ríos y lagos) por lo regular contienen organismos patógenos susceptibles de causar graves enfermedades de origen hídrico como fiebre, tifoidea, disentería o cólera, o tiene una apariencia desagradable que hace desconfiar de su pureza para consumo humano. Por esta razón se tiene que someter a Procesos de Tratamiento que la hagan confiable y segura para los usos a que se destina. Estos procesos se efectúan en Plantas de Tratamiento de Agua, denominadas PLANTAS POTABILIZADORAS.

Esta tesis trata sobre el diseño de una planta potabilizadora con una capacidad de 200 m<sup>3</sup>/día, con lo cual cubre la demanda de poblaciones de mediano tamaño, la planta es de una operación semiautomática para que resulte fácil manejarla, está diseñada para que sea de fácil transportación y para poder ser instalada inmediatamente.

La planta de tratamiento consiste en captar el agua en primer lugar, ya sea esta proveniente de ríos, lagos o de pozos, por medio de una bomba de captación. Según la cantidad de sedimentos que tenga el agua o según los niveles de marea que tenga el río del cual se toma el agua, esta es almacenada en reservorios.

Estos reservorios de agua no tratada, pueden servir ya sea para que se produzca una pre-sedimentación o para abastecerse de la cantidad de agua necesaria para el consumo, ya que cuando el nivel del agua es muy bajo no es posible la captación del agua debido a que esta tendría una gran cantidad de sedimentos. Según el tiempo que el río permanece en un nivel en el cual se puede captar agua sin gran cantidad de sedimentos, y la cantidad de agua que se requiere potabilizar, se puede seleccionar las bombas de captación y la cantidad que se requiere.

Después esta agua debe de pasar a la etapa de coagulación pero antes de esto se debe de llevar a cabo la prueba de jarra para saber cual es la cantidad óptima de coagulante que se debe agregar, el tiempo que este debe de permanecer mezclándose con el agua y cual es el mejor coagulante para el agua a tratar.

Una vez que se tienen estos datos, al agua se le añaden las sustancias químicas coagulantes como sulfato de aluminio y poli electrolitos, que son las que van a inducir el proceso de coagulación de las partículas que enturbian el agua. La coagulación comienza en el mismo instante en que se agregan los coagulantes al agua y dura sólo fracciones de segundo en el caso de los inyectores ya que en este tipo de unidades se obtiene la homogenización casi instantánea del coagulante con el flujo de agua, en base a regular la

velocidad de los chorros y el número de chorros dentro de la sección de la masa de agua, y de aproximadamente de 1 a 10 segundos para mezcladores de difusores y para mezcladores mecánicos.

Adicionalmente el agua es sometida al proceso de desinfección, en el cual se le agrega cloro al agua en cantidades cuidadosamente dosificadas. Este elemento tiene la cualidad de que destruye las bacterias que se encuentran en el agua, y además conserva sus cualidades bactericidas a lo largo del camino que aún le queda por recorrer al agua en los tanques de almacenamiento y en las tuberías de distribución antes de llegar a los usuarios.

Luego de esto se da la floculación que es un proceso mediante el cual las partículas pequeñas que están en suspensión, se aglomeran y forman granos más pesados o flóculos. Para esto se necesita una agitación suave. Con este proceso se obtiene la eliminación de la turbiedad producida por partículas orgánicas e inorgánicas que no sedimentan rápidamente. Además de esto se eliminan las bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser eliminados por la floculación.

Para ayudar este proceso, dependiendo de la calidad del agua, se añaden productos llamados poli electrolitos, cal o arcilla.

Una vez formados los flóculos el agua pasa al proceso de sedimentación o decantación. Allí se realiza la separación de los flóculos, los cuales deben caer al fondo del tanque sedimentador en un tiempo relativamente corto.

En este proceso el agua debe permanecer tranquila, no debe haber turbulencia para que así el agua pueda depositarse en el fondo del tanque de sedimentación, de donde son removidos periódicamente.

Al salir el agua de los tanques de sedimentación, el agua tiene una apariencia clara, pero aún puede contener pequeñas partículas y bacterias capaces de producir enfermedades; por esta razón, el agua se hace pasar por los filtros, estos capturan los pequeños granos y/o las bacterias que aún pueda contener. Los filtros se lavan con mucha frecuencia ya que de su buen funcionamiento depende la calidad final del agua.

# **CAPITULO 1**

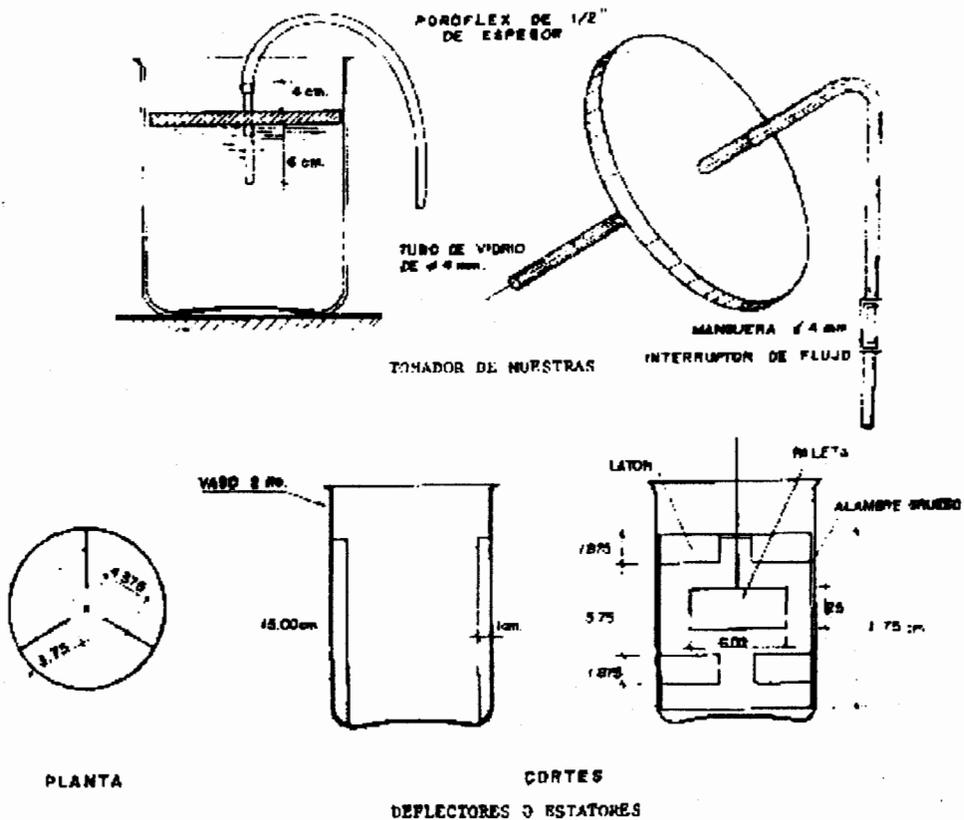
## **1. FUNDAMENTOS TEORICOS**

### **1.1. Prueba de Jarras**

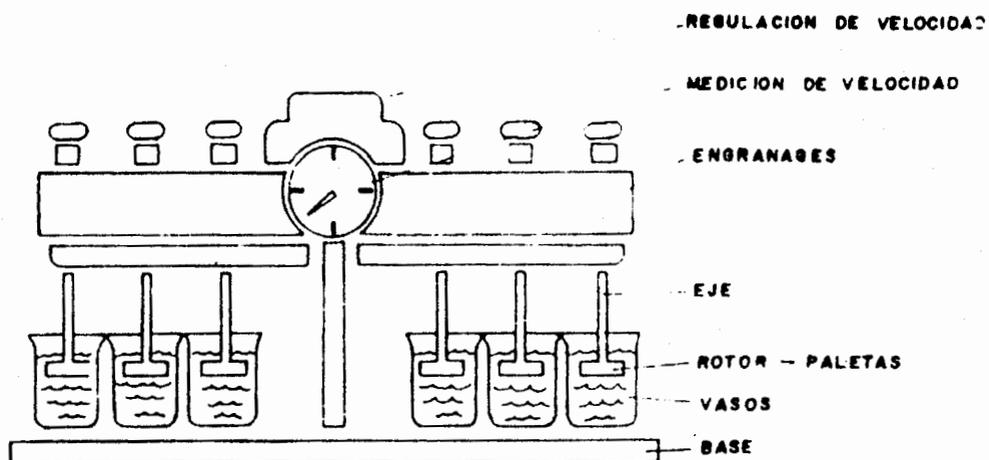
La prueba de jarras es un ensayo que sirve para poder determinar la dosis de coagulante que produce la más rápida desestabilización de las partículas, y que permita la formación de un flóculo pesado y compacto, que pueda ser fácilmente retenido en los sedimentadores. A más de esto nos permite saber cual es el tiempo óptimo para la floculación y cual es el gradiente de velocidad que se debe de usar en la floculación. Este procedimiento permite comparar cual polímero es más útil para la formación del flóculo. Esta prueba se la puede realizar en el mismo lugar en el que se va a instalar la planta.

Los Equipos y Materiales usados son los siguientes:

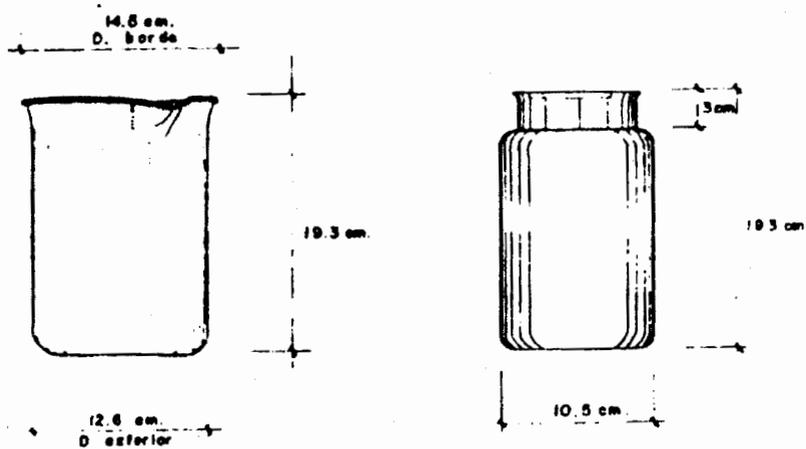
- Equipo de prueba de jarras con 6 jarras de 2 litros, 6 deflectores, 6 tomadores de muestras.
- Turbidímetro con la sensibilidad para determinar menos de 10 UT con precisión.
- 6 vasos de 50 y 100 ml de vidrio o plástico.
- El coagulante seleccionado.



**FIGURA 1**  
Tomador de muestra y jarras para prueba



EQUIPO DE PRUEBA DE JARRAS



ELEVACIONES



PLANTAS

TIPO DE JARRAS

**FIGURA 2**  
Equipos y materiales para la prueba de jarras

Procedimiento:

- 1.- Determinar la temperatura del agua cruda así como la Turbiedad.
- 2.- Por medio de una pipeta, se colocan las cantidades de coagulantes que se va a agregar, en seis vasos pequeños de precipitado. Se succiona el contenido de cada vaso con una jeringa. Se hace girar las paletas del equipo a 100 rpm. Luego de esto se inyecta el contenido de cada jeringa en la jarra que le corresponde, cuidando que la solución penetre profundamente para que la dispersión sea más rápida. En esta forma, se consigue simular la forma de aplicación correcta del coagulante.
- 3.- Una vez hecha la mezcla rápida durante 1 minuto, se disminuye la velocidad de rotación de las paletas a un promedio de 40 rpm. El gradiente de velocidad se lo saca de la figura 3.
- 4.- Luego de un periodo de floculación de 20 minutos, se detiene la agitación, y se retira las jarras, luego de esto se coloca los sifones para la toma de muestras y se deja sedimentar el agua unos 10 minutos para que se produzca la sedimentación.

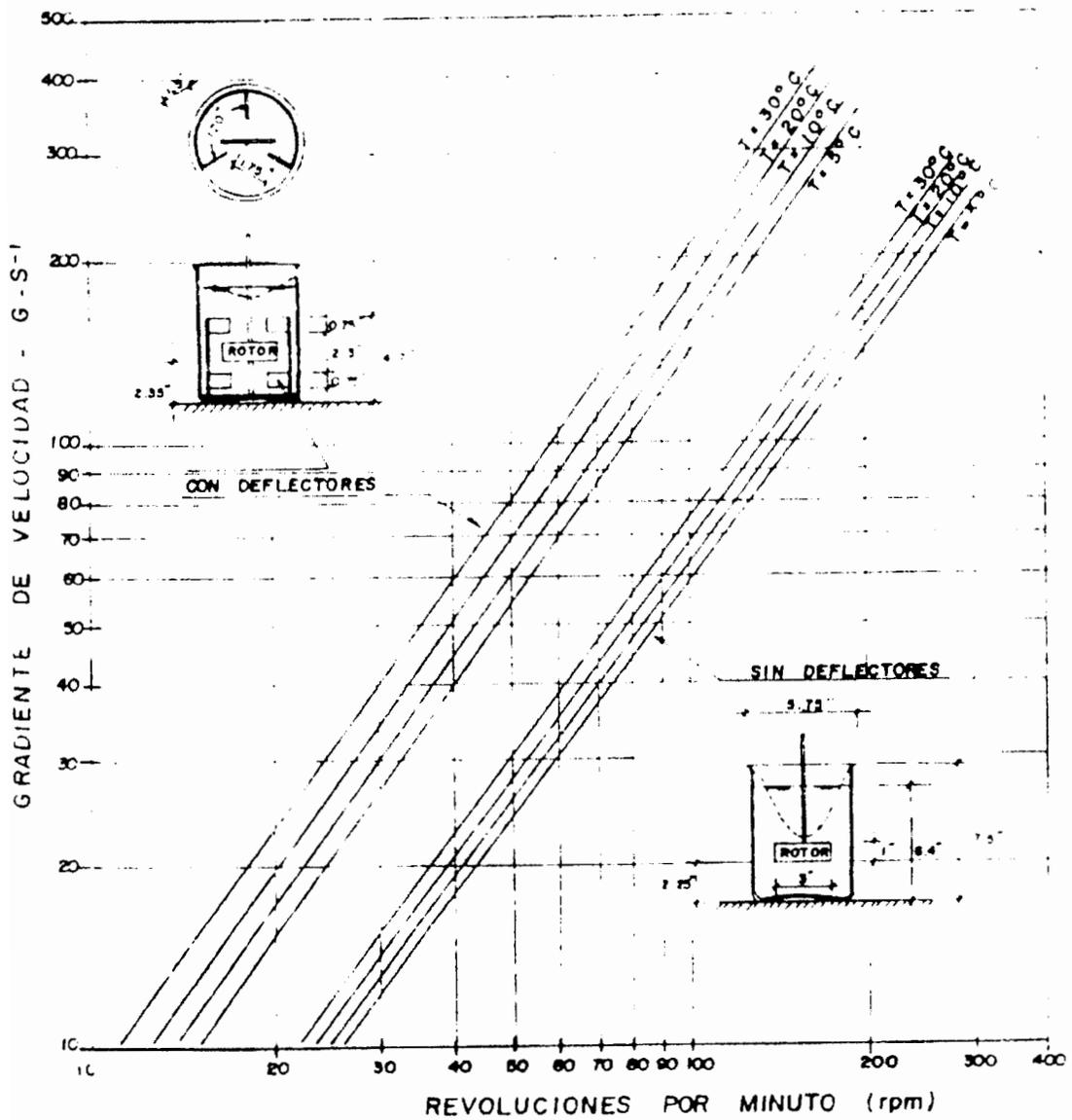


FIGURA 3

Abaco que relaciona el gradiente de velocidad con las rpm. En un equipo de prueba de jarras con recipientes de 2 Litros

- 5.- Se Toma las muestras descartando los primeros 10ml, colectando un volumen de aproximadamente 30 ml. Luego de esto se procede a efectuar la medición de la turbiedad.
- 6.- Los resultados son graficados en papel aritmético, seleccionándose como dosis óptima aquella que produce la menor turbiedad.
- 7.- Los diversos datos de dosis óptima para cada turbiedad de agua cruda se analizan aplicando la teoría de los mínimos cuadrados, para obtener las constantes a y b de la línea recta:

$$y = a + b x \quad (1)$$

en la cual

y = log. de turbiedad de agua

x = dosis óptima de coagulante.



CIB-ESPOL

## 1.2. Etapa de Desinfección

La desinfección del agua se refiere a la destrucción de los organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ella.

Las condiciones que debe tener un desinfectante para poder ser usado en plantas de purificación son:

- Debe ser capaz de destruir los organismos causantes de enfermedades.
- Debe de realizar esta labor a la temperatura del lugar y en un tiempo adecuado.
- No debe hacer el agua tóxica o de sabor desagradable.
- Debe de ser de fácil obtención, sencillo manejo y bajo costo.
- Su concentración en el agua debe poderse determinar prontamente.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

- Debe de dejar un efecto residual, para que proteja el agua contra posteriores contaminaciones.

Los procesos de mezcla, coagulación, sedimentación y filtración remueven, con mayor o menor eficiencia, la mayoría de las bacterias y virus presentes en el agua.

Desde este punto de vista pueden ser considerados como procesos complementarios para la desinfección, pues cumplen con dos objetivos que son:

- Disminuyen la carga bacteriana del agua.
- Hacen más eficientes los métodos de desinfección.

La remoción de las bacterias es directamente proporcional a la remoción de turbiedad y que se puede lograr remociones de hasta 99.7 % cuando se obtiene una eficiencia muy alta en el proceso de coagulación y sedimentación.

La desinfección puede ser química o física. Los agentes físicos más importantes son: el calor y los rayos ultravioletas. Los agentes

químicos más importantes, son: los halógenos ( cloro, bromo, yodo ) , la plata ionizada y el ozono.

La clorinación es el proceso de desinfección que hasta el presente reúne las mayores ventajas: es eficiente, barato, fácil de aplicar y deja efecto residual que se puede medir por sistemas muy simples y al alcance de todos.

Tiene la desventaja de ser corrosivo y en algunos casos le produce sabor desagradable al agua.

El ozono es el más serio competidor del cloro tanto por su costo como por su eficiencia como desinfectante.

El Ozono ( Forma alotrópica del oxígeno elemental que en lugar de dos moléculas tiene tres  $O_3$ ) es un gas de olor característico que se puede oler después de las tempestades. El equipo para producirlo es bastante costoso y de difícil mantenimiento, pero el costo de la desinfección es bajo.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

El Ozono es producido haciendo pasar aire seco entre los electrodos de un generador. Entre tales electrodos hay un material aislante que transporta la electricidad por inducción tal como vidrio.

Los voltajes requeridos son de 110 voltios para generadores pequeños y 220/440 para generadores grandes. Este voltaje es elevado a 25000 voltios con frecuencias de 1000 Hz.

Aproximadamente el 2% del oxígeno presente en la corriente de aire se transforma en ozono.

El ozono se desintegra rápidamente en el agua de forma que los residuales solo permanecen por corto tiempo. La velocidad con que esto ocurre se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\text{Log} ( C_o / C_{ot} ) = x_d ( t - t_o ) \quad ( 2 )$$

En donde:

$C_o$  = Concentración de ozono aplicado

$C_{ot}$  = Concentración después del tiempo  $t$

$t$  = Tiempo

$t_o$  = Tiempo inicial

$x_d$  = Concentración de destrucción, el cual varía entre 0.1 y 0.3

La dosis de Ozono necesarias para desinfectar el agua cambia según la calidad de estas así:

- Aguas subterráneas de buena calidad con baja turbiedad y contenido mineral 0.25 a 0.5 mg/lit.
- Aguas superficiales de buena calidad bacteriológica y ozono aplicado después de la filtración, 2 a 3 mg/lit.
- Aguas superficiales contaminadas y con el ozono aplicado después de la filtración 2.5 a 5 mg/lit.



**CIB-ESPOL**

Debido a la rapidez con que el ozono mata los microorganismos, pequeños tiempos de contacto no traen mayor problema.



**CIB-ESPOL**

La principal desventaja en plantas de tratamiento es la de que cantidades tan pequeñas como 0.05 mg/lit de manganeso y 0.1 mg/lit de hierro causan dificultades, pues producen precipitación y flotación de las partículas minerales oxidadas.

Por último debe advertirse que el ozono en el aire es un compuesto muy tóxico y que en concentraciones mayores a 1 mg/lit



**CIB-ESPOL**

respiradas durante un cierto tiempo, induce daños en el sistema respiratorio. Concentraciones de 9 mg/lit producen congestión y edema pulmonar.

Según lo mencionado el ozono es el desinfectante más eficiente de todos los compuestos químicos para la desinfección; pero debido al costo del equipo, al difícil mantenimiento y a un manejo más cuidadoso, no es aplicable en esta planta, ya que en los lugares en donde la planta ha de ir instalada ( Pueblos pequeños) no se contaría con el personal calificado para su manejo y mantenimiento.

En este caso se va a aplicar cloro antes de los filtros ( Precloración ). Así se obtiene como periodo de contacto el que tarda el agua en los procesos de floculación y sedimentación. En estos casos se aplica al comienzo del tratamiento la suficiente dosis de cloro como para que aparezca algo residual en la tubería afluente a los filtros. La cantidad que debe de quedar luego de la filtración es de aproximadamente 0.5 mg/lit. para que en la red se encuentre cloro entre 0.1 y 0.5 mg/lit.

### 1.3. Etapa de coagulación

El agua a tratar por lo general está contaminada de arcilla, minerales, bacterias, sólidos inertes y un sin número de materiales suspendidos. En sí estas partículas suspendidas poseen una gran carga eléctrica negativa, al agregar el coagulante con carga eléctrica positiva, se produce una neutralización de estas partículas.

El poder del coagulante depende de la valencia o de la magnitud de carga del ión. Un ión bivalente ( +2 ) es 30 a 60 veces más efectivo que un ión monovalente (+1). Un ion trivalente ( +3 ) es 700 1000 veces más efectivo que el monovalente.

La Coagulación constituye el proceso de desestabilización de las partículas coloidales; destruyendo las fuerzas que separan los coloides.

La coagulación comienza en el instante en que se agregan los químicos coagulantes y dura solo fracciones de segundo.

La coagulación básicamente consiste en una serie de reacciones físico-químicas entre coagulantes, superficie de coloides, agua y alcalinidad de la misma ( esta última en coagulantes metálicos).

Para que los coloides puedan ser removidos del agua, estos deben coagularse previamente por las siguientes razones:

- 1.- Los coloides son de tamaño extremadamente pequeño y su velocidad de sedimentación es supremamente lenta.
- 2.- Las fuerzas de repulsión de coloides impiden que estos se aglutinen en partículas más grandes, lo cual contribuye a su lenta sedimentación.

***Las fuerzas que intervienen en la coagulación son:***

- Potencial Zeta, que constituyen las fuerzas de repulsión.
- Fuerzas intermoleculares o entre partículas llamadas " Fuerzas de Van der Waals ( VdW)" , que constituyen las fuerzas de atracción.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

Si  $Z$  es grande y las fuerzas de repulsión son mayores que las fuerzas de VdW, las partículas no se aglutinan. El objeto de la coagulación es reducir la magnitud de  $Z$ , de manera que las fuerzas de VdW puedan actuar.

La agitación es extremadamente importante porque promueve el choque, de manera que las fuerzas de VdW. Puedan operar, aglutinando las partículas finas, para formar partículas más grandes llamadas flocs.

**Los factores más importantes que afectan la coagulación son:**

- La naturaleza del coloide

Las arcillas que forman los coloides no son del mismo tipo, algunas de sus propiedades físicas, como por ejemplo, la superficie específica, hace que la dosis de coagulante sea diferente.

- El PH del agua

Para cada agua en particular existe un PH óptimo al cual la coagulación del coloide es máxima. Esto es debido a la carga



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

eléctrica de un coloide, y así su potencial Z, es función del PH del medio. En la figura siguiente se muestra este efecto.

- La composición química del agua

La composición química del agua facilita el tipo de mecanismo de coagulación. Por ejemplo, alta alcalinidad y baja mezcla rápida favorece a formación de hidróxidos metálicos, que son coagulantes pobres.

- El gradiente de velocidad o grado de agitación del agua

Este quizás es el factor más importante. Las reacciones de floculación son muy rápidas ( menor a 1 segundo), y por lo tanto hay que dispersar rápidamente el químico para evitar su desperdicio.

- Temperatura

Las reacciones químicas se aceleran con un aumento de temperatura. El efecto es más crítico en floculación que en coagulación.

Para desestabilizar a todas las partículas presentes en el agua y optimizar el proceso de coagulación, esta dispersión del coagulante en el agua debe ser lo más homogénea posible. La eficiencia de la coagulación depende de la dosificación y de la mezcla rápida.

En esta etapa la aplicación del coagulante debe ser constante y debe distribuirse uniformemente en toda la sección de aplicación, en la cual debe existir una fuerte turbulencia para que la mezcla del coagulante y la masa de agua se dé en forma instantánea.

La mezcla rápida puede realizarse aprovechando la turbulencia provocada por dispositivos hidráulicos o mecánicos.

Los parámetros generales de diseño de los coaguladores son los siguientes:

- La intensidad de agitación, medida a través del gradiente de velocidad.
- El tiempo de retención, que puede variar de décimas de segundos a varios segundos.

## **Unidades de coagulación Hidráulica**

Los diferentes tipos de unidades de coagulación Hidráulica son los siguientes:

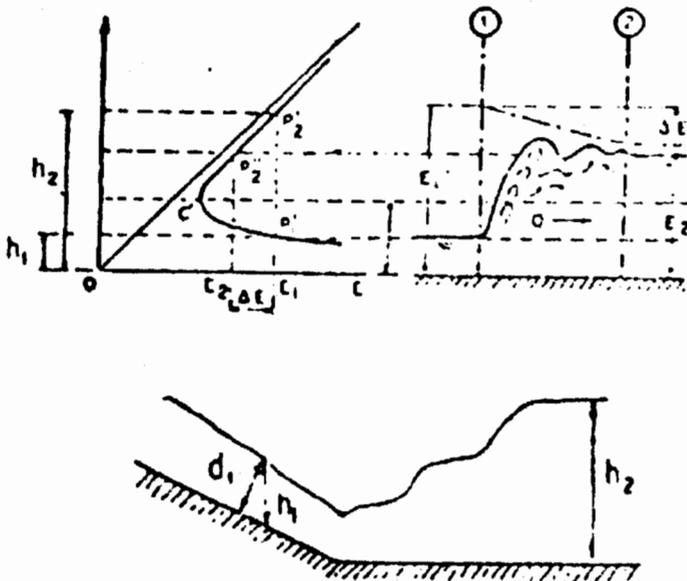
- Canaletas Parshall
  
- Vertederos rectangulares
  
- Inyectores

Dentro de las unidades hidráulicas, en los dos primeros mezcladores, la turbulencia que ocasiona la mezcla es producida por la generación de un resalto hidráulico.

En los inyectores se obtiene una eficiencia similar a la conseguida en las unidades de resalto hidráulico, pero con menores gradientes de velocidad. Esto se debe a que la homogenización en estas unidades se consigue más como consecuencia de la gran cantidad de puntos de aplicación del coagulante que de la agitación de la masa de agua.

Los parámetros de diseño de los mezcladores de resalto hidráulico son los siguientes:

- El gradiente de velocidad debe de estar entre  $1000$  y  $2000 \text{ s}^{-1}$  y tiempos de retención menores de 1 segundo.
- Los números de Froude ( $F$ ) variables entre  $4.5$  y  $9$  para conseguir un salto estable, con excepción de la canaleta Parshall que funciona mejor con números de Froude entre  $2$  y  $3$ .

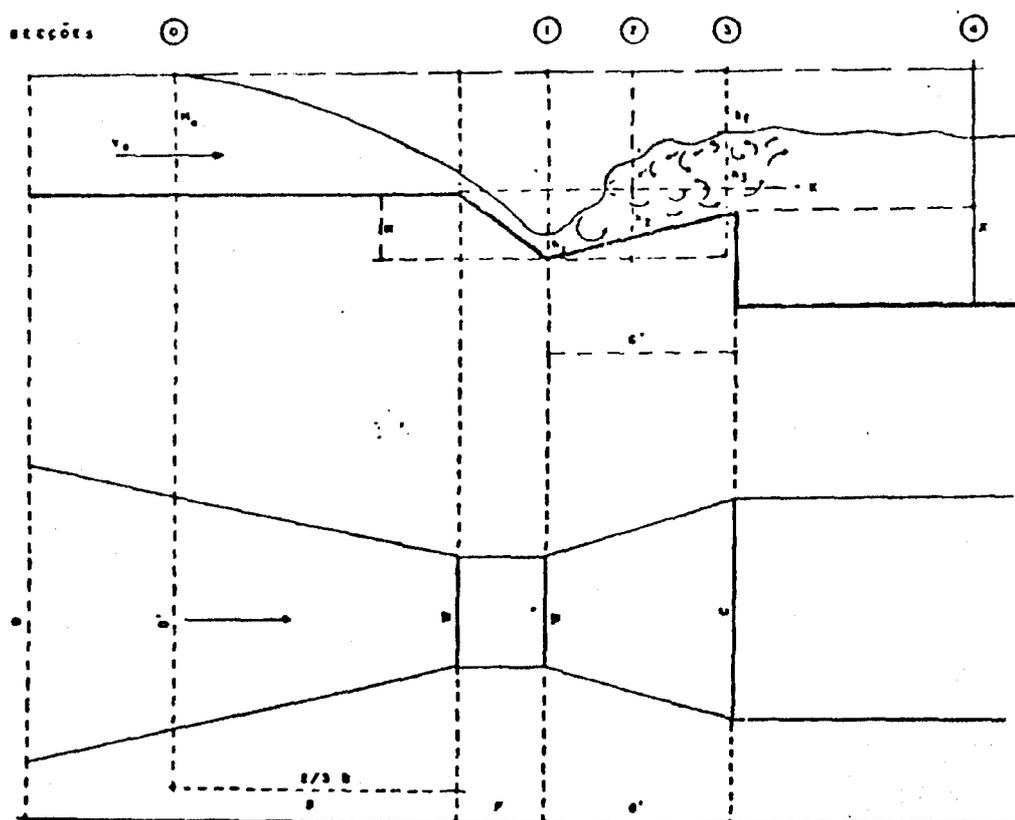


**FIGURA 4**  
**Resalto Hidráulico**

Un cambio de pendiente en un canal es uno de los medios más simples de producir un salto hidráulico con fines de mezcla.

### ***Canaleta Parshall***

La canaleta Parshall se la utiliza con la doble finalidad de medir el caudal afluyente y realizar la mezcla rápida. La corriente pasa de una condición supercrítica a una subcrítica, originando el resalto.

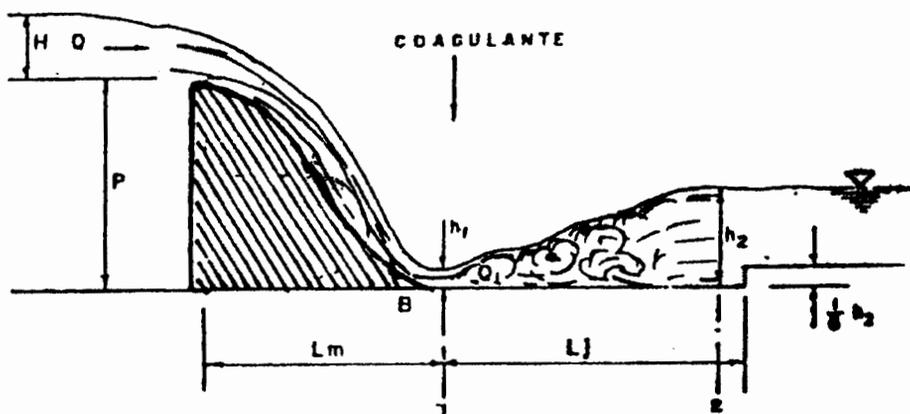


**FIGURA 5**  
**Canaleta Parshall**

Se considera que toda la energía disipada en la canaleta Parshall se da entre la salida de la garganta ( sección 2) y la sección de salida de la canaleta (sección 3), y que en este volumen la mezcla es prácticamente completa.

### ***Vertedero Rectangular***

En este tipo de mezclador la lámina vertiente, después de pasar por el vertedero, toca el fondo del canal en la sección (1), a una distancia ( $L_m$ ) del vertedero. Cuando la lámina de agua alcanza el fondo, se divide en una corriente principal que se mueve hacia el frente, y en una corriente secundaria que retorna. Para evitar el efecto perjudicial de la zona muerta que forma un vertedero de paredes verticales, se recomienda el diseño de vertedero de la figura siguiente:



**FIGURA 6**  
**Vertedero Rectangular**

## Inyectoros

El último tipo de mezcladores hidráulicos son los Inyectoros. En este tipo de unidades se consigue la homogenización instantánea del coagulante con el flujo de agua, en base a regular la velocidad de los chorros y el número de chorros dentro de la sección de la masa de agua.

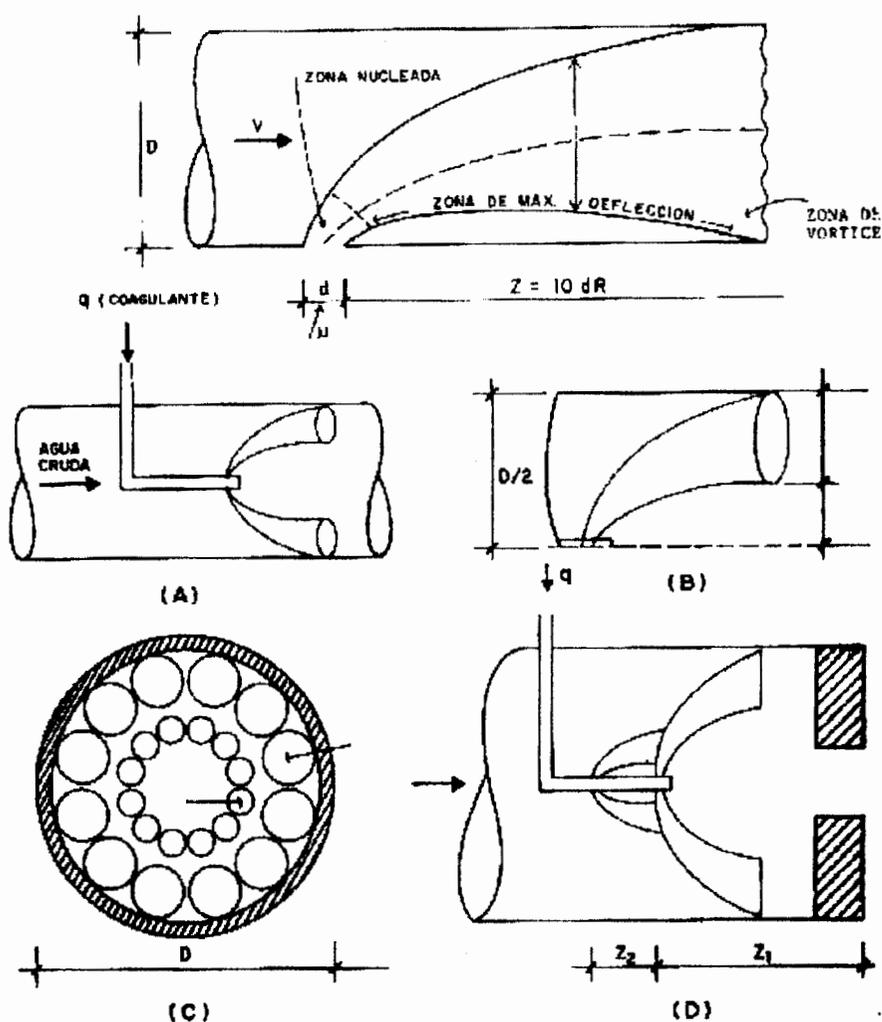


FIGURA 7

Perfil del chorro en flujo Turbulento de los Inyectoros

Los parámetros de diseño son los siguientes:

- La velocidad de los chorros (  $V_c$  ) debe de ser por lo menos cinco veces la velocidad del agua.
- La eficiencia máxima se consigue cuando el área cubierta por los chorros es por lo menos 80% de la sección del Tubo.
- El gradiente de velocidad debe de estar entre 1000 y 2000  $s^{-1}$ .

Los criterios para su dimensionamiento son los siguientes:

- Ecuación básica del perfil del chorro en flujo turbulento

$$( dX / (d_o \cdot Rc) ) = C ( Z / (d_o \cdot Rc) )^{0.28} \quad (3)$$

donde:

$dX$  = Diámetro del chorro al final de la zona de máxima deflexión.

$Z$  = Longitud de mezcla

$Rc$  = Relación de velocidades del chorro ( $V_c$ ) y del agua ( $V_{ac}$ )

$d_o$  = Diámetro de los orificios de inyección

$C$  = coeficientes de los perfiles del chorro

$C_s$  = coeficiente del perfil superior = 2.63

$C_c$  = coeficiente del perfil central = 2.05

$C_i$  = Coeficiente del perfil inferior = 1.35



CIB-ESPOL

- Al final de la zona de máxima deflexión, se asume que:



CIB-ESPOL

$$Z / (d_1 R_c) = 3$$

$d_1$  = diámetro de los orificios de la primera hilera.

$$dX = d_i$$

$$dX = 1.741 \cdot d \cdot R_c, \text{ donde } R_c = V_c / V_{ac}$$



CIB-ESPOL

- Las ecuaciones de los perfiles superiores e inferior.

$$dX_s / (d_1 R_c) = 2.63 (3)^{0.28} = 3.58 \quad (4)$$

$$dX_i / (d_1 R_c) = 1.35 (3)^{0.28} = 1.84 \quad (5)$$

- El diámetro de los orificios de la segunda hilera ( $d_2$ ):

$$d_2 = 0.5 d_1$$



CIB-ESPOL

- Caudal de la solución de coagulante ( $q_c$ ):

$$q_c = V_c \pi/4 (N_1 d_1^2 + N_2 d_2^2) \quad (6)$$



B-ESPOL

$N_1$  = Número de orificios de la primera hilera



CIB-ESPOL

$N_2$  = Número de orificios de la segunda hilera.

- Pérdida de carga en los chorros ( $h_{oc}$ )

$$h_{oc} = K_p V_c^2 / 2g \quad (7)$$



ESPOL

$K_p$  = Coeficiente de pérdida de carga de los orificios

- El gradiente de velocidad generado por los chorros

$$G_c = \sqrt{((\rho \cdot q_c \cdot h_{oc}) / (\mu \cdot V_{mc}))}$$



CIB-ESPOL



ESPOL



CIB-ESPOL

$V_{mc}$  = Volumen de mezcla

$$V_{mc} = \left( \pi D_{ac}^2 / 4 \right) * ( Z_1 + Z_2 ) \quad ( 9 )$$

$\rho$  = Densidad del agua ( 1000 Kg /m<sup>3</sup> )

$\mu$  = Viscosidad del agua a 20 C (  $1.03 \times 10^{-4}$  Kg .s /m<sup>2</sup> )

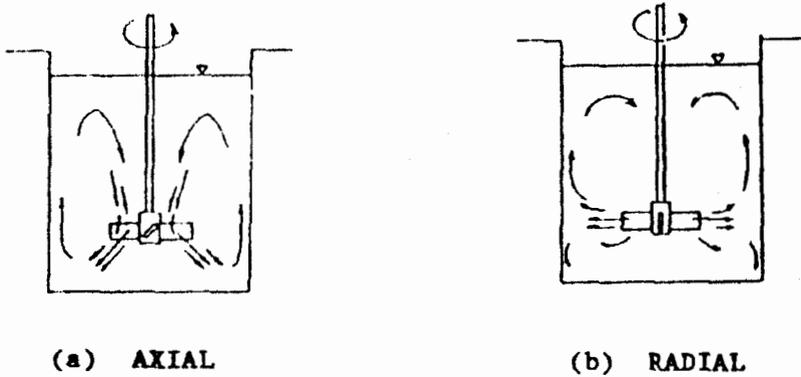
- El Tiempo de Mezcla se calcula mediante

$$T_{mc} = V_{mc} / ( Q + q_c ) \quad ( 10 )$$

### Unidades de coagulación Mecánica

Dentro de las unidades mecánicas la mezcla rápida se la realiza con agitadores tipo turbina.

El agitador de turbina consta de un disco o un eje con impulsores, los cuales imparten el movimiento al líquido a través de la rotación del disco. Se clasifican por el tipo de movimiento producido en turbinas de flujo axial y turbinas de flujo radial.



**FIGURA 8**  
**Tipos de Turbinas**

La potencia aplicada al agua depende del volumen y forma de la cámara de mezcla, así como de la velocidad de rotación y geometría del impulsor. Estas variables están relacionadas de tal modo que el diseño de la cámara de mezcla depende del tipo de turbina y viceversa.

Se adecuan a cualquier tipo de agua, pero se recomienda específicamente para aguas más bien claras que coagulen por el mecanismo de captura o barrido.

Parámetros de diseño de los mezcladores de turbina:

- Gradiente de velocidad de 500 a 2000  $s^{-1}$
- Tiempo de retención de 1 a 10 seg.

Número de potencia P

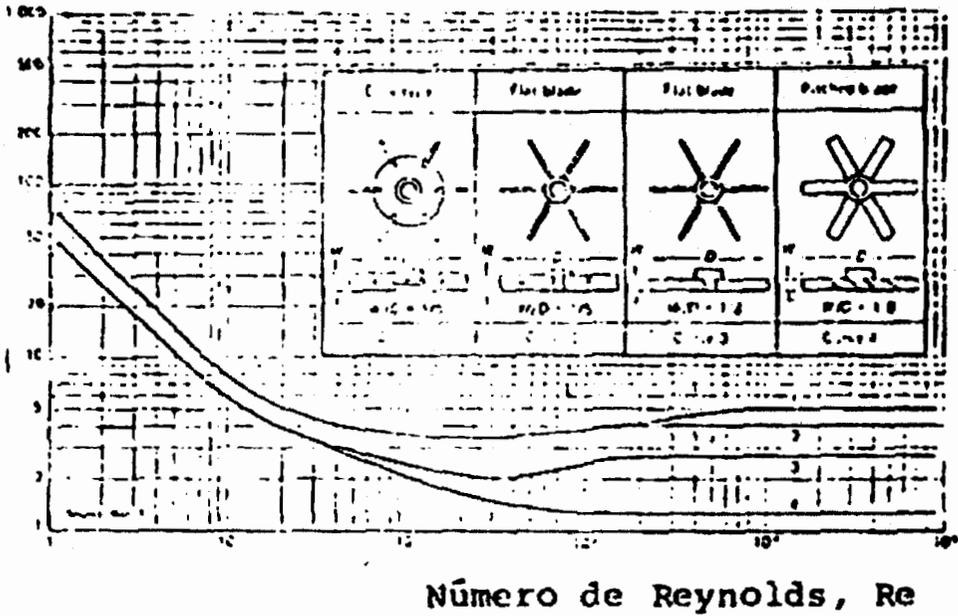


FIGURA 9

Relación entre el número de potencia y el número de Reynolds para algunos tipos de turbinas

## 1.4. Etapa de Floculación

En esta etapa se proporciona a la masa de agua una agitación lenta que debe promover el crecimiento de los flóculos y su conservación, hasta que salgan de ella.

Cuando el floculante se agrega al agua, los iones de aluminio entran en una serie de reacciones complicadas. Los iones de aluminio se hidratan, esto quiere decir que las moléculas de agua se unen a los iones de aluminio. A más de esto, los aniones presentes en el agua, tales como los iones hidróxidos y los iones de sulfato se pueden adjuntar a los iones de aluminio. Estas reacciones resultan ser muy grandes, las moléculas formadas tienen a los iones de aluminio en el centro. Estas partículas pueden tener cargas tan altas como +4. Luego de esto la agitación lenta produce un puente de dos o más de estas moléculas grandes para formar moléculas aún más grandes que continúan cargadas positivamente. Una molécula típica puede contener ocho iones de aluminio, veinte iones de hidróxido, y tendrán una carga de +4 .

La energía que promueve la agitación del agua puede ser de origen hidráulico o mecánico.

Los parámetros y las recomendaciones generales de diseño son los siguientes:

- Los gradientes de velocidad dentro de la unidad, normalmente varían entre 70 y 20 s<sup>-1</sup>.



ESPOL

El gradiente de velocidad debe variar en forma uniformemente decreciente, desde que la masa de agua ingresa a la unidad hasta que sale.

- El paso del mezclador al floculador debe de ser instantáneo, evitándose los canales o interconexiones largas.



ESPOL

El tiempo de retención y el gradiente de velocidad varían con la calidad del agua, por lo tanto estos parámetros deben seleccionarse simulando el proceso por medio de la prueba de jarras.

### Unidades de Floculación Hidráulica



ESPOL

Las unidades hidráulicas son especialmente recomendadas para aguas de calidad mas o menos constantes.



CIB-ESPOL



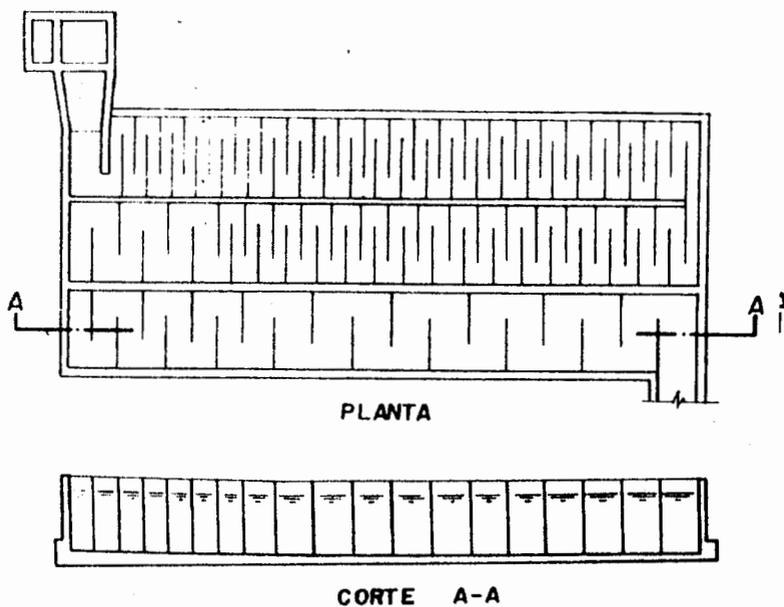
CIB-ESPOL

Funcionan indefinidamente sin riesgos de interrupción debido a que solo dependen de la energía hidráulica, por lo que son confiables en su operación.

Entre las unidades de este tipo se pueden citar:

### ***Las de pantallas de flujo horizontal***

Las unidades de flujo horizontal son recomendadas para caudales menores a 100 l/s. Se recomienda utilizar pantallas removibles, de madera, plástico, u otro material de bajo costo. La unidad puede tener una profundidad de 1.5 a 2 metros.



**Figura 10**  
**Floculador de Pantallas de flujo horizontal**

### Las de pantallas de flujo vertical

Las unidades de flujo vertical son una solución recomendable para plantas de más de 100 l/s. Se proyecta para profundidades de 3 a 4 metros, por lo que ocupan un área menor que las unidades de flujo horizontal. Para evitar la acumulación de lodos en el fondo y facilitar el vaciado del tanque, se deja en la base de cada tabique que llega hasta el fondo, una abertura equivalente al 5% del área horizontal de cada compartimiento.

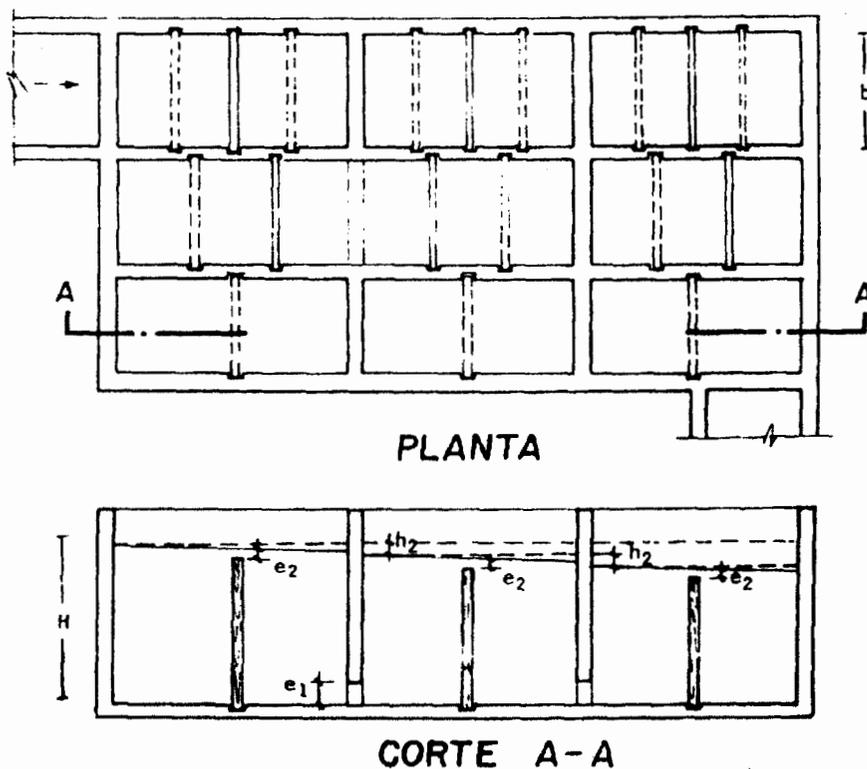


FIGURA 11  
Floculador de Pantallas de flujo Vertical

Dentro de las ventajas de las unidades de pantalla es que carecen de elementos móviles o mecánicos, de tal modo que el mantenimiento y la operación son muy simples y poco costosos. Garantizan un funcionamiento continuo. Se economiza energía eléctrica.

### **Unidades de Floculación Mecánica**

En estas unidades la masa de agua, se encuentra circulando por tanques convenientemente diseñados para evitar espacios muertos, y provisto de agitadores accionados por energía eléctrica.

Estas unidades pueden variar según la posición del eje, de los agitadores y del tipo de agitador utilizado. En el primer caso se tienen unidades horizontales y verticales, y en el segundo floculadores de paletas y de turbina.

Los Floculadores de paletas constituyen el tipo de unidad más utilizado. Pueden ser de eje vertical u horizontal, con paletas paralelas, o perpendiculares al eje.

El tipo más ventajoso es el de eje vertical porque evita el uso de cadenas de transmisión y de pozos secos para los motores.

Demandan una operación cuidadosa y un mantenimiento constante.

Parámetros y recomendaciones de diseño:

- El gradiente de velocidad no es afectado por el número de paletas que ocupan una misma posición con respecto al eje. La única ventaja que se consigue con un número grande de paletas, es que se obtiene una mejor homogenización.
- Los gradientes de velocidad varían comúnmente entre  $65 \text{ s}^{-1}$  y  $25 \text{ s}^{-1}$ .
- El área de las paletas debe de ser por lo menos el 20% del área del plano de rotación de las paletas.
- La velocidad en el extremo de las paletas, o velocidad tangencial, debe ser menor de 0.6 m/s.
- La relación óptima de largo/ancho de las paletas es de 18 a 20.
- El grado de sumergencia de las paletas de 0.15 a 0.2 metros.
- El agitador debe tener de 2 a 4 paletas para producir una mezcla homogénea.

## 1.5. Etapa de Sedimentación

Mediante la colocación de placas paralelas o módulos de diferentes tipos en la zona de sedimentación, se obtiene en estas unidades una gran superficie de deposición para los lodos, lográndose disminuir apreciablemente el área superficial de los tanques.

En un decantador laminar de flujo ascensional, lo más importante es conseguir una distribución uniforme del flujo en toda la superficie media de la unidad, y una recolección uniforme del efluente encima de las placas, a fin de obtener que la repartición del flujo sea lo más equilibrada posible en toda el área de la unidad.

Lo más recomendable es diseñar estructuras de repartición de flujo consistentes en conductos longitudinales que vayan por debajo de las placas provistos de orificios circulares o cuadrados.

La uniformidad en la ascensión del flujo, depende tanto de las características de la zona de entrada como de las de salida.

Para la extracción de lodos se lo puede hacer por medio de tolvas continuas y tolvas separadas para cada orificio de descarga.



CIB-ESPOL,



CIB-ESPOL,



CIB-ESPOL

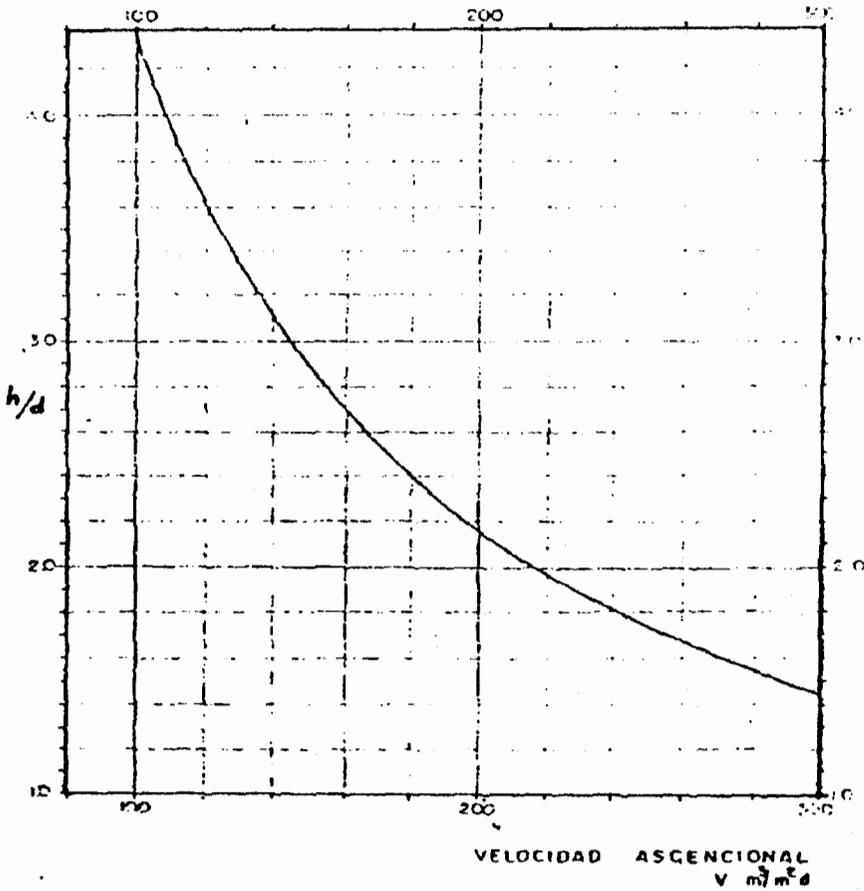


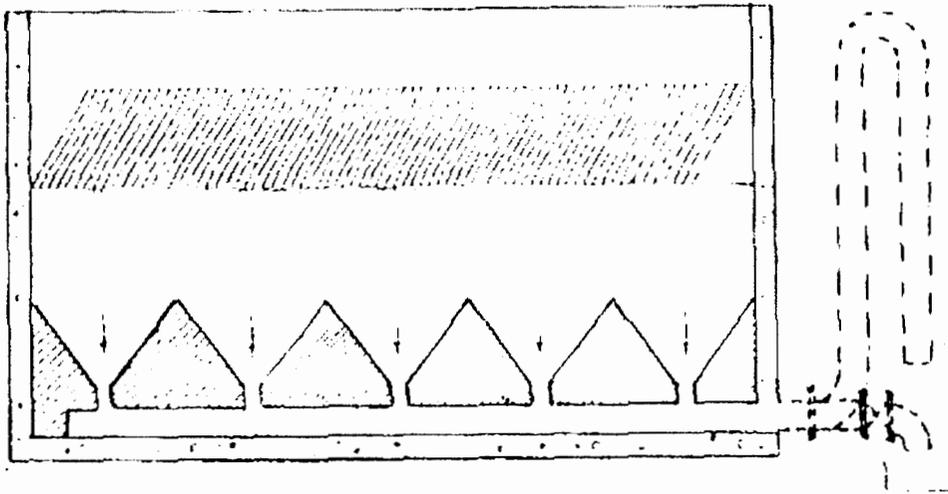
FIGURA 12

Vertederos de recolección de agua decantada

Las pendientes de tales tolvas deben de estar entre 45 a 60 grados.



CIB-ESPOL,



**FIGURA 13**  
**Colector de tolvas separadas**

Se define como partícula crítica a aquella que entra a la zona de decantación a ras con la superficie del agua y toca el fondo cuando el flujo sale de dicha zona, como se indica en la Figura 14 .

La velocidad con la cual cae verticalmente dicha partícula es la velocidad crítica  $V_{sc}$  que suele expresarse como carga superficial  $Q/A$ . Según este concepto toda partícula con velocidad mayor que la crítica resulta removida en el proceso y la que tiene velocidad menor que ella escapa con el flujo.



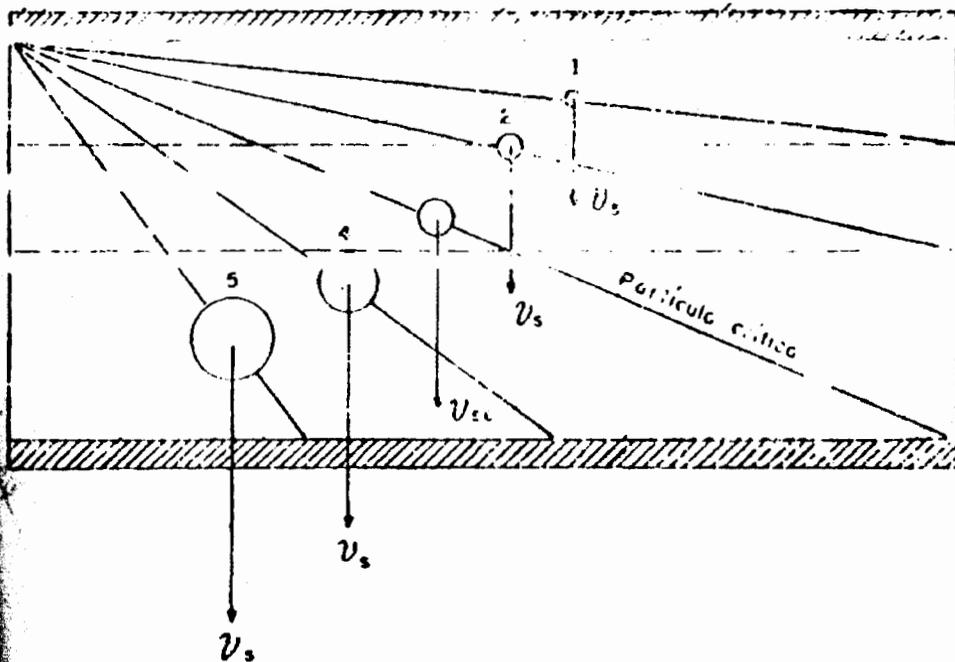
CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



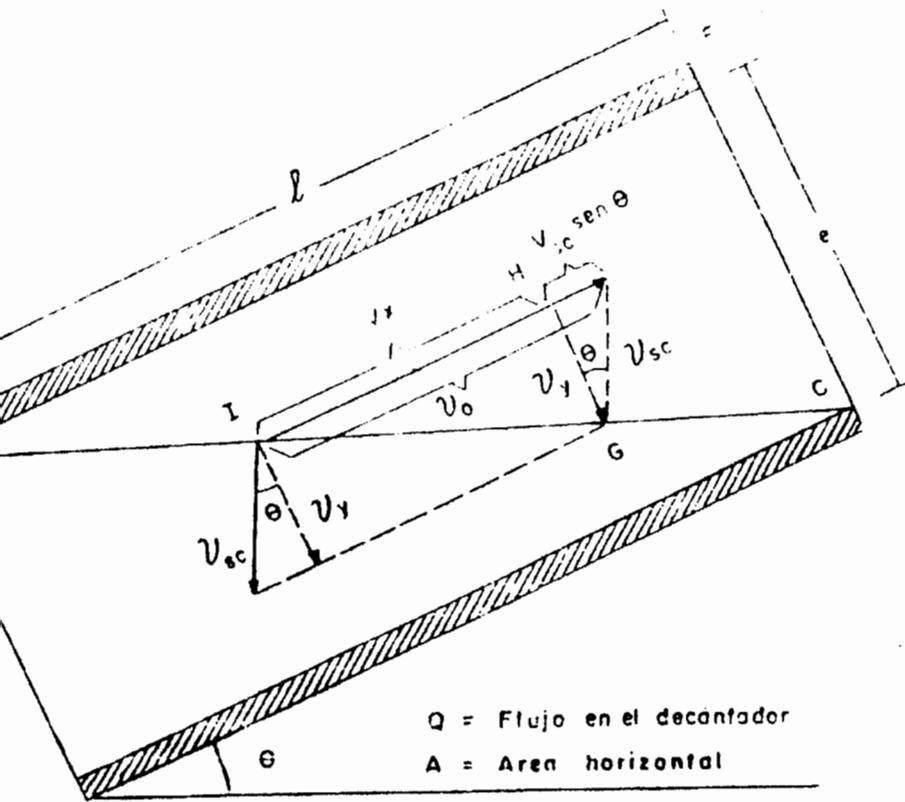
CIB-ESPOL



**FIGURA 14**  
**Definición de partícula Crítica**

Por tanto para una misma suspensión, según se tenga un  $V_{sc}$  mayor o menor, quedarán removidas mayor o menor número de partículas. Entre mayor sea la velocidad crítica seleccionada por el proyector ( o carga superficial) mayor número de partículas más finas que la crítica escapan.

Cuando una partícula asciende con una velocidad media  $V_o$  arrastrada por el flujo, entre dos placas planas paralelas que forman un ángulo  $\theta$  con la horizontal, la velocidad resultante que determina la trayectoria de la partícula, puede descomponerse en dos componentes  $V_x$  y  $V_y$ .



**FIGURA 15**

**Relación geométrica en un decantador de placas inclinadas**

Esta velocidad  $V_{sc}$  puede determinarse considerando los triángulos semejantes BFC y GIH comparando sus lados así:

$$e / V_y = H / V_x \quad (11)$$

$$V_x = V_0 - V_{sc} \text{ sen } \theta \quad (12)$$

Donde  $V_x$  es la velocidad de traslación de la partícula que depende del ángulo  $\theta$ .

Reemplazando las expresiones y despejando  $V_{sc}$  se obtiene la fórmula de Yao,

$$V_{sc} = V_o / ( \text{sen } \theta + l \text{ cos } \theta ) \quad (13)$$

En la expresión anterior  $V_o$  se obtiene dividiendo el flujo  $Q$  que entra al decantador por su área superficial  $A_s$  que hay que proyectar perpendicularmente a las placas. O sea que:

$$V_o = Q / ( A_s \text{ Sen } \theta ) = Q / A_o \quad (14)$$

Donde:

$A_s$  = Área horizontal superficial neta del decantador de placas.

$A_o$  = Área neta perpendicular a las placas =  $A_s \text{ Sen } \theta$

Si  $N$  es el número de placas y  $B$  = ancho de ellas

El número  $N$  de placas es igual a:

$$N = A_s \sin \theta / B \cdot e \quad (15)$$

En caso de que se conozca el área  $A_s$  (caso de decantadores en funcionamiento) la velocidad  $V_o$  puede calcularse así:

$$V_o = (Q \times 86400) / (A_s \sin \theta - N e' B) \quad (16)$$

Para que las ecuaciones anteriores sean válidas es indispensable que se establezca entre las placas un flujo laminar o sea que se tenga un Número de Reynolds inferior a 250. El número de Reynolds se puede determinar así:

$$Re = 4 RH \cdot V_o / \nu \quad (17)$$

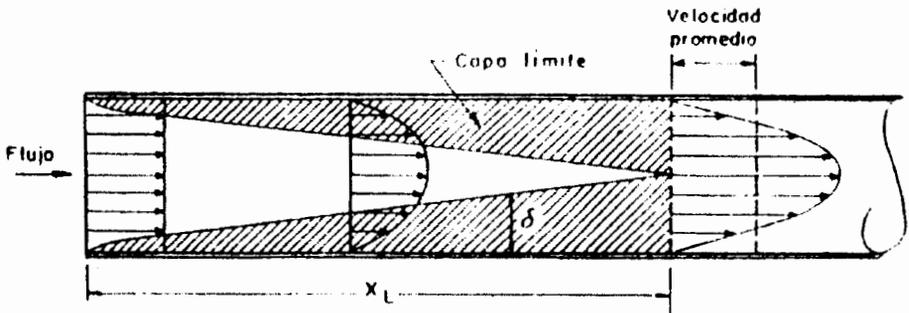
$$RH = \text{Radio hidráulico} = (b \cdot e) / 2 (b + e) \quad (18)$$

$b$  = ancho de las placas

$\nu$  = La viscosidad cinemática del agua a 20 grados centígrados es

de  $\nu = 0.01 \text{ cm}^2 / \text{seg}$

Sin embargo, aunque  $Re$  sea bajo, el flujo laminar no se establece de inmediato al entrar en un tubo, pues solo en la boca las velocidades se distribuyen de manera como lo indica la figura.



**FIGURA 16**  
**Desarrollo del flujo laminar en la entrada de un tubo**

Por tanto el flujo laminar desarrollado solo se obtiene a una distancia  $L_u$  medida desde el punto de entrada y se considera como tal por definición, cuando el perfil de velocidades ya no sufre modificación.

$$L_u = 1 - d \cos \theta \quad (19)$$

$d$  = distancia horizontal entre las placas

Debido a lo anterior el perfil de velocidades se comporta de la forma como esta representado en el gráfico siguiente.

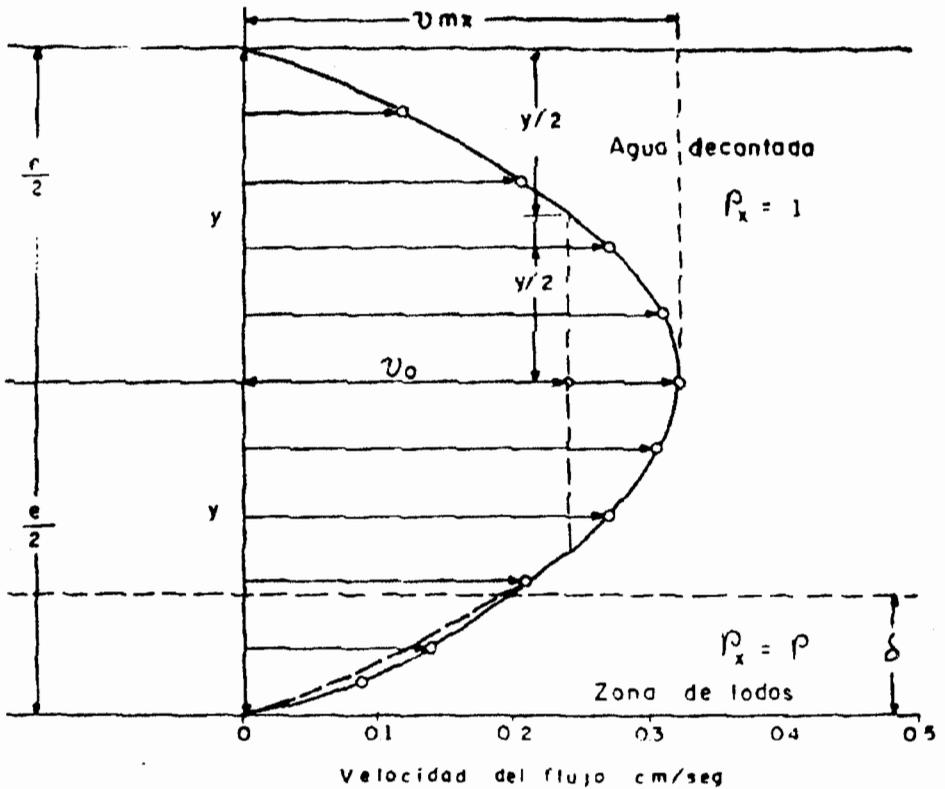


FIGURA 17

Perfil de velocidad entre dos placas paralelas en un flujo que tiene una velocidad promedio  $V_0 = 0.24$  cm/s, espaciamiento entre placas  $e = 5$  cm Y 20% de concentración de lodos

Al desarrollar matemáticamente la ecuación de velocidad crítica se puede observar que para la misma carga superficial aparente las cargas equivalentes aumentan al incrementar el ángulo  $\theta$ . Esto quiere decir que aunque se tenga el mismo flujo  $Q$  entrando al

sistema y el mismo tamaño de tanque, con solo variar la inclinación de las placas se cambia la eficiencia del sedimentador. Como se puede ver en la siguiente figura 18.

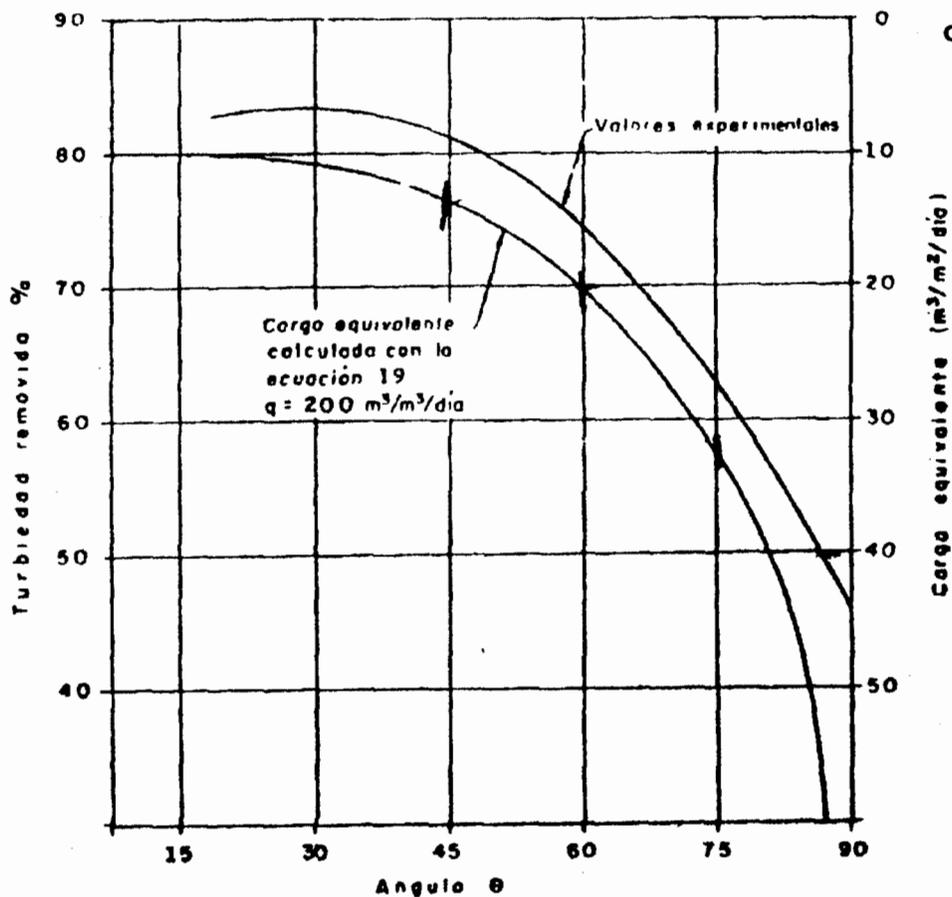


FIGURA 18

Comparación entre carga equivalente y la turbiedad removida en función del ángulo

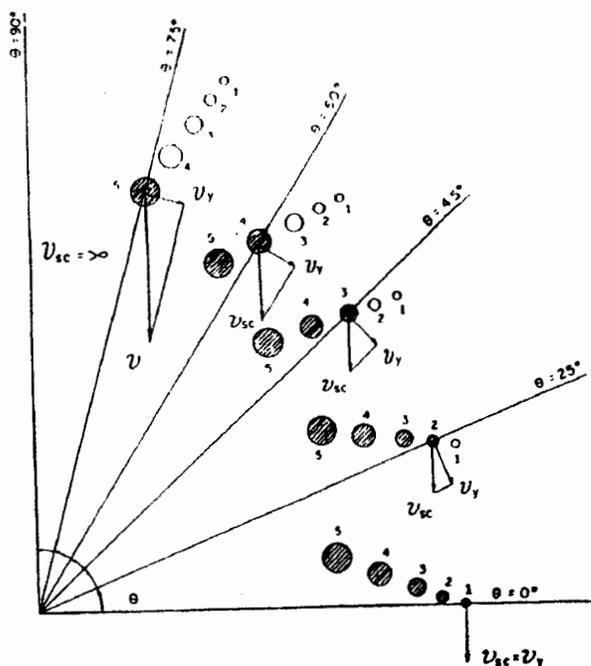


CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

A partir de un ángulo de  $45^\circ$  la disminución en el porcentaje de turbiedad removida empieza a acentuarse. Cuando  $\theta = 60^\circ$  esta disminución de turbiedad removida puede alcanzar de 15 a 25% con respecto a la calidad producida con un  $\theta = 45^\circ$  y si llega a  $\theta = 75^\circ$  la disminución alcanzaría de un 26% a un 46%. Como un ángulo de  $60^\circ$ , según se ha observado es suficiente para estimular la auto limpieza de las placas, no parece necesario exceder este valor. Por otra parte por debajo de  $45^\circ$  la curva se hace muy plana y poco es lo que se gana al bajar la pendiente.



**FIGURA 19**  
Relación eficiencia Vs Angulo

Por tanto la inclinación de las placas debe variar entre  $45^\circ$  y  $60^\circ$  con la tendencia a este último valor en especial cuando se trata de agua mezclada por cuanto garantiza un más fácil escurrimiento de los fangos.

Obsérvese en ella cómo al aumentar  $\theta$ ,  $V_{sc}$  se hace cada vez mayor que  $V_y$  hasta llegar a infinito para  $\theta = 90^\circ$ . Esto se traduce en que la partícula crítica, o sea, la más pequeña que el sedimentador puede remover, se hace progresivamente más grande, por tanto el sistema va perdiendo la capacidad de retener partículas finas pues solo las gruesas decantan.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

## 1.6. Etapa de Filtración

La filtración se consigue al hacer circular el agua cruda a través de un manto poroso, usualmente arena, luego de que pase por la floculación y sedimentación. Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica que reducen a la materia retenida a formas más simples, las cuales permanecen como material inerte hasta su subsecuente retiro o limpieza.

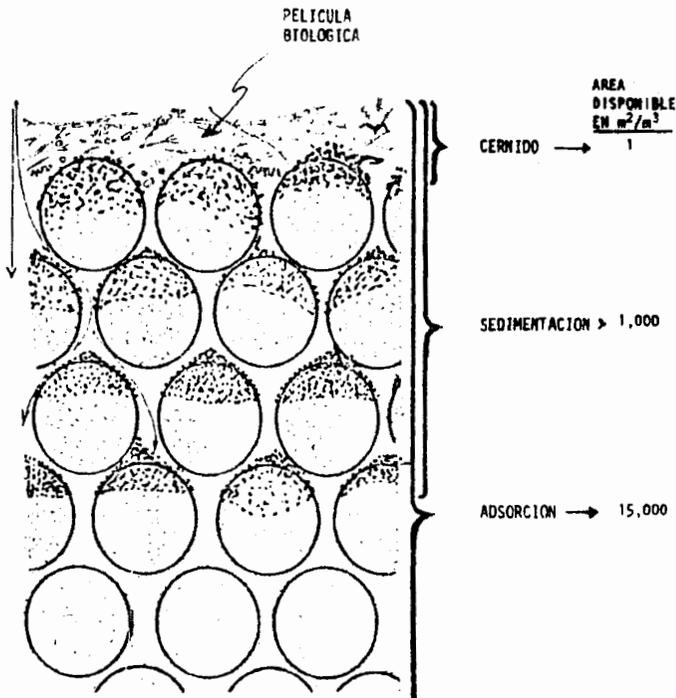
Una de las propiedades más importantes del manto filtrante es la adsorción, fenómeno resultante de la acción de fuerzas eléctricas, acciones químicas y atracción de masas. Para apreciar la magnitud de este fenómeno es necesario visualizar que en un metro cúbico de arena tiene una superficie de granos de cerca de  $15000 \text{ m}^2$ . Cuando el agua pasa entre los granos de arena con flujo laminar, el cual cambia constantemente de dirección, se facilita la acción de las fuerzas centrífugas sobre las partículas y la adherencia a la superficie de los granos de arena.

En los poros o espacios vacíos del medio filtrante, los cuales constituyen aproximadamente el 40% del volumen, se desarrolla un activo proceso de sedimentación, fenómeno que se incrementa apreciablemente por la acción de fuerzas electrostáticas y de atracción de masas.

Debido a los enunciados anteriores, las superficies de los granos del medio filtrante son revestidos con una capa de material de origen orgánico. Este revestimiento biológico es muy activo hasta los 0.4 metros de profundidad en el medio filtrante.

Los filtros de arena son los elementos más utilizados para la filtración de aguas, con cargas bajas o medianas de contaminantes, que requieran una retención de partículas de hasta diez micras de tamaño. Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través del lecho de arena. Una vez que el filtro se haya cargado de impurezas, alcanzando una pérdida de carga prefijada, puede ser regenerado por lavado a contracorriente.

La calidad de la filtración depende de varios parámetros, entre otros, la forma del filtro, altura del lecho filtrante, características y granulometría de la masa filtrante y velocidad de filtración.



**FIG 20**  
**Mecanismo de filtración Físico-Químico de un filtro**

El filtro de carbón funciona por el mismo principio que el filtro de arena, la diferencia radica en los elementos filtrantes y su finalidad. El carbón activado es un material natural que con millones de agujeros microscópicos atrae, captura y rompe moléculas de contaminantes presentes. Se diseña normalmente para remover cloro, sabores y olores y demás químicos orgánicos. También es uno de los procesos finales del sistema de tratamiento de agua, su función es pulir la descarga final. Una libra de carbón activado tiene una área superficial igual a 125 acres o  $505857 m^2$

# CAPITULO 2

## . DISEÑO DE LA PLANTA

### 2.1. Diseño de la etapa de coagulación

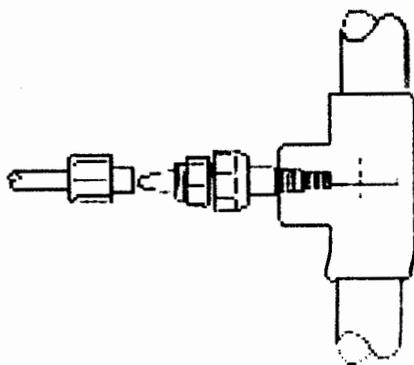
En estas unidades de coagulación se consigue la homogenización instantánea del coagulante con el flujo de agua, en base a regular la velocidad de los chorros y el número de los mismos dentro de la sección de la masa de agua.

Para diseñar el proceso de coagulación, se ha escogido el tipo de mezclador que más conviene para este tipo de planta .

El parámetro que más influye en la selección es el tamaño, ya que esta planta es portátil y compacta. Debido a esto se seleccionó el mezclador de inyectores.

## Diseño del Inyector

En estas unidades de coagulación se consigue la homogenización instantánea del coagulante con el flujo de agua, en base a regular la velocidad de los chorros y el número de chorros dentro de la sección de la masa de agua.



**FIGURA 21**  
**Esquema de Inyector**

En esta planta potabilizadora la inyección del coagulante va a estar luego de la bomba de agua cruda que tiene una descarga de  $1\frac{1}{2}$ " , pero como el gradiente de velocidad debe de estar entre  $1000$  y  $2000\text{ S}^{-1}$  , la tubería donde se inyecta el coagulante debe de ser de  $2\frac{1}{2}$ " o su equivalente de  $60\text{ mm}$  , para que se cumpla con este parámetro. Otro parámetro para que se produzca una buena homogenización es que la velocidad del coagulante debe de ser

cinco veces mayor que la velocidad del agua cruda. Y su máxima eficiencia se produce cuando el área cubierta por los chorros es el 80% de la sección del tubo.

La velocidad en la Tubería de agua cruda es:

$$V_{ac} = Q(m^3/s)/A_{ac}(m^2) \quad (20)$$

$$= 0.00231 / (\pi * 0.06^2 / 4) = 0.82 \text{ m/s}$$

La velocidad en la tubería del coagulante es:

$$V_c = R_c * V_{ac} \quad (21)$$

$$= 5 * 0.82 = 4.08 \text{ m/s}$$

El diámetro del tubo cubierto por el chorro al final de la zona de máxima deflexión se asume un valor igual a la mitad de diámetro del tubo  $X_s = 0.03 \text{ m}$ . De esto se calcula el diámetro del orificio de la primera hilera, a partir de la ecuación del perfil superior (4).

$$d_1 = X_s / (3.58 R_c) = 0.03 / (3.58 * 5) = 0.002 \text{ m}$$

El diámetro del chorro producido por los agujeros de la primera hilera se lo calcula por medio de la ecuación básica del perfil del chorro en flujo turbulento ( 3 ):

$$d X1 = 1.741 d1 R_c = 1.741 * 0.002 * 5 = 0.015 \text{ m}$$

Al poner una cantidad de once agujeros en la primera hilera ( $N1=11$ ), el área cubierta por estos chorros es la siguiente ( $A1$ ).

$$\begin{aligned} A1 &= (N1 * \pi * (dX1)^2) / 4 & (22) \\ &= 11 * \pi * (0.015)^2 / 4 = 0.002 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Para sacar el porcentaje del área del tubo que esta cubierta por los chorros de la primera hilera, primero se calcula el área del tubo y luego se saca la relación.

$$\begin{aligned} Aac &= \pi * (Dac^2) / 4 & (23) \\ &= \pi * (0.06^2) / 4 = 0.003 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pac1 &= A1 * 100 / Aac & (24) \\ &= 0.002 * 100 / 0.003 = 66\% \end{aligned}$$

La longitud del chorro producido por los primeros orificios se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Z1 = 10 d1 * Rc \quad (25)$$

$$= 10 * 0.002 * 5 = 0.1 \text{ m}$$

El diámetro que no ha sido cubierto por el chorro de la primera hilera es de 0.03 m, por lo que el diámetro que debe de cubrir cada chorro de la segunda hilera es de  $Xs1$  0.015 m. Con esto se calcula el diámetro del agujero de la segunda hilera a partir de la ecuación de perfil superior ( 4 ).

$$d2 = Xs1 / 3.58 Rc = 0.015 / 3.58 * 5 = 0.001 \text{ m}$$

El diámetro del chorro producido por los agujeros de la segunda hilera se lo calcula por medio de la ecuación ( 3 ):

$$dX2 = 1.741 d2 Rc = 1.741 * 0.001 * 5 = 0.0073 \text{ m}$$

El área cubierta por los chorros de la segunda hilera al poner 11 orificios es.

$$A2 = (N2 * \pi * (dX2)^2) / 4 = 11 * \pi * (0.0073)^2 / 4 = 0.0005 \text{ m}^2$$

El área total cubierta por los chorros es.

$$AT = A1 + A2 = 0.002 + 0.0005 = 0.0025 \text{ m}^2$$

El porcentaje total del área del tubo cubierta por los dos grupos de chorros es:

$$Ptac = AT * 100 / Aac = 0.0025 * 100 / 0.003 = 83\%$$

El caudal de coagulante que debe circular por el inyector se lo obtiene por medio de la fórmula ( 6 ).

$$qc = Vc \pi /4 ( N_1 d_1^2 + N_2 d_2^2 ) =$$

$$(4.08 * \pi /4) * ((0.002^2 * 11) + ((0.001^2 * 11))) = 0.0001 \text{ m}^3/\text{s}$$

La pérdida de carga a la salida de los orificios del inyector se lo calcula por medio de la fórmula ( 7 ).

$$hoc = Kp Vc^2 / 2g = 1 * (4.08^2) / 2 * 9.8 = 0.85 \text{ m}$$

La longitud del chorro de la segunda hilera se lo calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Z_2 = 3 * d_2 * R_c \quad (26)$$

$$= 3 * 0.001 * 5 = 0.015 \text{ m}$$

El volumen de la zona de mezcla se lo calcula mediante la fórmula ( 9 )

$$V_{mc} = ( \pi D_{ac}^2 / 4 ) \times ( Z_1 + Z_2 )$$

$$= ( \pi * ( 0.06^2 ) / 4 ) \times ( 0.10 + 0.015 ) = 0.00032 \text{ m}^3$$

El tiempo de mezcla se lo calcula mediante la fórmula ( 10 )

$$T_{mc} = V_{mc} / ( Q + q_c ) = 0.00032 / ( 0.00231 + 0.0001 ) = 0.13 \text{ seg}$$

El gradiente de velocidad producido se lo calcula mediante la fórmula ( 8 )

$$G_c = \sqrt{ ( ( \rho \cdot q_c \cdot h_{oc} ) / ( \mu \cdot V_{mc} ) )}$$

Donde

$\rho$  = Densidad del agua ( 1000 Kg /m<sup>3</sup> )

$\mu$  = Viscosidad del agua a 20 C (  $1.03 \times 10^{-4}$  Kg .s /m<sup>2</sup> )

$$G_c = \sqrt{\frac{(1000 * 0.00017 * 0.85)}{(1.03 * (10)^{-4} * 0.00032)}} = 2094 \text{ s}^{-1}$$

Con lo que se demuestra que el diseño esta correcto, debido a que cumple con los parámetros de diseño para los inyectores ya que la mezcla se cumple en menos de un segundo y el gradiente de velocidad es de  $2094 \text{ s}^{-1}$ .

Como conclusión el inyector va a ser un tubo de 15 mm de diámetro, el cual va a tener 11 agujeros de 2 mm, y 11 agujeros de 1 mm, los cuales están espaciados 15 mm.

Este inyector ha de ser acoplado en la descarga de una bomba dosificadora EZ B20 N1 VC , cuyas características se las encuentra en la selección de los equipos de bombeo.



CIB-ESPOL

## 2.2 Diseño del floculador



CIB-ESPOL

En la etapa de floculación lo que se requiere es que se produzca una agitación lenta del agua, para favorecer que se pongan en contacto las partículas coaguladas, las bacterias y la materia suspendida, hasta que se adhieran entre sí formando grandes masas de flóculos.

Tanto en los floculadores de turbinas, como de paletas, el área de las paletas, medida transversalmente al sentido de rotación, es constante, debido a esto la única forma de variar la energía transmitida al líquido, es variar la velocidad de rotación del eje.

Por lo general, la velocidad de las paletas más alejadas del eje se mantienen entre 0.3 y 0.9 m/s.

Se considera que el área total de las paletas no debe de ser mayor al 20% de la sección transversal del tanque con el objeto de prevenir la rotación general del líquido alrededor del eje.

El gradiente de velocidad no es afectado por el número de paletas que ocupan una misma posición con respecto al eje. La única ventaja de tener un número grande de paletas, es de que se consigue una mejor homogenización.

Los gradientes de velocidad con que se trabaja están comúnmente entre  $65 \text{ s}^{-1}$  y  $25 \text{ s}^{-1}$ .

La relación óptima entre el largo y el ancho de las paletas es de 18 a 20.

El tanque de floculación tiene un diámetro  $D_t = 1.2$  metros y una altura total de  $H_{Tt} = 1.5$  metros, la altura del cilindro es de  $H_t = 1.1$  metros y la altura de la parte cónica es de  $H_{ct} = 0.4$  metros y el diámetro menor del cono truncado  $d_{ct} = 0.1$  metros.

A partir de esto podemos calcular el volumen del tanque de floculación  $V_{tf}$ .

$$V_{tf} = \left( \frac{\pi \cdot D_t^2}{4} \cdot H_t \right) + \left( \frac{\pi}{3} \cdot H_{ct} \cdot \left( \left( \frac{D_t}{2} \right)^2 + \left( \frac{d_{ct}}{2} \right)^2 + \left( \frac{D_t \cdot d_{ct}}{2} \right) \right) \right) \quad (27)$$

$$V_{tf} = \left( \frac{\pi \times 1.2^2}{4} \times 1.1 \right) + \left( 1.04 \times 0.4 \times (0.6^2 + 0.05^2 + 0.6 \times 0.05) \right)$$

$$V_{tf} = 1.244 + 0.163 = 1.41 \text{ m}^3$$

El tiempo de floculación ( $T_f$ ) viene dado por la relación del volumen del tanque de floculación ( $V_{tf}$ ), y el caudal de diseño ( $Q$ ).

$$T_f = V_{tf} / Q \quad (28)$$

$$= 1.41 / 0.00231 = 610 \text{ seg } \text{ ó } 10.2 \text{ min.}$$

El diseño contempla cuatro brazos de 3 paletas cada uno, estas paletas tienen una longitud  $l_p = 1$  metro y el ancho de la paleta  $a_p = 0.05$  metros.

$$A_p = l_p \times a_p \quad (29)$$

$$= 1 \times 0.05 = 0.05 \text{ m}^2$$

El área transversal del tanque de floculación ( $A_{tf}$ ) es el siguiente:

$$A_{tf} = (D_t \times H_t) + \left( \left( \frac{D_t + d_{ct}}{2} \right) \times H_{ct} \right) \quad (30)$$

$$A_{tf} = (1.2 \times 1.1) + \left( \left( \frac{1.2 + 0.1}{2} \right) \times 0.4 \right)$$

$$A_{tf} = 1.58 \text{ m}^2.$$

El porcentaje de área transversal del tanque cubierto por las paletas ( $Pat$ ).

$$Pat = (3 \times 2 \times 0.0508) / 1.58 = 19.3\%$$

La relación de largo y ancho de las paletas ( $R_{la}$ )

$$R_{la} = 1 / 0.05 = 20$$

Para calcular la Potencia nominal disipada que debe de tener el motor ( $P_n$ ), se lo hizo por medio de la fórmula de Camps.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

$$P_n = 168 C_d (1 - K)^3 (\sum A_p r_i^3) n^3 \quad (31)$$

Donde:

- $C_d$ , es la constante según Rouse, para secciones rectangulares que se desplazan en el agua, para valores de relación de largo y ancho  $R_{la} = 20$ ,  $C_d$  es igual a 1.5
- $K$  es la constante Fair, la cual es igual a  $K = 0.25$  una vez que se establece un equilibrio en el fluido.
- $r_i$  es el radio de giro de las paletas del floculador ( m )
- $n$  son las revoluciones de giro del floculador en r.p.s.
- $A_p$  es el área de las paletas del floculador (  $m^2$  )

El floculador trabaja a 0.134 ( 8rpm ) revoluciones por segundo

$$\begin{aligned} \sum A_p r_i^3 &= 0.0508 \times ( 0.225^3 + 0.375^3 + 0.525^3 ) \\ &= 0.0106 \end{aligned}$$

Pero como el floculador esta formado por cuatro brazos de paletas este valor tiene que ser multiplicado por cuatro para poder calcular la potencia nominal de motor.

$$P_n = 168 \times 1.5 \times (1 - 0.25)^3 \times (4 \times 0.0106) \times 0.134^3$$

$$P_n = 0.0109 \text{ HP}$$

Dada la Potencia nominal en HP. La Potencia al freno o potencia en el eje será igual a la potencia nominal, multiplicada por el factor de eficiencia en los floculadores verticales que se encuentran entre 2 y 4. En este caso se escoge el factor de eficiencia de 4.

$$P_e = 4 \times P_n \quad (32)$$

$$= 4 \times 0.0109 = 0.04 \text{ HP}$$

El gradiente de velocidad en floculadores mecánicos giratorios viene dado de la siguiente manera.

$$G = B_v \times \sqrt{(12600 C_d (1-K)^3 (\sum A_p r_i^3)) / (10 V_{tf})} \times n^{3/2} \quad (33)$$

Donde:

- $B_v$ , es una constante que depende de la viscosidad absoluta del agua, que se la usa par homogenizar unidades, esta constante es igual a 311.8 cuando la temperatura del agua es de 20 grados centígrados.

$$G = 311.8 \times \sqrt{(12600 \times 1.5 \times (1 - 0.25)^3 \times (0.0105)) / (10 \times 1.41)} \times 0.134^3$$

$$G = 37 \text{ S}^{-1}$$

La fuerza de roce sobre las paletas originada por el movimiento del líquido se la calcula por medio de la fórmula de Camps.

$$Fr = C_d \times A_p \times (\rho / g) \times ((V_2 - V_1)^2 / 2) \quad (34)$$

Donde :

-  $C_d$  = Coeficiente de Rouse ( 1.5 )

-  $A_p$  = Area de las paletas

-  $\rho$  = Densidad del agua ( 1000 Kg / m<sup>3</sup> )

-  $g$  = aceleración de la gravedad ( 9.8 m/s<sup>2</sup> )

-  $V_1$  = Velocidad de rotación del líquido (  $K V_2 = 0.25 V_2$  )

-  $V_2$  = Velocidad periférica de rotación de las paletas

Las velocidades tangenciales de las paletas son:

$$V_{21} = 2 \times \pi \times r_1 \times n = 2 \times \pi \times 0.225 \times 0.134 = 0.19 \text{ m/s}$$

$$V_{22} = 2 \times \pi \times r_2 \times n = 2 \times \pi \times 0.375 \times 0.134 = 0.32 \text{ m/s}$$

$$V_{23} = 2 \times \pi \times r_3 \times n = 2 \times \pi \times 0.525 \times 0.134 = 0.44 \text{ m/s}$$

Las fuerzas de roce sobre las paletas:

$$Fr1 = 1.5 \times 0.0508 \times (1000 / 9.8) \times ( (0.75 \times 0.19)^2 / 2 ) = 0.079 \text{ Kg}$$

$$Fr2 = 1.5 \times 0.0508 \times (1000 / 9.8) \times ( (0.75 \times 0.32)^2 / 2 ) = 0.218 \text{ Kg}$$

$$Fr3 = 1.5 \times 0.0508 \times (1000 / 9.8) \times ( (0.75 \times 0.44)^2 / 2 ) = 0.427 \text{ Kg}$$

El Torque que recibe el eje ( Tef ) por las fuerzas de roce del líquido es:

$$Te = 4 \times ( ( Fr1 \times r1 ) + ( Fr2 \times r2 ) + ( Fr3 \times r3 ) ) \quad ( 35 )$$

$$= 4 \times ( ( 0.079 \times 0.225 ) + ( 0.218 \times 0.375 ) + ( 0.427 \times 0.525 ) )$$

$$= 1.3 \text{ Kg} \times \text{m.}$$

### Cálculo de espesor de las paredes

Una vez que se ha dimensionado el tanque de floculación, se debe de calcular el espesor de la plancha de la que éste va estar construido, el mismo análisis sirve también para dimensionar la plancha del tanque de sedimentación ya que tienen la misma presión hidrostática.

Otro factor de diseño importante es el factor de corrosión (  $F_c$  ), éste asegura que el tanque diseñado trabaje eficientemente durante el tiempo estimado en el diseño ( Vida útil ).

El espesor final de las paredes del tanque viene dado por la siguiente ecuación:

$$t_f = t_h + F_c \quad (36)$$

Donde:

$t_h$  = Espesor de la pared según presión hidrostática.

$F_c$  = Espesor de la pared según el factor de corrosión.

Las paredes del tanque están sometidas a esfuerzos longitudinales y esfuerzos circunferenciales que se calculan mediante las siguientes fórmulas.

$$\sigma_c = ( P_h \times r ) / t_h \quad (37)$$

$$\sigma_L = ( P_h \times r ) / 2 t_h \quad (38)$$

Donde:

$r$  = Radio del tanque

$P_h$  = Presión hidrostática

$$P_h = \rho \times g \times h \quad (38)$$

$$= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 1.56 \text{ m}$$

$$= 15288 \text{ Kg / m. seg}^2$$

Según las fórmulas del esfuerzo, el espesor de las paredes debido a la presión hidrostática es crítico en el esfuerzo circunferencial.

Para que exista un coeficiente de seguridad de 2, el esfuerzo del material se considera la mitad del esfuerzo de fluencia, como el material seleccionado es el ASTM A 36 con un esfuerzo de fluencia de 36000 lb/pulg<sup>2</sup>, el esfuerzo de diseño es de 18000 lb/pulg<sup>2</sup> o su equivalente de 1265 Kg / cm<sup>2</sup>.

A partir de la ecuación ( 37 ) se obtiene el espesor de la pared debido a la presión hidrostática. El radio del tanque de floculación es de 0.6 m.

$$t_h = ( 15288 \text{ Kg / m. seg}^2 \times 0.6 \text{ m} ) / ( 12655200 \text{ Kg / m}^2 )$$

$$= 0.0007 \text{ m o } 0.7 \text{ mm.}$$

El factor de corrosión depende de dos factores que son la velocidad de corrosión y de la vida útil.

$$F_c = V_{co} \times V_u \quad (39)$$

Donde :

$V_{co}$  : Velocidad de corrosión .

$V_u$  : Vida útil.

La velocidad de corrosión por lo general está expresada en ( i.p.y.) pulgadas por año, ( i.p.m ) pulgadas por mes o ( m.p.y.) milésimas de pulgadas al año.

El valor de m.p.y. se lo obtiene de pruebas de laboratorio utilizando condiciones ambientales similares que el sitio donde va a trabajar el material, esto se lo realiza mediante la siguiente ecuación :

$$m.p.y. = ( 534 W^3 ) / ( \rho_m * A_m * T ) \quad (40)$$

Donde:

$W$  : Peso perdido en miligramos

$\rho_m$  : Densidad del material g / cm<sup>3</sup>

Am : Area del material  $\text{plg}^2$

T : Tiempo de exposición en horas

En la practica para agilizar este cálculo del factor de corrosión se utiliza la Tabla 1 donde se encuentran valores de velocidad de corrosión para diferentes tipos de materiales estando en contacto con diferentes tipos de atmósferas.

La figura 22 muestra la relación existente entre las diferentes velocidades de corrosión m.p.y. , i.p.m. y m.d.d. en función de la densidad del material.

MEDIO	VELOCIDAD DE CORROSION ( m.d.d. )		
	ACERO	ZINC	COBRE
Atmósfera Rural	-	0.17	0.14
Atmósfera Industrial	1.5	1.0	0.29
Atmósfera Marítima	2.9	0.31	0.32
Agua Potable	5	3	0.7
Agua de Mar	25	10	8

**TABLA 1**  
**VELOCIDAD DE CORROSION**

De la tabla 1 asumo una velocidad de corrosión de 15 m.d.d. ya que no se conoce las propiedades del agua a tratar ni el medio en el que se va encontrar instalada la planta.

Relacion entre las diferentes velocidades de corrosion

mpy'	lpy	ipm	mdd	Densidad
100.0	0.10	0.009	1.000	12.00
90.0	0.08	0.008	900	50
80.0	0.07	0.007	800	11.00
70.0	0.06	0.006	700	50
60.0	0.05	0.005	600	10.00
50.0	0.04	0.004	500	50
40.0	0.04	0.003	400	10.00
30.0	0.03	0.0025	300	50
20.0	0.02	0.002	200	11.00
18.0	0.018	0.0015	180	50
10.0	0.010	0.0010	100	10.00
8.0	0.008	0.0008	80	50
7.0	0.007	0.0007	70	11.00
6.0	0.006	0.0006	60	50
5.0	0.005	0.0005	50	10.00
4.0	0.004	0.0004	40	50
3.0	0.003	0.0003	30	11.00
2.0	0.002	0.0002	20	50
1.0	0.0010	0.00010	10	11.00
0.8	0.0008	0.00008	8	50
0.7	0.0007	0.00007	6	10.00
0.6	0.0006	0.00006	5	50
0.5	0.0005	0.00005	4	10.00
0.4	0.0004	0.00004	3	50
0.3	0.0003	0.00003	2	10.00
0.2	0.0002	0.00002	1.0	50
0.1	0.0001	0.000010	0.8	11.00
		0.000008	0.6	50
			0.5	10.00
			0.4	50

FIGURA 22

RELACION ENTRE LAS DIFERENTES VELOCIDADES

En la Figura 22 se traza una recta entre la densidad del acero que es de  $7.8 \text{ g/cm}^3$  y el valor de m.d.d. de 15 y se la extiende hasta la recta de m.p.y. que nos da un valor aproximado de 2.5.

El tiempo que se estima de vida útil para las planchas es de 25 años.

Por medio de la ecuación ( 39 ) se calcula el factor de corrosión.

$$F_c = 2.5 \times 10^{-3} \text{ pulg/año} * 25 \text{ años}$$

$$F_c = 0.00625 \text{ pulg} \text{ o } 1.58 \text{ mm}$$

Una vez que se tiene el espesor debido a la presión hidrostática  $t_h$  y el factor de corrosión  $F_c$ , se calcula el espesor final de las paredes  $t_f$  por medio de la ecuación ( 36 ).

$$t_f = t_h + F_c$$

$$= 0.7 + 1.58 = 2.28 \text{ mm}$$

Para que quede la planta más rígida y que sea más fácil de armar y soldar se escoge una plancha de 3 mm de espesor. Con esta plancha a de ser construido el tanque de floculación y el de sedimentación.



CIB-ESPOL

### Selección del moto reductor

El moto reductor que se ha seleccionado es un moto reductor tipo perpendicular de tornillo sinfín y corona de bronce de dos etapas, de la marca SEW EURODRIVE.



CIB-ESPOL,

El motoreductor de sinfín corona ( S ) tiene una etapa de entrada con un piñón helicoidal, el cual le reduce la reducción al tornillo sinfín y como resultado aumenta la eficiencia global del reductor comparado con un reductor de solo tornillo sin fin.



CIB-ESPOL,

La carcaza del reductor es de hierro fundido SAE Clase 30.

Tiene doble sello en el eje de salida y un sello interno hecho de Vitón.

Tiene chaveteros en los ejes de entrada y de salida.



CIB-ESPOL,

La eficiencia del reductor esta sobre el 92%

El modelo seleccionado es el S47DT71D6, cuyas características encuentran en la tabla 2:



CIB-ESPOL

### Selections Gearmotors

Motor Power $P_n$ HP	Output Speed $n_a$ rpm	Service Factor	Torque $T_a$ lb-in	OHL $F_{Ra}$	Ratio /	Pri.	Gear		Model	
							1)	Sec	Gear	Motor
<b>0.33</b>	<b>9.9</b>	2.0	1300	1810	110.73	2	-	<b>S57</b>	<b>DT71D6</b>	
	<b>9.5</b>	3.2	1430	2380	180.60	2	-	<b>S67</b>	<b>DT71C4</b>	
	<b>9.3</b>	1.1	1330	1220	184.80	2	-	<b>S47</b>	<b>DT71C4</b>	
	<b>9.3</b>	1.9	1370	1800	184.80	2	-	<b>S57</b>	<b>DT71C4</b>	
	<b>9.1</b>	3.1	1490	2380	190.11	2	-	<b>S67</b>	<b>DT71C4</b>	
	<b>8.6</b>	1.1	1430	1210	201.00	2	-	<b>S47</b>	<b>DT71C4</b>	
	<b>8.6</b>	1.8	1480	1790	201.00	2	-	<b>S57</b>	<b>DT71C4</b>	
	<b>8.4</b>	1.7	1610	1770	204	2	2	<b>S57R17</b>	<b>DT71C4</b>	
	<b>8.0</b>	1.0	1510	1200	137.05	2	-	<b>S47</b>	<b>DT71D6</b>	
	<b>8.0</b>	1.7	1560	1780	137.05	2	-	<b>S57</b>	<b>DT71D6</b>	

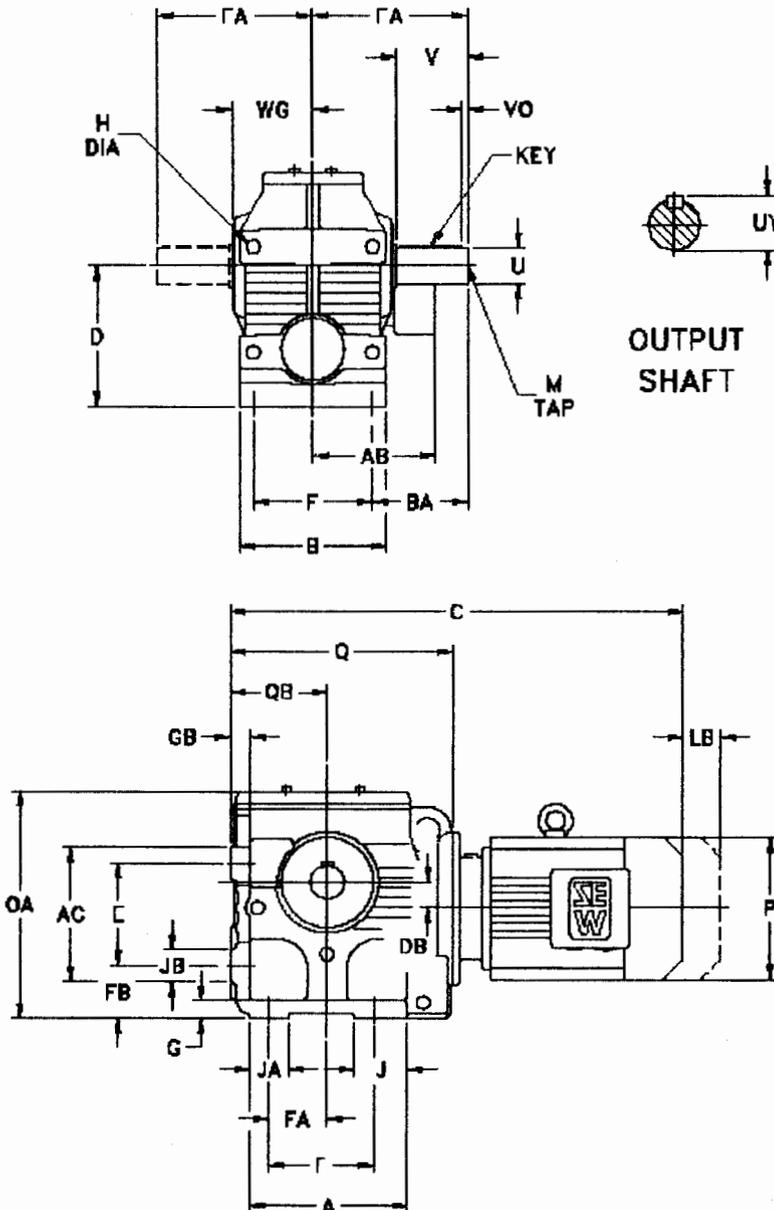
**TABLA 2**  
**Selección de motoreductores**

De esta tabla 2 se puede concluir que las características son las siguientes:

- La potencia del motor es de 0.33 HP o 0.25 Kw.
- La velocidad de salida es de 8 revoluciones por minuto.
- El torque de salida es de 1510 libras por pulgada.
- La relación de reducción es de 137.05.

- La reducción la realiza en dos etapas.

- La velocidad del motor es de 1200 rpm.



**FIGURA 23**  
Esquema de medidas de los motoredutores

## Gearcase

Model	A	AC	B	BA	D*	DB	E	EA	F	FA	FB	G	GB	H	J	JA
S47	4.41	4.13	4.72	2.50	3.94	0.31	3.15	4.53	3.94	1.38	1.38	0.58	0.47	0.43	1.18	1.18
	112	105	120	65	100	8	80	115	100	35	35	15	12	11	30	30

## Gearcase

Model	Gearcase					Output Shaft				Inch Series/Optional Metric Series		
	JB	QA	Q	QB	WG	U*	UY	V	VO	Key	M	
S47	0.98	6.50	6.73	2.95	2.36	1.000	1.11	1.97	0.32	$\frac{1}{8} \times \frac{1}{4} \times 1^5 - 6^3$	$\frac{3}{8} - 16 \times 0.87$	
	25	165	171	75	60	25	28	50	5	$3.17 \times 4.0$	M10 x 22	

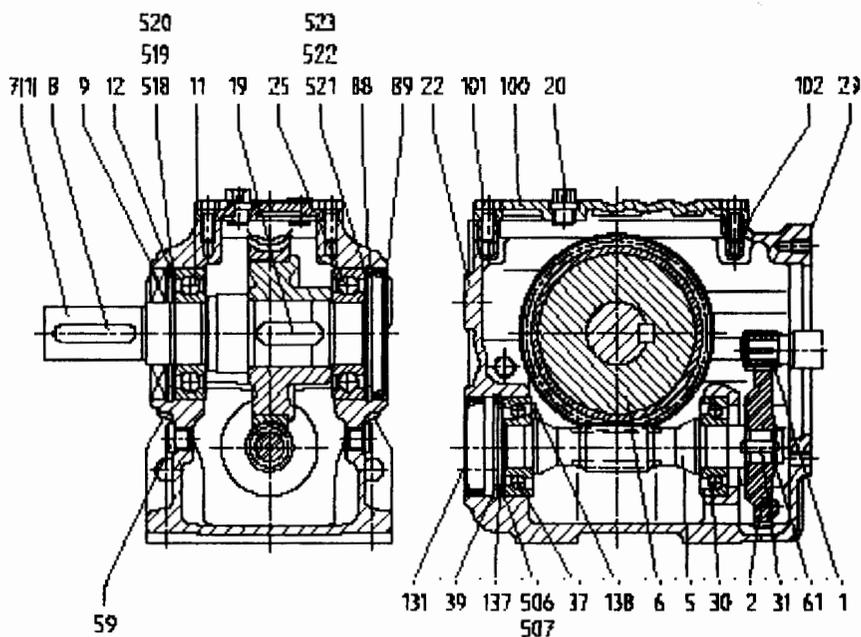
## Motor

Model	DT				DV		
	71	80	90	100	112M	132S	132M
AB	5.43	5.43	6.73	6.89	7.40	7.40	9.13
	138	138	171	175	188	188	232
LB	2.52	2.52	3.35	3.35	3.15	3.15	4.41
	64	64	85	85	80	80	112
P	5.71	5.71	7.76	7.76	8.70	8.70	10.83
	145	145	197	197	221	221	275
S47	14.80	18.77	17.58	19.65	—	—	—
	376	426	446	499	—	—	—

Dimensions are  $\frac{\text{inch}}{\text{mm}}$ 

**TABLA 3**  
Tabla de medidas del moto reductor seleccionado

En la tabla 3 se encuentran las medidas del moto reductor S47 y del motor DT61D6, las cuales están representadas en el gráfico 23.



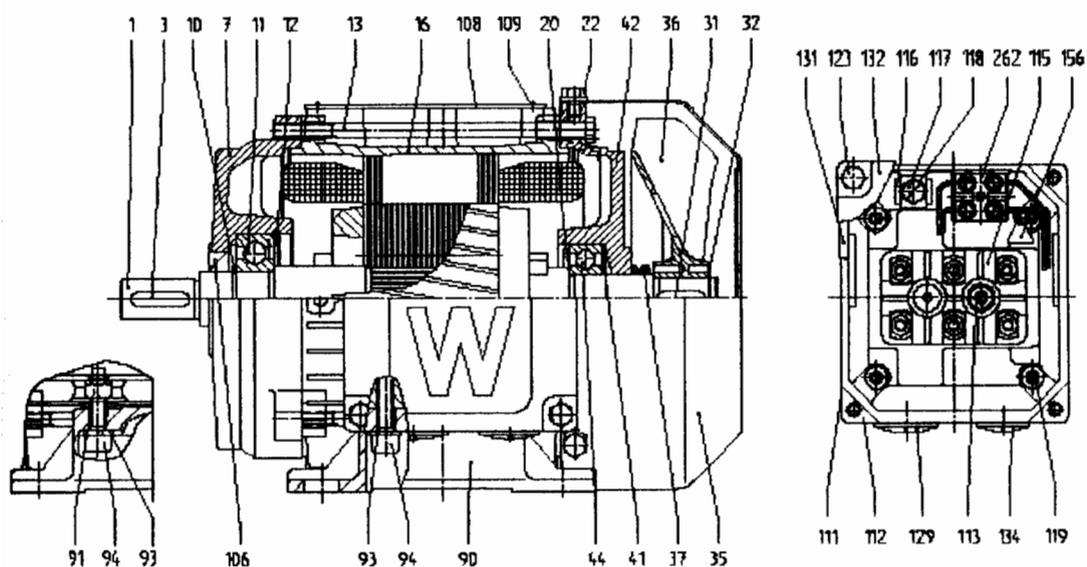
**FIGURA 24**  
Esquema de partes del reductor

Pos.	Denominación	Denominación DIN	Referencia	Can
1	Pinón			1
2	Rueda			1
5	Tornillo sinfín			1
6	Corona-tornillo sinfín			1
7	Eje de salida [1]	25x50 mm	0 109 485 8	1
7	<b>Eje salida en po. [1]</b>	<b>Ø 1.000x1.97 in.</b>	<b>0 102 864 2</b>	<b>1</b>
7	Ej. salida 2 Ext.eje [2]	25x50 mm	0 109 486 6	1
7	<b>PARA 2º EJE SALIDA [2]</b>	<b>Ø 1.000x1.97 in.</b>	<b>0 102 865 0</b>	<b>1</b>
8	Chaveta	DIN6885 A 8x7x40-C45K	0 010 022 6	1
8	<b>Chaveta pulgadas</b>	<b>1/4x1/4x1-5/16 in.</b>	<b>0 808 821 2</b>	<b>1</b>
9	Anillo estanqueidad	DIN3760 AS 30x62x7-NBR	0 011 521 5	1
11	Rod. radial rígido	DIN625 6206-Z-J	0 010 496 5	1
12	Arandela de segur.	DIN472 62x2	0 010 321 7	1
19	Chaveta	DIN6885 A 10x8x32-55HRC	0 010 026 9	1
20	Válvula de purgado	M10x1-MS	0 013 030 3	1
22	Cárter del reductor		0 644 011 8	1
24	Corcheta transporte		0 167 596 6	1
25	Rod. radial rígido	DIN625 6206-Z-J	0 010 496 5	1
29	Pegamento y adhesivo		0 910 255 8	X)
30	Rod. bolas c. oblic.	DIN628 7204B	0 010 557 0	1
31	Chaveta	DIN6885 B 5x5x14-55HRC	0 010 051 X	1
37	Rod. bolas c. oblic.	DIN628 7204B	0 010 557 0	1

Pos.	Denominación	Denominación DIN	Referencia	Can
39	Arandela de segur.	DIN472 47x1.75	0 010 318 7	1
59	Tornillo de cierre	M10x1	0 011 426 X	7
61	Arandela de segur.	DIN471 16x1	0 010 268 7	1
80	Chaveta	DIN6885 A 8x7x40-C45K	0 010 022 6	1
80	<b>Chaveta pulgadas</b>	<b>1/4x1/4x1-5/16 in.</b>	<b>0 808 821 2</b>	<b>1</b>
88	Arandela de segur.	DIN472 62x2	0 010 321 7	1
89	Caperuza de cierre	62x8	0 011 161 9	1
100	Tapa de reductor		0 643 509 2	1
101	Tornillo hexagonal	ISO4017 M 6x12-8.8	0 011 022 1	6
102	Junta		0 643 510 6	1
131	Caperuza de cierre	47x10	0 010 690 9	1
137	Arandela de apoyo	DIN988 S 37x47x2,5	0 010 351 9	1
138	Tornillo Nilos c)	7204 AV11	0 013 681 6	1
183	Anillo estanqueidad	DIN3760 AS 30x62x7-NBR	0 011 521 5	1
506	Arandela de ajuste	DIN988 37x47x0,1	0 010 373 X	X)
507	Arandela de ajuste	DIN988 37x47x0,3	0 010 397 7	X)
518	Arandela de ajuste	DIN988 50x62x0,1	0 010 376 4	X)
519	Arandela de ajuste	DIN988 50x62x0,3	0 010 400 0	X)
520	Arandela de ajuste	DIN988 50x62x0,5	0 010 418 3	X)
521	Arandela de ajuste	DIN988 50x62x0,1	0 010 376 4	X)
522	Arandela de ajuste	DIN988 50x62x0,3	0 010 400 0	X)
523	Arandela de ajuste	DIN988 50x62x0,5	0 010 418 3	X)

**TABLA 4**  
**Lista de partes del reductor**

En este gráfico 24 se pueden ver todas las piezas del reductor y se adjunta la tabla 4 donde se encuentra sus descripciones y cantidades.



**GRAFICO 25**  
Esquema de partes del motor

En el gráficos 25 se muestran las piezas del motor DT61D6 y la lista de partes con sus descripciones se encuentran en la Tabla 5 que se encuentra a continuación.

Pos.	Denominación	Denominación DIN	Referencia	Cant.
1	Rotor	D171C-D-1	0 135 127 3	1
1	Rotor	D171K-1	0 135 455 8	1
1	Rotor	D171D-6	0 135 719 0	1
1	Rotor	D171D-8/2	0 135 128 1	1
1	Rotor	D180K-1	0 135 461 2	1
1	Rotor	D180N-4	0 135 256 3	1
1	Rotor	D180K-6	0 135 725 5	1
1	Rotor	D180N-6	0 135 724 7	1
1	Rotor	D180K-8/2	0 135 462 0	1
1	Rotor	D180N-8/2	0 135 257 1	1
3	Chaveta D171	DIN6995 A 5x5x22	0 010 007 2	1
3	Chaveta D180	DIN6995 A 6x6x32-C45K	0 010 015 3	1
7	Cojinete A		0 136 692 0	1
10	Arandela de segur	DIN983 20x1,2	0 011 461 8	1
11	Rod. radial rígido	DIN625 6201-Z-J	0 010 494 9	1
12	Arandela de segur	DIN472 47x1,75	0 010 318 7	1
13	Tornillo hexagonal D171	ISO4014 M 5x115-6 B-A1C	0 011 868 0	4
13	Tornillo hexagonal D180	ISO4014 M 5x165-6 B-A1C	0 011 869 9	4
16	Estator			1
20	Anillo Nilos sin s	6203 ZAV	0 011 794 3	1
22	Tornillo hexagonal	DIN533 M5x7 Z1-8.8-A2C	0 013 630 1	4
31	Chaveta	DIN6995 A 5x5x18	0 010 006 4	1
32	Arandela de segur	DIN471 15x1	0 010 267 9	1
35	Caperuza ventilador D171		0 135 678 X	1
35	Capula ventilador D180		0 135 089 5	1
36	Ventilador (menor)		0 135 599 6	1
36	Ventilador b)		0 164 561 6	1

Pos.	Denominación	Denominación DIN	Referencia	Cant.
37	Junta V	V-16	0 011 768 4	1
41	Arandela de compensa	33x39 1x0,5	0 011 599 4	1
42	Cojinete B		0 135 092 7	1
44	Rod. radial rígido	DIN625 6203-J	0 010 186 8	1
90	Patás D171		0 150 058 2	2
90	Patás D180		0 180 059 0	2
91	Tuerca hexagonal	ISO4032 M 6-8	0 010 198 2	2
93	Arandela Grower	DIN128 A 6	0 010 990 6	4
94	Tornillo	DIN7500 EM6x25-SI-A2C	0 013 110 5	4
106	Retén sin muelle	DIN3760 A 20x35x7-NB	0 011 194 5	1
108	Placa características			1
109	Remache acanalado	ISO9746 2x4-X5CrNi 18-12	0 010 764 6	2
111	Base de junta		0 135 100 1	1
112	Base caja bornes		0 186 282 0	1
113	Tornillo Torx	M 5x16-SI-A2C	0 013 572 0	1
115	Placa de bornes	K1M	0 011 759 5	1
116	Ciropa de bornes	DIN46282 C10-Me-m	0 010 442 6	2
117	Tornillo hexagonal	ISO4017 M5x12S2-Cu3-E2E	0 011 217 8	1
118	Arandela Grower	DIN7980 5-m	0 011 820 5	1
119	Tornillo Torx	M 5x16S2-SI-A2C-GM	0 013 059 1	4
123	Tornillo hexagonal	ISO4017 M5x16Sp-8 8-A2C	0 012 231 2	4
129	Tornillo de ceter	M 25x1 5-F 5	0 013 138 5	1
131	Tapa junta		0 135 101 X	1
132	Tapa caja bornes		0 135 098 6	1
134	Tornillo de ceter	M 16x1 5-F 5	0 013 133 4	1
156	Etiqueta al		0 136 681 5	1
262	Borre de unión al		0 182 333 7	1

TABLA 5  
Lista de partes del Motor



CIB-ESPOL

## 2.3 Diseño de la etapa de sedimentación

### Zona de entrada

La forma en que entra el caudal de agua a tratar por la parte inferior de las placas, determina como se distribuye el flujo en estas. Ya que el caudal no se distribuye y solo se lo descarga en la parte inferior de las placas, la diferencia de presión ocasionada por la gran velocidad del agua a la entrada, hace que se produzca un flujo descendente al inicio del módulo de placas y ascendente en la parte final.

Para evitar esto hay que distribuir el flujo a lo largo del módulo de decantación. La velocidad que tiene que tener este flujo no debe de ser menor de 0.15 m/s para evitar que el agua se sedimente y ni mucho más que este valor para evitar la ruptura del floculo. A más de esto hay que tratar que la velocidad se mantenga constante dentro de la tubería de distribución, lo cual se lo puede lograr reduciéndola si la longitud del decantador lo amerita.

A más de esto el gradiente de velocidad en los orificios de distribución del agua debe de estar ente 25 y 15  $S^{-1}$ , o ser menor a la salida del floculador.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

El caudal de agua a tratar es el mismo caudal de agua que va a pasar por la tubería de distribución de agua floculada, este caudal es de 0.00231 m<sup>3</sup>/seg. Este tubo de distribución consta de 10 agujeros, entonces el caudal que atraviesa cada uno de estos agujeros es igual a:

$$q_{ds} = Q / N_{as} = 0.00231 / 10 = 0.000231 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Se asume un diámetro final de la tubería de  $D_{fs}=0.062$  metros, con este diámetro se calcula el área de la sección transversal al final de la tubería. Por medio del caudal que tiene que llegar al tramo final, que es el caudal necesario para dos orificios, y el área, se puede calcular la velocidad en la sección final de la tubería, la cual se requiere que sea constante a lo largo de toda la tubería de distribución, como esta velocidad se mantiene constante, se puede calcular el diámetro inicial de la tubería de distribución.

$$A_{fs} = \pi \times D_{fs}^2 / 4 = \pi * 0.062^2 / 4 = 0.003 \text{ m}^2$$

$$V_{fs} = 2 \cdot q_{ds} / A_{fs} = (2 \times 0.000231) / 0.003 = 0.153 \text{ m/s}$$

$$A_{is} = Q / V_{fs} = 0.00231 / 0.153 = 0.015 \text{ m}^2$$

$$Dis = \sqrt{(4 \times A_{is}) / \pi} = \sqrt{(4 \times 0.015) / \pi} = 0.14 \text{ m}$$

Se asumió una velocidad de salida del agua floculada por los agujeros de  $V_{sa} = 0.12 \text{ m/s}$ , a partir de esta velocidad y el caudal de salida de los agujeros, se calcula el diámetro de los agujeros.

$$A_a = q_{ds} / V_{sa} = 0.000231 / 0.12 = 0.0019 \text{ m}^2$$

$$D_a = \sqrt{(4 \times A_a) / \pi} = \sqrt{(4 \times 0.0019) / \pi} = 0.05 \text{ m}$$

Para comprobar y adecuar la distribución equitativa, se aplica los criterios de Hudson, los que nos sirven para calcular el coeficiente de pérdida de carga total en los agujeros  $\beta$ . La cual está en función de las siguientes pérdidas:

- Pérdida de carga debido a la disipación de energía en las salidas laterales de los agujeros ( $\varphi = 1$ ).
- La pérdida de carga en la entrada de los orificios  $\varepsilon$ , que en los casos que las tuberías de descarga de los orificios sean menores a cuatro veces el diámetro,  $\varepsilon = 0.7$ .

- La pérdida de carga debida al cambio de dirección de la corriente ,  $\phi ( Vfs / Vsa )^2$  , donde el coeficiente de pérdida de carga  $\phi$  , es igual a 1.67 cuando la tubería de descarga de los orificios es menor a cuatro veces el diámetro.

$$\beta = \varphi + \varepsilon + \phi ( Vfs / Vsa )^2 \quad (41)$$

$$\beta = 1 + 0.7 + ( 1.67 \times ( 0.153 / 0.12 )^2 ) = 4.415$$

Una vez que se tiene el coeficiente de pérdida de carga total en los orificios, se puede calcular la velocidad real en los orificios ( Vre ).

$$Vre = ( Q / ( Aa * \sqrt{\beta} ) ) * ( n=1, n=10 \sum ( \sqrt{1/\beta} ) )^{-1} \quad (42)$$

$$Vre = ( 0.00231 / ( 0.0019 \times \sqrt{4.415} ) ) \times ( 4.76 )^{-1}$$

$$Vre = 0.1215 \text{ m/s}$$

Para calcular la pérdida de carga en los orificios, debido a la disipación de energía en la salida de estos, se lo hace por medio de la siguiente fórmula:

$$hos = \beta \times ( Vre )^2 / 2 g \quad (43)$$

$$hos = 4.415 \times ( 0.1215 )^2 / ( 2 \times 9.8 ) = 0.0033 \text{ m}$$

El gradiente de velocidad en los agujeros de distribución debe de ser como máximo iguales al floculador y pueden determinarse por medio de la fórmula de Camps

$$Gs = \sqrt{ (fo \times Vre^3) / (v \cdot 8 Rh) } \quad (44)$$

Donde :

fo = Coeficiente para homologar unidades ( 0.04 )

Rh = Radio medio hidráulico para orificios circulares( Da/4 cm ).

v = viscosidad cinemática del agua a 20 c ( 0.01 cm<sup>2</sup>/seg )

$$Gs = \sqrt{ (0.04 \times 12.15^3) / (0.01 \times 8 \times (5/4)) } = 26$$

Los resultados obtenidos en este diseño cumplen con los parámetros y especificaciones. Estos parámetros cumplidos son:

La velocidad en la tubería de distribución es de 0.153 m/s con lo que evitamos que se produzcan depósitos, a más de esto con esta velocidad se evita que se rompan los flóculos.

El gradiente de velocidad es de 26 s<sup>-1</sup>, con lo que cumplimos que el gradiente de velocidad debe de ser menor al gradiente del floculador que en este caso es de 34 s<sup>-1</sup>.

### Zona de sedimentación

Para diseñar la zona de sedimentación asumo una separación de placas en el plano horizontal  $d = 10$  cm. El espesor de la plancha es de  $e' = 2$  mm y el ángulo de inclinación es de  $\theta = 60$  grados con la horizontal.

A partir de esto se puede calcular cual es el espaciamiento entre las placas  $e$  ( cm ). Donde  $e$  :

$$e = ( d \text{ Sen } \theta ) - e' \quad ( 45 )$$

$$= ( 10 \times \text{Sen } 60 ) - 0.2 = 8.5 \text{ cm}$$

Asumo una longitud de placas de  $l = 0.6$  m en sentido del flujo.

Luego de esto se calcula la longitud útil de decantación a partir de la ecuación ( 19 ):

$$L_u = l - d \text{ Cos } \theta = 60 - ( 10 \times \text{Cos } 60 ) = 55 \text{ cm}$$

La longitud relativa del modulo de placas ( L ) se lo calcula en función de la longitud útil de las placas y del espaciamento entre ellas.

$$L = Lu / e \quad (46)$$

$$= 55 / 8.5 = 6.5$$

La planta esta diseñada para  $Q = 200 \text{ m}^3/\text{día}$  que es equivalente a  $0.00231 \text{ m}^3 / \text{seg}$ . La velocidad crítica de la planta o carga superficial, que es la velocidad de la partícula crítica o aquella que entra a la zona de decantación al ras de la superficie y toca fondo cuando el flujo sale de dicha zona es de  $V_{sc} = 121 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$  o  $V_{sc} = 0.0014 \text{ m/s}$ .

Con esto se puede calcular el área superficial de la unidad de la siguiente manera:

$$A_s = Q / f \cdot V_{sc} \quad (47)$$

Donde f es una constante que se la calcula de la siguiente manera:

$$f = ( \text{Sen } \theta ( \text{sen } \theta + L \text{ Cos } \theta ) ) / s \quad (48)$$

Donde  $s$ , es el módulo de eficiencia de las placas de 3.6.

$$f = \text{Sen } 60 ( \text{Sen } 60 + 6.5 \text{ Cos } 60 ) / 3.6 = 1$$

$$A_s = 0.00231 / ( 1 \times 0.0014 ) = 1.7 \text{ m}^2$$



CIB-ESPOL

El ancho neto de decantación va a ser de  $B = 1.2$  metros.

El número de canales formados por las placas  $N$  se lo calcula con la fórmula ( 15 ):

$$N = A_s \times \text{Sen } \theta / B \cdot e$$

$$N = 1.7 \times \text{Sen } 60 / 1.2 \times 0.085 = 14$$



CIB-ESPOL

La longitud del decantador  $LT$  se lo calcula como sigue:

$$LT = l \text{ Cos } \theta + ( N \cdot e + ( ( N + 1 ) e' ) ) / \text{Sen } \theta \quad ( 49 )$$

$$LT = 0.6 \times \text{Cos } 60 + ( 14 \times 0.085 + ( ( 14 + 1 ) 0.002 ) ) / \text{Sen } 60$$

$$LT = 1.7 \text{ m}$$

La velocidad media del flujo  $V_o$  se la obtiene de la fórmula ( 14 ).

$$V_o = Q / A_s \cdot \text{Sen } \theta = 0.00231 / ( 1.7 \times \text{Sen } 60 ) = 0.16 \text{ cm / seg}$$

Si se divide el módulo de placas longitudinalmente por la mitad para tener mayor rigidez en las placas, el ancho de cada módulo de placa será de  $b = 0.6$  m.

El radio hidráulico  $RH$  para el módulo de placas se lo obtiene de la fórmula ( 18 ):

$$RH = ( b.e ) / 2 ( b + e ) = ( 0.6 \times 0.085 ) / 2 . ( 0.6+0.085 )$$

$$= 0.0371 \text{ m}$$

La viscosidad cinemática del agua a 20 grados centígrados es de  $\nu = 0.01 \text{ cm}^2 / \text{seg}$ .

Una vez que se ha determinado todos estos valores se puede calcular el número de Reynolds para ver si se encuentra en flujo laminar con  $Re \leq 250$  a partir de la ecuación ( 17 ).

$$Re = 4 RH . V_o / \nu = 4 \times 3.71 \times 0.16 / 0.01 = 237$$

Este decantador que se ha diseñado cumple con los parámetros y recomendaciones de diseño que son:



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

Las cargas superficiales o velocidad de la partícula crítica a la que trabaja esta planta es de  $121 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ , el que se encuentra entre el rango de  $120 - 185 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$ , este rango es el que se acostumbra en este tipo de plantas teniendo una eficiencia de remoción encima el 90%.

La velocidad longitudinal media ( $V_o$ ) comúnmente se encuentra entre  $10$  y  $25 \text{ cm/ min.}$ , y en esta planta la velocidad longitudinal media es de  $10 \text{ cm/ min.}$

A más de esto el número de Reynolds es de  $237$  que es menor a  $250$ .

## Zona De Salida

La zona de salida, o de recolección de agua sedimentada es muy importante para la uniformidad en la ascensión del flujo.

Para poder producir esta extracción uniforme, se ha diseñado canales recolectores, y según resultados obtenidos en plantas similares, no es recomendable trabajar con cargas mayores a 5 lit / s x m, porque estas cargas generan velocidades que arrastran hacia los vertederos los flóculos que aún no han sido sedimentados.

En decantadores laminares, de placas inclinadas paralelas, la distancia entre los vertederos de recolección (  $dve$  ), es función de la profundidad (  $hpl$  ) de instalación de los módulos o placas, y es inversamente proporcional a la tasa de escurrimiento superficial o velocidad ascensional del agua (  $Ves$  ). Esta relación esta expresada en el gráfico 12, o se la calcula mediante la expresión.

$$( dve / hpl ) = ( 432 / Ves ) \quad ( 50 )$$

La velocidad ascensional del fluido se encuentra en función del caudal y del área del decantador.

$$Ves = Q/As \quad (51)$$

$$= 0.00231/1.7 = 0.00135 \text{ m/s o } 118 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$$

Con esta velocidad de escurrimiento menor a la velocidad critica se evita que los sedimentos vuelvan a entrar al flujo.

En la planta se van a colocar dos vertederos de recolección, de 1.42 metros cada uno, entonces la longitud total de vertederos de recolección (  $lv$  ) se la obtiene sumando las dos.

$$lv = 1.42 + 1.42 = 2.84 \text{ metros}$$

La tasa de diseño del vertedero  $qv$  , está en función del caudal de diseño de la planta y de la longitud del vertedero.

$$qv = Q / lv \quad (52)$$

$$= 0.00231 \times 1000 / 2.84 = 0.81 \text{ lit / seg x m}$$

Como la velocidad de escurrimiento del sedimentador es de 118  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$ , entonces la relación entre la distancia de los vertederos

de recolección y la altura de instalación de los módulos es la siguiente ( ecuación 50 ).

$$dve / hpl = 432 / Ves = 432 / 118 = 3.6$$

Si separo los vertederos recolectores 60 cm entre sí, la altura de instalación de los módulos de placas es la siguiente.

$$hpl = dve / 3.6 = 0.6 / 3.6 = 0.17 \text{ m}$$

## Zona de Lodos

Para la extracción de lodos se ha considerado el diseño de tolvas separadas para cada orificio de descarga.

Cuando se colocan tolvas separadas en el fondo del sedimentador se obtienen las mejores condiciones hidráulicas, ya que los orificios de descarga son de mayor diámetro y con esto se disminuye el riesgo de que se tapen las tuberías.

La pendiente de las tolvas debe de estar entre 45 y 60 grados.

Para el tanque de sedimentación se decidió colocar cuatro tolvas en el fondo (  $N_{to}=4$  ), las medidas de estas tolvas son de  $A_t=0.7$  x  $B_t=0.6$  metros en su parte superior, y de  $a_t=0.1$  x  $b_t=0.1$  metros en la parte inferior. Se diseñó las tolvas a 45 y a 50 grados lo que nos da una profundidad de las tolvas  $h_{to}=0.3$  m.

La capacidad de almacenamiento de lodos, se la obtiene por medio del volumen total de las tolvas.

$$V_{lo} = h_{to}/6 \cdot ( (2 \cdot A_t + a_t) \cdot B_t + (2 \cdot a_t + A_t) \cdot b_t ) \cdot N_{to} \quad (53)$$

$$V_{lo} = 0.3/6 ( ( (2 \times 0.7) + 0.1) \times 0.6 ) + ( ( (2 \times 0.1) + 0.7) \times 0.1 ) \times 4$$

$$V_{lo} = 0.2 \text{ m}^3$$

A partir de la tasa de producción de lodos de  $TI = 3 \text{ ml/l}$  y el caudal de diseño de la planta  $Q = 2.31 \text{ lit/seg}$ , se calcula el caudal de lodo producido  $QI$ .

$$QI = Q \cdot TI \quad (54)$$

$$= 2.31 \times 0.003 = 0.007 \text{ lit/seg}$$

Con estos valores obtenidos se puede calcular la frecuencia de descarga del sedimentador ( $Fd$ ).

$$Fd = V_{lo} / QI \quad (55)$$

$$= 0.2 \text{ m}^3 / 0.0252 \text{ m}^3/\text{h} = 8 \text{ horas}$$

La velocidad de arrastre del flóculo en la zona de las tolvas debe de encontrarse entre 1.25 y 1 cm/seg para evitar que estas partículas vuelvan a ser suspendidas e incrementen la turbiedad de entrada al sedimentador. En este caso nuestra velocidad de arrastre de lodos ( $V_a$ ) será de 1 cm/seg que es el valor que se usa cuando el lodo contiene polielectrolitos.

La carga hidráulica del decantador o la altura de agua del decantador es de  $H=1.52$  m, y la separación entre los orificios de las tolvas es de  $X_o=0.6$  m. A partir de estos datos se calcula el diámetro de los orificios de descarga (Dod).

$$\begin{aligned} \text{Dod (m)} &= X_o \text{ (m)} / (1.162 \sqrt{((\sqrt{H \text{ (m)}}) / V_a \text{ (m/seg))})} & (56) \\ &= 0.6 / (1.162 \times \sqrt{((\sqrt{1.53}) / 0.01)}) \\ &= 0.05 \text{ m } \acute{o} \text{ 2 pulg} \end{aligned}$$

El diseño contempla dos tuberías recolectoras de lodo, y cada tubería va a recoger el lodo de dos tolvas, el diámetro de la tubería recolectora de lodos, está en función de los diámetros de los orificios de descarga, de la relación de velocidades entre los orificios de descarga y la tubería recolectora de lodos  $R_{lo} = 1$  y del número de orificios o tolvas con las que trabaja  $N_{to}$ .

$$\begin{aligned} \text{Dtr} &= \text{Dod} / \sqrt{(R_{lo} / N_{to})} & (57) \\ &= 0.05 / \sqrt{(1 / 2)} = 0.07 \text{ m} \\ &= 0.07 \text{ m } \acute{o} \text{ 3 pulg} \end{aligned}$$

El área de las tuberías recolectoras de lodos  $A_{tr}$

$$A_{tr} = \pi \cdot D_{tr}^2 / 4 = 0.0046 \text{ m}^2$$

El caudal de drenaje del colector de lodos (  $Q_{tr}$  ) se calcula mediante la expresión:

$$Q_{tr} = C_c \cdot A_{tr} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (58)$$

Donde:

$C_c$  = Coeficiente de contracción de lodos ( 0.65 )

$A_{tr}$  = Area de la tubería recolectora (  $\text{m}^2$  )

$g$  = aceleración de la gravedad (  $\text{m} / \text{seg}^2$  )

$H$  = carga hidráulica (  $\text{m}$  )

$$Q_{tr} = 0.65 \times 0.0046 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 1.52}$$

$$Q_{tr} = 0.016 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El tiempo en que se vacía todo el lodo del sedimentador (  $T_{vl}$  ) esta en función del volumen de descarga de lodos y del caudal de descarga de lodos de cada tubería recolectora.

$$T_{vl} = V_{tr} / Q_{tr} \quad (59)$$

$$V_{tr} = V_{lo} / 2 = 0.2 / 2 = 0.1 \text{ m}^3$$

$$T_{vl} = 0.11 / 0.016 = 7 \text{ seg.}$$

## 2.4 Selección de Filtros

La selección de los filtros es un paso importante para el correcto funcionamiento de una planta potabilizadora de agua, ya que de estos depende gran parte de la calidad del agua para el consumo humano.



El caudal que atraviesa los filtros obedecen a la ley de Darcy. En la cual nos dice que en todos los filtros el flujo está en la zona laminar y que la caída de presión es gobernada por el caudal. Durante la carrera del filtro, la pérdida de carga, en el medio filtrante, aumenta debido a la acumulación de sólidos dentro del medio filtrante. El filtro debe de pararse cuando la pérdida de carga alcanza los límites fijados en el diseño, o cuando la turbiedad del efluente es mayor que el límite máximo fijado.



Una vez que se ha parado el filtro, se debe de someterse al proceso de lavado a contra flujo, al contra lavar con caudales excesivos se producen pérdidas del medio filtrante y se podrían mezclarse el medio filtrante con el medio de soporte. Este contra flujo debe de producir la expansión del 10% del medio filtrante y se debe de realizar aproximadamente por 10 minutos. Luego de esto se realiza



un enjuague con flujo descendente para que se forme la cama de filtración, este enjuague se lo realiza aproximadamente por 5 minutos antes de que empiece a funcionar el filtro nuevamente.

Los filtros que se han seleccionados son para filtración rápida, ya que el agua a pasado por tratamientos previos como la coagulación, la floculación y la sedimentación.

### **Selección del filtro de arena**

En sí el filtro de arena produce la remoción de sólidos en suspensión y coloides presentes en el agua, mediante el paso del agua a través de un medio poroso.

Los principales mecanismos de la filtración son:

- a) La filtración superficial, donde los sólidos filtrados forman una película biológica.
- b) La filtración por sedimentación, que se produce a lo largo de la carrera de filtración.

Se ha seleccionado el filtros de arena Culligan, que trabaja con una tasa de filtración para eliminar sólidos suspendidos y reducir la turbiedad de  $T_{fa} = 7 \text{ gpm/pie}^2$ .

Para definir cual es el filtro que se va a seleccionar, se divide el caudal de diseño de la planta  $Q = 200 \text{ m}^3/\text{día}$  ó  $35 \text{ gpm}$  para la tasa de filtración. De esta operación se determina cual es el área del filtro de arena (  $A_{fa}$  ).

$$A_{fa} = 35 \text{ gpm} / 7 \text{ gpm} / \text{pie}^2 = 5 \text{ pie}^2 \text{ ó } 0.46 \text{ m}^2$$

A partir de esto se puede calcular el diámetro del filtro de arena (  $D_{fa}$  )

$$D_{fa} = \sqrt{((4 \cdot A_{fa}) / \pi)}$$

$$D_{fa} = \sqrt{((4 \times 5) / \pi)} = 2.52 \text{ pies} = 30 \text{ pulgadas} = 0.76 \text{ metros}$$

De la tabla 6 de Filtros de arena de la marca Culligan se selecciona el filtro HD- 302.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

**DEPTH FILTERS  
FOR SEDIMENT REDUCTION  
SPECIFICATIONS AND OPERATING DATA**

MODEL NUMBER	Hi-Flo 55					Hi-Flo 50					
	HD-202	HD-242	HD-302	HD-362	HD-423	HD-483	HD-544	HD-604	HD-726	HD-846	
<b>Peak</b>											
Service Flow @	gpm	30	45	75	100	150	190	240	300	440	600
Pressure Drop	@ psi	@ 3	@ 4	@ 7	@ 10	@ 6	@ 10	@ 8	@ 10	@ 10	@ 10
	L/min	114	170	284	379	568	719	908	1,140	1,670	2,270
	@ kPa	@ 21	@ 28	@ 42	@ 69	@ 41	@ 69	@ 55	@ 69	@ 69	@ 69
<b>Normal</b>											
Service Flow @	gpm	15	20	35	50	70	90	110	140	200	270
Pressure Drop	@ psi	@ 1	@ 1	@ 2	@ 3	@ 2	@ 3	@ 3	@ 2	@ 2	@ 2
	L/min	57	78	132	189	265	340	420	530	750	1,020
	@ kPa	@ 6.9	@ 6.9	@ 14	@ 21	@ 14	@ 20	@ 20	@ 14	@ 14	@ 14
<b>Tank Size</b>											
Diameter	in	20	24	30	36	42	48	54	60	72	84
	mm	510	610	760	910	1,070	1,220	1,370	1,520	1,830	2,130
Sideshell	in	48	48	48	54	54	60	60	60	60	60
	mm	1,220	1,220	1,220	1,370	1,370	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520
<b>Pipe Size</b>											
Inlet/Outlet	in	2	2	2	2	3	3	4	4	6	6
<b>Media Volume</b>											
	ft <sup>3</sup>	5	8	12	17	23	32	40	49	70	97
	m <sup>3</sup>	0.142	0.227	0.340	0.481	0.651	0.908	1.13	1.39	1.98	2.75
<b>Ship Weight, Approx</b>											
	lb	870	1,150	1,750	2,530	3,550	7,000	8,800	10,800	18,500	25,000
	kg	390	520	790	1,150	1,610	3,175	4,000	4,900	8,390	11,340

## NOTES

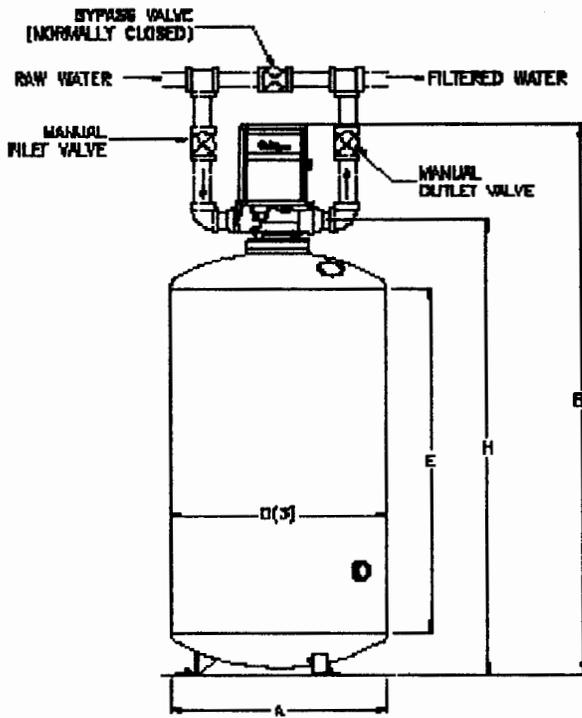
1. Service flow rates are based on 100 psi (6.9 bar) inlet for Normal and 15 psi (1.0 bar) inlet for Peak flow rates. Actual service rate can vary from 2 to 20 gpm (75 to 750 L/min) depending upon the application and the flow water.

**Culligan**

Commercial Systems

**TABLA 6  
Datos de los filtros de Arena**

Este filtro tiene un recubrimiento epoxy phenolico que tiene una garantía de 5 años contra la corrosión en el interior. Los tanques son sandblasteados antes de pintarlos.



MODEL	DIMENSIONS (INCHES)										MIN. DRAIN PIPE SIZE	SIMPLEX OPER. WT.
	A	AA	B*	C	D(3)	E	G	H	J			
HD-202	21	48	74	24	20	48	2	60	2	1 1/2"	1,200 lb.	
HD-242	25	56	75	26	24	48	2	61	2	1 1/2"	1,630 lb.	
HD-302	31	68	78	30	30	48	2	62	2	2"	2,560 lb.	
HD-362	37	80	86	36	36	54	2	72	2	2 1/2"	3,900 lb.	
HD-423	43	92	87	42	42	54	3	73	3	2 1/2"	5,450 lb.	

**FIGURA 26**  
**Medidas del filtro de arena**

El medio filtrante será de doble capa de arena y de antracita con las siguientes propiedades.

	<b>Arena</b>	<b>Antracita</b>
Espesor de la capa ( m )	0.3	0.6
Tamaño efectivo ( mm )	0.4 - 0.7	0.9 - 1.3
Coefficiente de des uniformidad	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$
Coefficiente de esfericidad	0.7 - 0.8	0.6 - 0.7
Tamaño del grano más pequeño	0.42	0.7
Tamaño del grano más grande	1.41	2.4

La capa soporte de grava cuando el filtro esta formado por tubería perforadas tiene la siguiente distribución.

	<b>Espesor ( cm )</b>	<b>Tamaño efectivo ( mm )</b>
Grava No 1	10	2.2 - 4.8
Grava No 2	7.5	4.8 - 9.5
Grava No 3	7.5	9.5 - 19
Grava No 4	12.5	19 - 38

## Selección del filtro de carbón

El trabajo de los filtros de carbón activado es extraer por adsorción, organismos disueltos, cloro, olor y el sabor del agua.

El carbón activado es principalmente una forma de carbón altamente poroso, que se deriva del carbón, de la madera y la cáscara de coco. Es producido primero calentando la sustancia a bajas temperaturas en un ambiente sin oxígeno para quitar los componentes volátiles (carbonización) y entonces el carbón es "activado" al calentarlo a altas temperaturas en un ambiente controlado de oxígeno y vapor. El proceso de activación abre la estructura del carbón creando una altísima porosidad y una superficie grande y muy activa. Una libra de carbón activado tiene una área superficial igual a 125 acres o  $505857 \text{ m}^2$ .

Se ha seleccionado el filtros de carbón activado marca Culligan, que trabaja con una tasa de filtración para adsorber compuestos orgánicos es de  $T_{fo} = 5 \text{ gpm/pie}^2$ , y con una tasa de filtración de  $T_{fc} = 10 \text{ gpm/pie}^2$  para la extracción del cloro.

Para definir cual es el filtro que se va a seleccionar, se divide el caudal de diseño de la planta  $Q = 200 \text{ m}^3/\text{día}$  ó  $35 \text{ gpm}$  para la tasa de filtración.

Si el filtro que se va seleccionar fuera solo para extraer el cloro, se divide el caudal de diseño para la tasa de filtración de extracción de cloro, y se obtiene cual es el área que debe de tener el filtro de carbón (  $A_{fc}$  ).

$$A_{fc} = 35 \text{ gpm} / 10 \text{ gpm} / \text{pie}^2 = 3.5 \text{ pie}^2 \text{ ó } 0.325 \text{ m}^2$$

Si el filtro que se va a seleccionar fuera solo para extraer materia orgánica, se divide el caudal de diseño para la tasa de filtración de extracción materia orgánica, y se obtiene cual es el área que debe de tener el filtro de carbón (  $A_{fc}$  ).

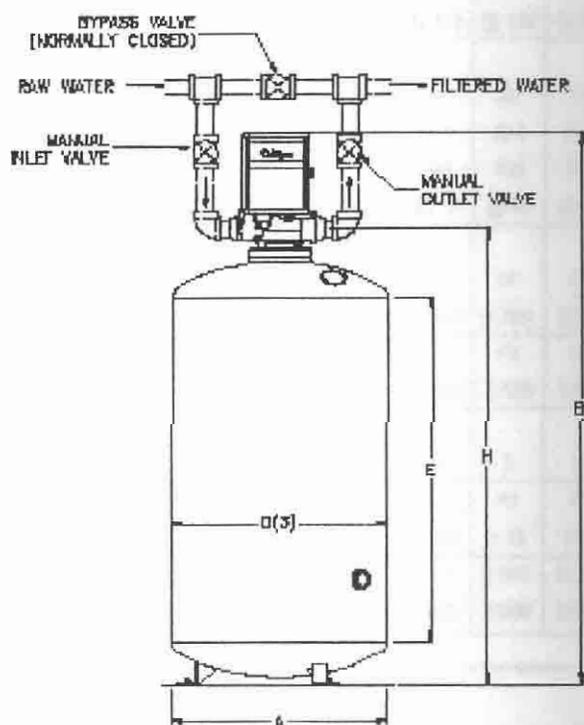
$$A_{fc} = 35 \text{ gpm} / 5 \text{ gpm} / \text{pie}^2 = 7 \text{ pie}^2 \text{ ó } 0.65 \text{ m}^2$$

El filtro de carbón en esta planta sirve tanto como para extraer materia orgánica como extraer cloro, la tasa de filtración que se debe de usar es la más crítica, por lo tanto el área que debe de tener el

filtro es de 7 pie<sup>2</sup>. A partir de esto se puede calcular el diámetro del filtro de carbón ( Dfc )

$$D_{fc} = \sqrt{(4 \cdot A_{fc}) / \pi}$$

$$D_{fc} = \sqrt{(4 \times 7) / \pi} = 2.98 \text{ pies} = 36 \text{ pulgadas} = 0.91 \text{ metros}$$



MODEL	DIMENSIONS (INCHES)										MIN. DRAIN PIPE SIZE	SIMPLEX OPER. WT.
	A	AA	P*	C	D(3)	E	G	H	J			
HC-202	21	48	74	24	20	48	2	60	2	1 1/2"	1,200 lb.	
HG-242	25	56	75	26	24	48	2	61	2	1 1/2"	1,630 lb.	
HG-302	31	68	76	30	30	48	2	62	2	2"	2,560 lb.	
HG-362	37	80	86	36	36	54	2	72	2	2 1/2"	4,050 lb.	
HG-423	43	92	87	42	42	54	3	73	3	2 1/2"	5,620 lb.	

**FIGURA 27**  
Medidas del filtro de carbón

**Hi-FLO<sup>®</sup>****CULLAR<sup>®</sup> AUTOMATIC FILTERS FOR  
DECHLORINATION AND ORGANIC ADSORPTION****SPECIFICATIONS AND OPERATING DATA**

MODEL NUMBER	Hi-Flo 55					Hi-Flo 50					
	HG-202	HG-242	HG-302	HG-362	HG-423	HG-4825	HG-543	HG-603	HG-724	HG-844	
<b>Dechlorination</b>											
Service Flow @	gpm	20	30	50	70	100	125	160	200	280	380
Pressure Drop	@ psi	@ 2	@ 2	@ 4	@ 8	@ 13	@ 16	@ 18	@ 13	@ 12	@ 16
	L/min	76	114	189	265	379	473	606	757	1,060	1,440
	@ kPa	@ 14	@ 14	@ 28	@ 55	@ 90	@ 110	@ 124	@ 90	@ 83	@ 110
<b>Organics Adsorption</b>											
Service Flow @	gpm	10	15	25	35	50	65	80	100	140	200
Pressure Drop	@ psi	@ 1	@ 1	@ 2	@ 3	@ 4	@ 4	@ 6	@ 4	@ 5	@ 6
	L/min	38	57	95	132	189	246	303	379	530	757
	@ kPa	@ 6.9	@ 6.9	@ 14	@ 21	@ 28	@ 28	@ 41	@ 28	@ 34	@ 41
<b>Tank Size</b>											
Diameter	in	20	24	30	36	42	48	54	60	72	84
	mm	510	610	760	910	1,070	1,220	1,370	1,520	1,830	2,130
Sideshell	in	48	48	48	54	54	60	60	60	60	60
	mm	1,220	1,220	1,220	1,370	1,370	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520
<b>Pipe Size</b>											
Inlet/Outlet	in	2	2	2	2	2	2.5	3	3	4	4
Media Volume	ft <sup>3</sup>	6	8	12	18	24	32	40	48	70	96
	m <sup>3</sup>	0.170	0.227	0.340	0.510	0.680	0.910	1.13	1.36	1.98	2.72
Ship Weight Approx.	lb	530	670	1,000	1,420	2,000	5,200	6,500	8,000	12,500	17,000
	kg	240	300	450	640	910	2,400	2,900	3,600	5,700	7,700

## NOTES

1. Service flow rates are based on 5 gpm ft<sup>2</sup> (18 L/min m<sup>2</sup>) for Organic Adsorption and 10 gpm ft<sup>2</sup> (38 L/min m<sup>2</sup>) for Dechlorination. Actual flow rate may vary depending upon the application and the raw water.

**TABLA 7**  
**Datos de filtros de Carbón**

De la tabla 7 de Filtros de Carbón activado de la marca Culligan seleccionamos el filtro HG- 362.

Este filtro tiene un recubrimiento epoxy phenolico que tiene una garantía de 5 años contra la corrosión en el interior. Los tanques son sandblasteados antes de pintarlos.

El carbón activado con el que va a funcionar el filtro, es a base de hueso de coco de palma africana, que se activa a altas temperaturas, el tamaño de grano o de malla es de 12 x 40, que tiene un amplio rango de adsorción. Este carbón es de alta calidad y posee características de durabilidad, larga vida y resistencia al roce. No le da sabor, olor o color al agua al filtrarse. La mínima profundidad del carbón es 30 pulgadas ECOK-70.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

## 2.5 Selección de equipos de bombeo

### Selección de bombas de captación

Como ya se mencionó anteriormente la selección de las bombas de captación depende del tiempo en la que se pueda bombear agua desde el río, lago o pozo hacia el tanque de reservorio de donde se va a tomar agua para el funcionamiento continuo de la planta potabilizadora.

Según el tiempo que se pueda captar agua se ha realizado la tabla 8, en la que se encuentra el caudal necesario de cada bomba, la bomba seleccionada y algunas características, el resto con respecto a las bombas se lo puede encontrar en el ANEXO B.

El caudal necesario de cada bomba en GPM es el siguiente:

$$(200 \text{ m}^3/\text{día}) \times (1/24 \text{ días/horas}) \times (264.17 \text{ gal/m}^3) \times (1/60 \text{ h/min}) = 35 \text{ GPM}$$

$$(200 \text{ m}^3/\text{día}) \times (1/20 \text{ días/horas}) \times (264.17 \text{ gal/m}^3) \times (1/60 \text{ h/min}) = 44 \text{ GPM}$$

$$(200 \text{ m}^3/\text{día}) \times (1/16 \text{ días/horas}) \times (264.17 \text{ gal/m}^3) \times (1/60 \text{ h/min}) = 55 \text{ GPM}$$

$$(200 \text{ m}^3/\text{día}) \times (1/12 \text{ días/horas}) \times (264.17 \text{ gal/m}^3) \times (1/60 \text{ h/min}) = 73 \text{ GPM}$$

$$(200 \text{ m}^3/\text{día}) \times (1/8 \text{ días/horas}) \times (264.17 \text{ gal/m}^3) \times (1/60 \text{ h/min}) = 110 \text{ GPM}$$

$$(200 \text{ m}^3/\text{día}) \times (1/4 \text{ días/horas}) \times (264.17 \text{ gal/m}^3) \times (1/60 \text{ h/min}) = 220 \text{ GPM}$$

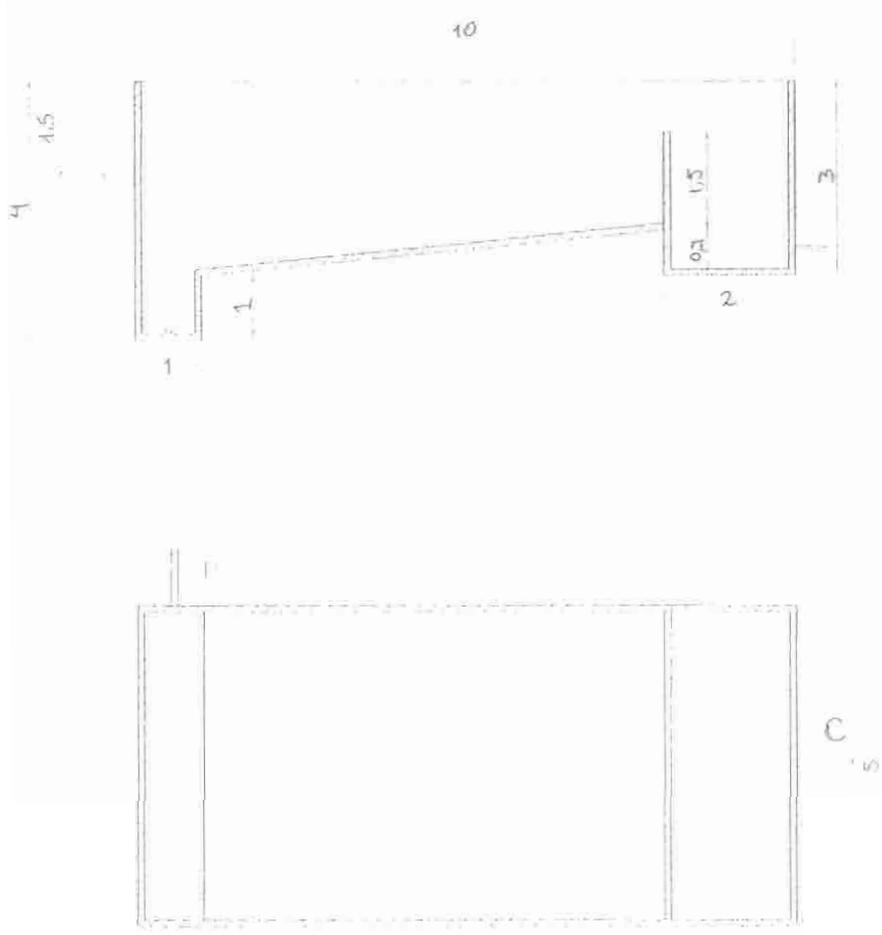
Tiempo de Captación Horas	Caudal Necesario GPM	Bomba Seleccionada	Diámetro Impeler pulg	Potencia motor HP
20	44	CB1 ¼ XPS	4 ½ "	1
16	55	CB1 ¼ XPS	5 "	1.5
12	73	CB1 ¼ XPS	5.18"	2
8	110	B2 ½ TPM	4"	3
4	220	B2 ½ TPM	4 11/16"	5

**Tabla 8**

**Selección de bombas de captación**

Para almacenar el agua se ha dimensionado una cisterna para que pueda funcionar como un desarenador, la capacidad de la cisterna es de aproximadamente el 75% de la producción diaria de agua potable, este volumen de almacenamiento es de 150 m<sup>3</sup>.

En esta cisterna el agua entra por la parte superior y al transcurrir toda la longitud de la cisterna las partículas pesadas como la arena caen al fondo, debido a la pendiente que se acostumbra para el fondo de este tipo de tanques que es del 10%, estos sedimentos ruedan hasta la zona de descarga donde son almacenados para su posterior eliminación. En la parte final del tanque se encuentra el almacenamiento de agua libre de partículas gruesas.



1. La Cisterna de agua  
2. El tanque de agua  
3. El tubo de agua

**FIGURA 28**  
**Cisterna de agua a tratar**

## Selección de bombas dosificadoras

Se han seleccionado dos bombas dosificadoras una para el cloro y la otra para el policloruro de aluminio marcas Walchem de las series EZ, las cuales están formadas por la unidad de bombeo, la unidad motriz y la unidad de control.

La unidad motriz esta formada por un solenoide. Cuando la bobina del solenoide es energizada por la unidad de control la armadura del eje se mueve hacia delante debido a la fuerza magnética del solenoide. El eje es unido al diafragma el cual es parte de la bomba. El diafragma es forzado dentro de la cavidad de la bomba disminuyendo el volumen e incrementando la presión, la cual fuerza al líquido que se encuentra en la bomba a través de la válvula cheque de descarga. Cuando la bobina del solenoide es desenergizada, un resorte devuelve la armadura a su posición original. Esta acción atrae al diafragma hacia fuera de la cavidad de la bomba aumentando el volumen y disminuyendo la presión. Entonces la presión atmosférica empuja al líquido desde el tanque de abastecimiento a través de la válvula cheque de succión para llenar la cavidad de la bomba.

Las bombas de dosificación electrónicas de serie EZ cuentan con un control manual de velocidad ajustable de 0 a 360 carreras por minuto.

Las especificaciones de las bombas son las siguientes:

### **EZ - B20 - N - 1 - VC**

**B20:** Indica cual es la capacidad de la bomba. La bomba B20 tiene una capacidad de salida de 1.5 GPH , el volumen que desplaza con cada carrera del diafragma es de 0.26 ml, la máxima presión es de 60 PSI o 0.4 Mpa, y el diámetro de la entrada y la salida de la bomba es de 3/8".

**N:** Indica el modo de control de la bomba. El módulo de control de la serie EZ , se debe solo a la variación de la longitud de carrera del diafragma.

**1:** Indica cual es el voltaje al que opera la bomba. El voltaje al que opera es de 115 VAC $\pm$ 10, la frecuencia es de 60 Hz, La máxima corriente es de 0.9 Amperios y un promedio de 16 watt.

**VC:** Indica cual es el material por el que esta formado la bomba.

Debido al liquido que va a bombear en este caso cloro y policloruro de aluminio el código de la bomba es VC. Debido a esta clasificación la cavidad de la bomba y los empaques están hechos de PVC, el diafragma es de Polytetrafluoroethylene, la bola de la válvula es de cerámico de alumina, el asiento de la válvula es un fluoroelastomero, el sello de las válvulas es un fluoroelastomero, los empaques son de Polytetrafluoroethylene, y las tuberías son de Polietileno.

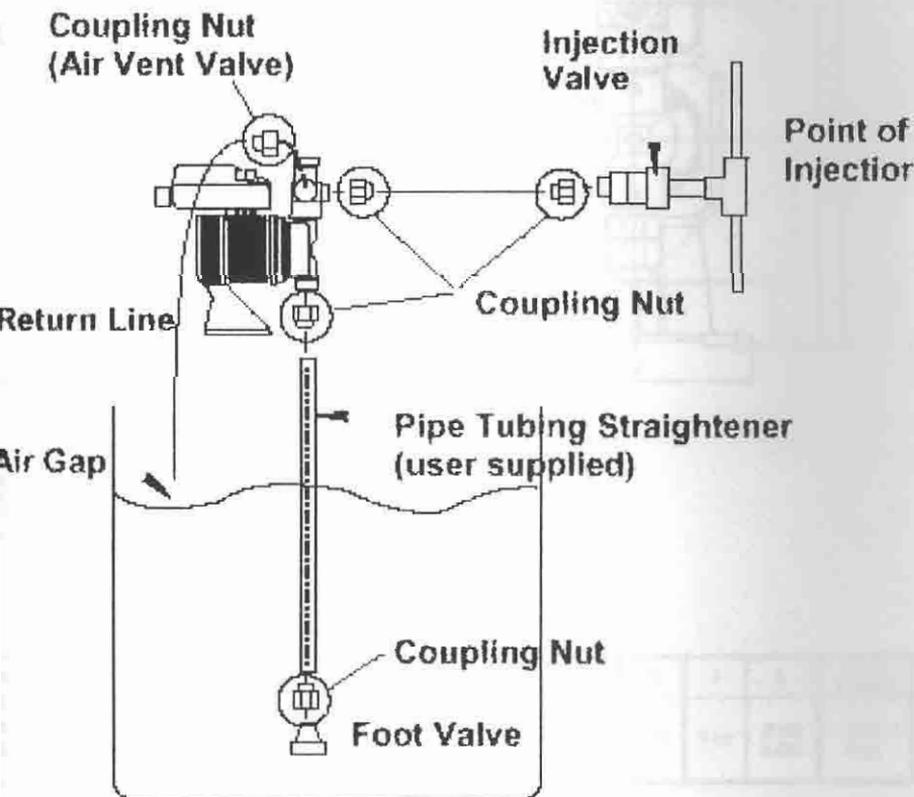
Las condiciones de operación son las siguientes:

Temperatura ambiente de 0 a 50 grados centígrados

Humedad relativa del 30 al 90%.

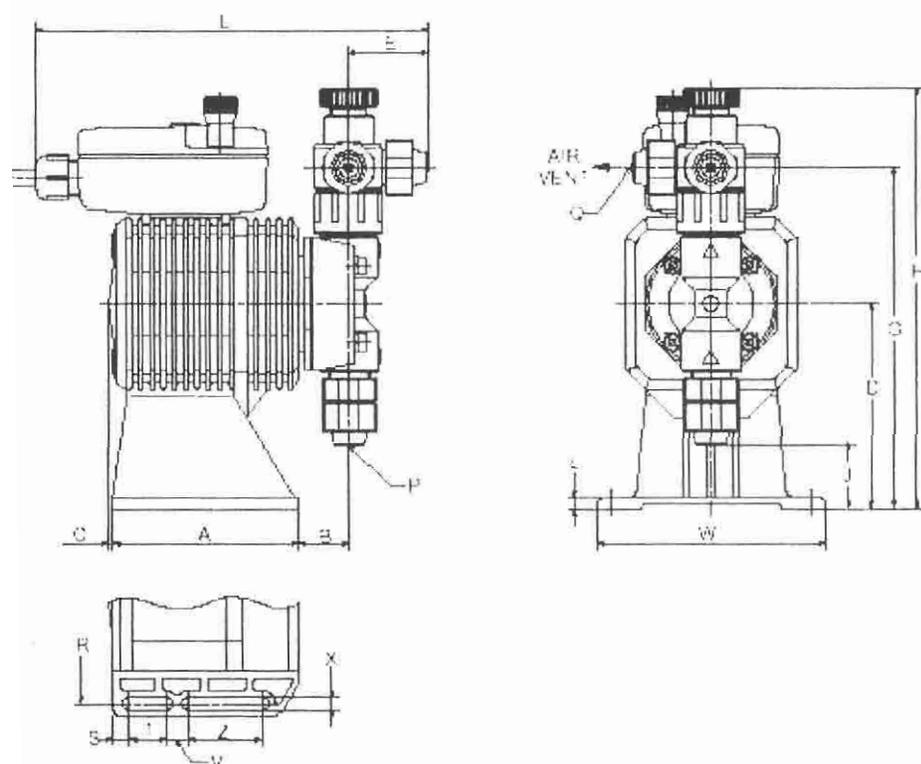
Se recomienda que la bomba sea montada debajo del nivel del líquido del tanque de abastecimiento, especialmente cuando el líquido que se está bombeando genera gases como el hipoclorito de sodio o el peroxido de hidrógeno. De no ser posible este montaje la bomba funciona bien cuando se la instala sobre el tanque de abastecimiento.

la succión se instala una válvula de pie al final del tubo de la succión, esta válvula debe de estar a 25 mm del fondo del tanque aproximadamente. Para evitar que se forme un nudo en la succión se introduce esta tubería de succión en el interior de una tubería de PVC. La succión de la bomba no debe de ser mayor a 1.5 metros de altura.



**FIGURA 29**  
Montaje de la bomba dosificadora

En la descarga se encuentran dos salidas, una es la salida del líquido al punto de inyección y la otra es la salida de aire, a esta salida se le conecta la tubería y el fin de este se lo retorna al tanque de abastecimiento. Al final de la tubería de inyección se instala una válvula de presión antiretorno, para evitar que se regrese líquido en situaciones de baja presión o cuando este apagada la bomba.



Model		A	B	C	D	E	F	G	H	J	L	P&O LUBING	W
10	-VC	3.21	0.87	0.08	3.54	1.46 3.03*	0.20	5.91	7.24	1.02	6.89 8.98*	3/8" O.D.	3.94
15	N1 -VE -PE												
20	N2 -VF -IC -PC												

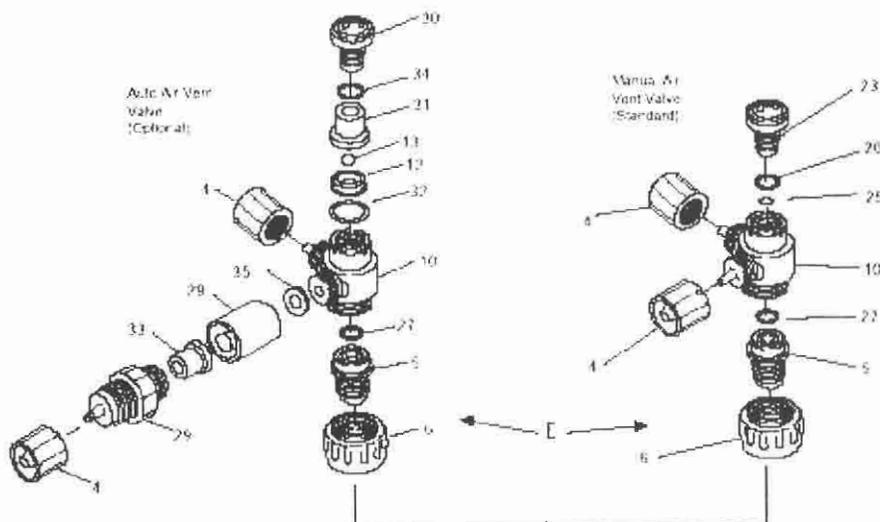
\* Dimension with automatic air vent valve option

ing Dimensions	R	S	I	X	V	Z
a# variations	3.46	0.28	0.83	0.24	0.39	1.26

All dimensions in inches

**Figura 30**  
**Medidas de la bomba dosificadora**

**PVC/GFRPP Liquid End Exploded View #1**  
 For EHB/C and EZ pump model sizes 10, 15, and 20  
**PVC/GFRPP Liquid End Exploded View #1**  
 For EHB/C and EZ pump model sizes 10, 15, and 20  
 (see page 33 for SH models)

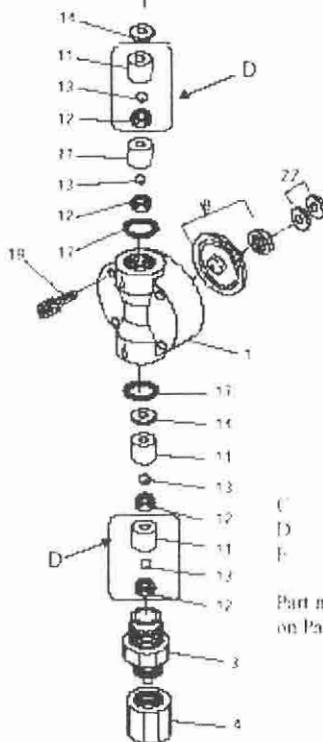


**Item #1 EH Heads (Qty 1)**

Part No	Desc	Size	Liquid End Mat
EH0057	H10 PVC	10	VC, VE, VF
EH0312	H10 GFRPP	10	PC, PE
EH0750	H10 H.GFRPP	10	PCII, PEII
EH0287	H10 PVC	10	VCC, VCA
EH0081	H15 PVC	15	VC, VE, VF
EH0324	H15 GFRPP	15	PC, PE, PCII, PEII
EH0857	H15 PVC	15	VCC, VCA
EH0085	H20 PVC	20	VC, VE, VF
EH0328	H20 GFRPP	20	PC, PE
EH0298	H20 PVC	20	VCC, VCA

**Item #1 EZ Heads (Qty 1)**

Part No	Desc	Size	Liquid End Mat
EH0540	Z10 PVC	10	VC, VE, VF
EH0579	Z10 GFRPP	10	PC, PE
EH0557	Z15 PVC	15	VC, VE, VF
EH0582	Z15 GFRPP	15	PC, PE
EH0564	Z20 PVC	20	VC, VE, VF
EH0584	Z20 GFRPP	20	PC, PE



- C Entire Head Assembly
- D Valve Cartridge
- E Air Vent Valve

Part numbers for these assemblies are on Page 38

**FIGURA 31**  
**Diagrama de partes de la bomba dosificadora EZ-B20-N-1-VC**

## PVC/GFRPP Liquid End Exploded View #1

## Components

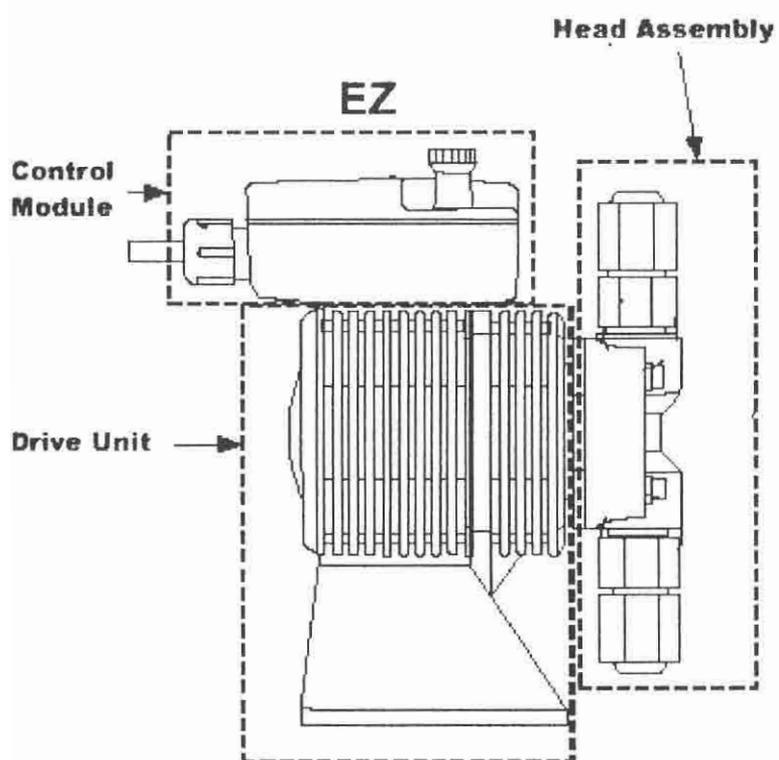
## Head Assembly

Item	Part No	Description	Qty	Size	Liquid End Mtl	Series
3	E110410	Housing, Valve, 3/8 PVC	1	10, 15, 20	VC, VE, VF	E11, E2
	E110418	Housing, Valve, 3/8 GFRPP	1	10, 15, 20	PC, PE	E11, E2
4	E110401	Nut, Coupling, 3/8 PVC	3	10, 15, 20	VC, VE, VF	E11, E2
	E110419	Nut, Coupling, 3/8 GFRPP	3	10, 15, 20	PC, PE	E11, E2
5	E110294	Fitting, Air Vent, PVC	1	10, 15, 20	VC, VE, VF	E11, E2
	E110315	Fitting, Air Vent, GFRPP	1	10, 15, 20	PC, PE	E11, E2
6	E110295	Nut, Lock, Air Vent, PVC	1	10, 15, 20	VC, VE, VF	E11, E2
	E110316	Nut, Lock, Air Vent, GFRPP	1	10, 15, 20	PC, PE	E11, E2
8	E90059	Diaphragm and Retainer, H10	1	10	VC, VE, VF, PC, PE	E11
	E90311	Diaphragm and Retainer, H10-II	1	10	PC, PE	E11
	E90060	Diaphragm and Retainer, H15	1	15	VC, VE, VF, PC, PE	E11
	E90312	Diaphragm and Retainer, H15-II	1	15	PC, PE	E11
	E90061	Diaphragm and Retainer, H20	1	20	all	E11
	E90062	Diaphragm and Retainer, Z10	1	10	all	E2
	E90063	Diaphragm and Retainer, Z15	1	15	all	E2
	E90066	Diaphragm and Retainer, Z20	1	20	all	E2
10	E110402	Body, Manual Air Vent, PVC	1	10, 15, 20	VC, VE, VF	E11, E2
	E110420	Body, Manual Air Vent, GFRPP	1	10, 15, 20	PC, PE	E11, E2
	E110861	Body, Auto Air Vent, PVC	1	10, 15, 20	VCA, VCC	E11
11	E110060	Guide, Valve, 1/88 PVC	4	10	VC, VE, VF	E11, E2
	E110318	Guide, Valve, 1/88 GFRPP	4	10	PC, PE	E11, E2
	E110068	Guide, Valve, 250 PVC	4	15, 20	VC, VE, VF	E11, E2
	E110325	Guide, Valve, 250 GFRPP	4	15, 20	PC, PE	E11, E2
12	E110064	Seal, Valve, 1/88 FKM	4 (5)	10	VC, VE, VCA, VCC	E11, E2
	E110048	Seal, Valve, 1/88 EPDM	4	10	VE, PE, VF	E11, E2
	E110067	Seal, Valve, 250 FKM	4	15, 20	VC, PC	E11, E2
	E110071	Seal, Valve, 250 EPDM	4	15, 20	VE, PE, VF	E11, E2
13	E110025	Bull. Valve, 1/88 CE	4 (5)	10	VC, VE, PC, PE, VCA, VCC	E11, E2
	E110084	Bull. Valve, 250 CE	4	15, 20	VC, VE, PC, PE	E11, E2
	E03063	Bull. Valve 0.188 PTFE	4	10	VF	E11, E2
	E03064	Bull. Valve 0.250 PTFE	4	15, 20	VF	E11, E2
14	E110026	Gasket, Valve, 1/88 & 250 PTFE	2	10, 15, 20	VC, VE, VF	E11
	E110589	Gasket, Valve, 1/88 & 250 PTFE	2	10, 15, 20	PC, PE	E11
17	E110027	O-Ring, S14 FKM	2	10, 15, 20	VC, PC	E11, E2
	E110050	O-Ring, S14 EPDM	2	10, 15, 20	VE, PE, VF	E11, E2
19	E110742	Bolt, M4 x 33 SS Hex Socket	4	10, 15, 20	all	E11, E2
23	E110293	Knob, Manual Air Vent Valve, PVC	1	10, 15, 20	VC, VE, VF	E11, E2
	E110321	Knob, Manual Air Vent Valve, GFRPP	1	10, 15, 20	PC, PE	E11, E2
25	E110399	O-Ring, P4 FKM	1	10, 15, 20	VC, PC	E11, E2
	E110301	O-Ring, P4 EPDM	1	10, 15, 20	VE, PE, VF	E11, E2
26	E110302	O-Ring, P100 FKM	1	10, 15, 20	VC, PC	E11, E2
	E110303	O-Ring, P100 EPDM	1	10, 15, 20	VE, PE, VF	E11, E2
27	E110304	O-Ring, P1 FKM	1	10, 15, 20	VC, PC	E11, E2
	E110305	O-Ring, P1 EPDM	1	10, 15, 20	VE, PE, VF	E11, E2
28	E110864	Fitting, Adapter, AAVV, PVC	1	10, 15, 20	VCA, VCC	E11
29	E110867	Fitting, AAVV, PVC	1	10, 15, 20	VCA, VCC	E11
30	E110754	Knob, AAVV, PVC	1	10, 15, 20	VCA, VCC	E11
31	E110862	Gudge, Valve, AAVV, Titanium	1	10, 15, 20	VCA, VCC	E11
32	E110775	Spacer, AAVV, PVC	1	10, 15, 20	VCA, VCC	E11
33	E110865	Tube, Valve, AAVV, FKM	1	10, 15, 20	VCA, VCC	E11
34	E110756	O-Ring, S12, FKM	1	10, 15, 20	VCA, VCC	E11
35	E110866	Gasket, AAVV, FKM	1	10, 15, 20	VCA, VCC	E11
72	-----	Brass Spacers				

Drive specific. Reuse when replacing diaphragm

Included in spare parts kit

TABLA 9  
Lista de partes de la bomba dosificadora



**FIGURA 32**  
Unidades que forman la bomba dosificadora

### Selección de bomba de agua cruda

Para esto se ha seleccionado una bomba que sirve para bombear agua cruda, ya que entre sus principales aplicaciones está la de irrigación, y el trabajo continuo sin posibilidad de daño, la bomba es de la marca GOULDS PUMP modelo GT20.

La bomba GT20 trabaja con un motor de 2 HP que cumple con los estándares NEMA a prueba de goteo, trabaja a 3500 RPM a 60 Hz de frecuencia, monofásico, eje de acero inoxidable, el motor consta de dos compartimientos para fácil acceso a los cables y componentes reemplazables.

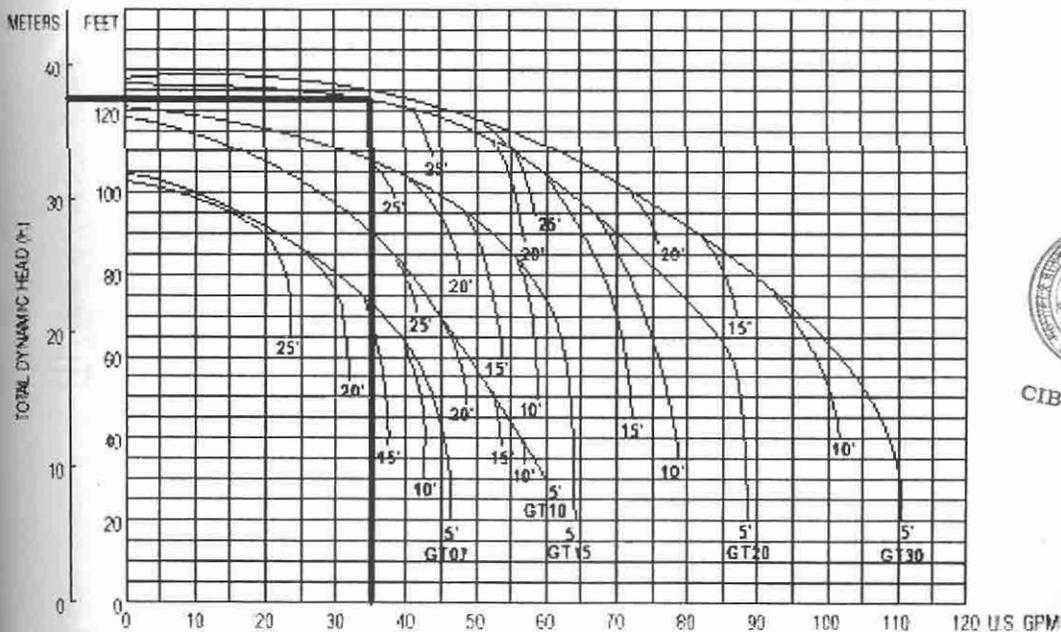
Se necesita una válvula de pie al final de la tubería de succión para que no necesite cebarla nuevamente cuando se apaga la bomba o cuando el nivel del líquido está por debajo de la válvula. Y para poder accionarla inmediatamente cuando se vuelva a bombear.

Las aspas guías (Guide vane ) están empernadas para darle una alineación con el impeler. Este difusor también consta de un sello de acero inoxidable grado alimenticio para operar en condiciones abrasivas sujeto a normas de la FDA.

El impeler cumple con las normas de la FDA par resistir la corrosión y la abrasión.

El caudal que se necesita es de  $200 \text{ m}^3/\text{día}$  o su equivalente de 35 GPM, con este dato se entra a la tabla de las bombas, dentro de esta tabla se encuentran diferentes tipos de bombas, desde la GT07 hasta la GT30.

### PERFORMANCE CURVE



CIB-ESPOL

FIGURA 33

Curva de funcionamiento de la Bomba de agua cruda

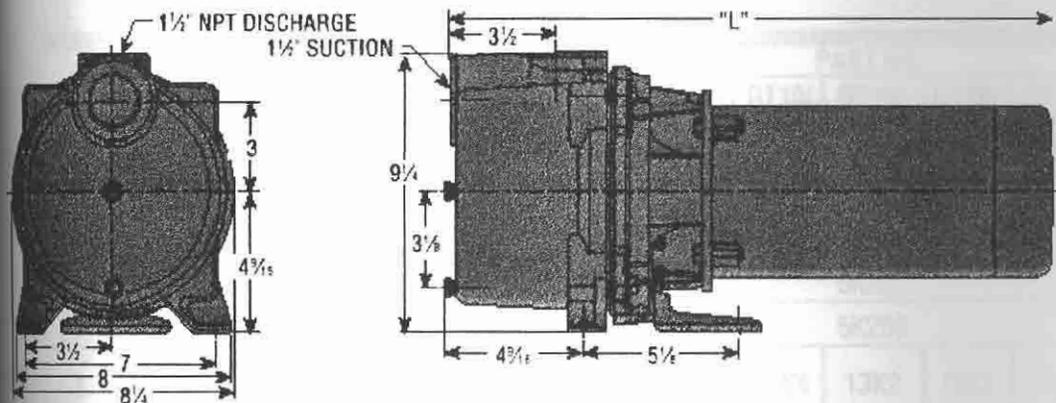


CIB-ESPOL

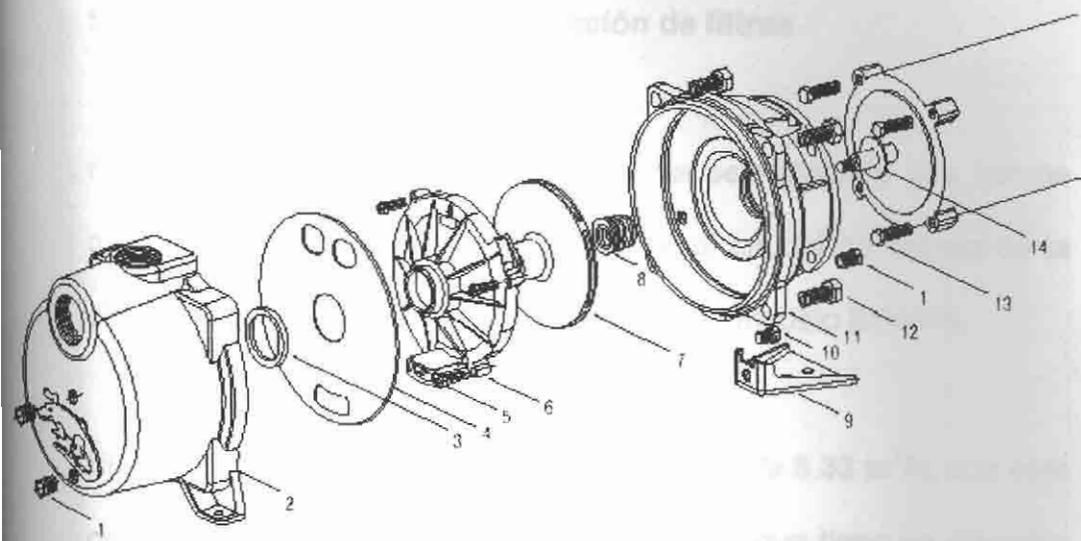
Se traza una recta en 35 GPM hasta que se intercepte con la curva de la bomba que se ha seleccionado GT20, con esto se determina que se puede succionar hasta 25 pies o 7.62 metros. Al pasar este punto al eje de las y, se obtiene el dato del cabezal de descarga que es de 123 pies o 37.5 metros.

Model	GT07	GT10	GT15	GT20	GT30	GT073	GT103	GT153	GT203	GT303
HP	¾	1	1½	2	3	¾	1	1½	2	3
Length "L"	19 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	19 <sup>5</sup> / <sub>16</sub>	21 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>	20 <sup>9</sup> / <sub>16</sub>	21 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	19	19 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	20 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	20 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	21 <sup>3</sup> / <sub>16</sub>
Width	8 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>									
Height	9 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>									
Wt. (lbs.)	48	52	60	65	76	49	52	55	69	71
Phase	Single					Three				

(All dimensions are in inches and weights in lbs. Do not use for construction purposes.)



**FIGURA 34**  
**Medidas de la Bomba GT20**



**FIGURA 35**  
Elementos de la bomba GT20

ITEM NO.	DESCRIPTION	MATERIAL	PART NO.				
			GT07/ GT073	GT10/ GT103	GT15/ GT153	GT20/ GT203	GT30/ GT303
1	1/4" NPT Pipe Plug	Plated Steel	6K2				
2	Casing	Cast Iron	1K324				
3	Guidevane Seal Ring	BUNA	5K231				
4	Diaphragm	Neoprene	5K256				
5	Fillister Head Machine Screw	Stainless Steel	13K4	13K4	13K2	13K2	13K2
6	Guidevane	Lexan® 10% G.F.	3K72	3K71	3K70	3K70	3K69
7	Impeller	Noryl® 20% G.F.	2K715	2K716	2K714	2K713	2K712
8	Mechanical Seal	Carbon/Ceramic/BUNA	10K10				
9	Pump Foot	Steel	4K408				
10	Pump Foot Bolt	Steel	13K252				
11	Motor Adapter	Cast Iron	1K310				
12	Casing Bolt	Steel	13K102				
13	Motor Adapter Bolt	Steel	13K89				
14	Deflector	BUNA	5K7				

**TABLA 10**  
Lista de partes de la Bomba GT20



CIB-ESPOL

## Selección de bomba de alimentación de filtros

Para la alimentación de los filtros se ha seleccionado una bomba que tenga alta presión de descarga con el caudal de trabajo de la planta, la bomba es de la marca BERKELEY modelo B1WPS.

El caudal que se necesita es de  $200 \text{ m}^3/\text{día}$  o de  $8.33 \text{ m}^3/\text{h}$ , con este dato se entra a la tabla de la bomba B1WPS que tiene un diámetro de impeler de 16.99 cm, luego de esto se traza una recta en  $8.33 \text{ m}^3/\text{h}$  hasta que se intercepte con la curva de cabezal de descarga de la bomba, al interceptar este punto con el eje de las ordenadas se tiene que el cabezal de descarga es de 55 metros o 80 psi. Esta curva de cabezal de descarga de la bomba se la obtuvo al hacerla trabajar 3600 rpm. y con una potencia 3.73 KW.

Al interceptar la misma recta trazada en  $8.33 \text{ m}^3/\text{h}$  con la curva del cabezal neto positivo de succión requerido de la bomba, y proyectar este punto al eje de las ordenadas nos da que el  $\text{NPSH}_R$  es de 2.5 metros, pero como el nivel del agua siempre va a estar sobre el nivel de la bomba no se tiene ningún problema en la succión.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



## MOTOR DRIVE

B1WP

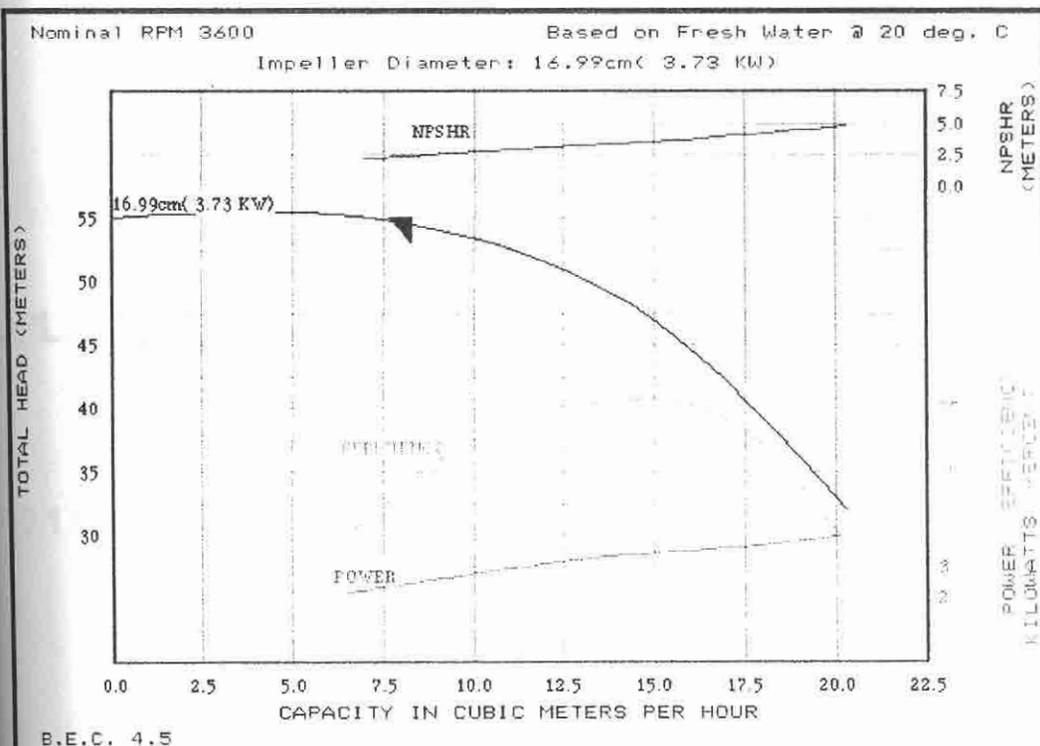


FIGURA 36

## Curva de funcionamiento de la bomba B1WPS

Al proyectar la intersección de esta recta con la curva de eficiencia de la bomba al eje de las ordenadas se obtiene que la eficiencia con la que trabaja la bomba es de 49.3%.

El motor es de 5 HP, de 3600 rpm a 60 Hz de frecuencia, monofásico. La succión de la bomba es de 1 ½" y la descarga es de 1", y el material del impeler es de bronce. El peso combinado del motor y la bomba es de 68 Kg.

# CAPITULO 3

## PLANIFICACIÓN Y COSTO DE PRODUCCIÓN

### 3.1 Programa de construcción

El programa de construcción de la planta potabilizadora se lo ha realizado en tablas en la que se detalla la metodología de construcción de cada una de las piezas, el ensamble, el tratamiento superficial y la pintura. Las tablas se las ha diseñado para una mejor comprensión del programa de construcción. En estas tablas se encuentra los siguientes datos:

- Nombre de la pieza
- Número de pieza
- Cantidad de piezas
- Número del plano donde se encuentra la pieza ( ANEXO A )
- Metodología

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 2000 m <sup>3</sup> en tubo de hierro galvanizado	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	<b>ENSAMBLE TOTAL</b>	<b>2</b>
	<b>Pieza No</b>	<b>Cant. Piezas</b>

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Soldar	Se debe soldar el tanque de filtración y el tanque de sedimentación de forma continua.
2	Montar	Se debe montar la pieza formada en proceso y las filtres dentro del chasis y empacarlos para que queden bien.

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> TANQUE DE FLOCULACION ENSAMBLE	<b>3</b>
<b>ENSAMBLI</b>	<b>Cant. Piezas</b>
A	1

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Soldar	Soldar el cono ( Pieza 3 ) con el lado liso del cilindro del floculador ( Pieza 1 ) en todo su perímetro, y verificar que no existan fallas.
2	Soldar	Soldar las patas del floculador ( Pieza 4 ) a las paredes del cilindro ( Pieza 1 ), esta debe de ser de una forma alternada cada 5 centímetros, la parte superior de las patas va a formar el asiento del anillo de recolección ( Pieza 2 ) para su fácil instalación.
3	Soldar	Soldar el anillo de recolección ( Pieza 2 ) al cilindro del floculador ( Pieza 1 ) en todo su perímetro por el lado de arriba y cada 5 centímetros por la parte inferior.
4	Soldar	Soldar la tubería de alimentación ( Pieza 5 ) al cono del floculador ( Pieza 3 ) en todo su perímetro.
5	Pulir	Se procede a pulir con la amoladora la escoria de las uniones soldadas.

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> CILINDRO DEL FLOCULADOR	<b>4</b>
<b>Pieza No</b>	<b>Cant. Piezas</b>
1	1

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar una plancha de acero ASTM A36 de 1.22x 3.77x0.003 metros, con la cual se obtiene el desarrollo del cilindro del floculador, y se la obtiene de una bobina de 4' que si se las encuentra en el mercado.
2	<b>Marcar</b>	Se debe de marcar uno de los lados mas largo de la plancha para formar las crestas de recolección de agua floculada, como se encuentra en el plano.
3	<b>Cortar</b>	Se debe de proceder a cortar con pronto las crestas que han sido marcadas en el proceso anterior.
4	<b>Pulir</b>	Con una amoladora y un disco de pulir, se debe de proceder a eliminar la rebabas que han sido generadas en el proceso anterior, para dejar los bordes lisos y uniformes.
5	<b>Rolar</b>	Una vez que se han realizado todos los procesos anteriores, se mete la plancha en la roladora para formar el cilindro del tanque, una vez que está formado el cilindro se puntea la unión para que no se desarme el cuerpo al momento de sacarlo de la roladora.
6	<b>Soldar</b>	Se procede a soldar todo el largo del cilindro para que quede definitivamente formado el cuerpo según como está indicado en el plano.
7	<b>Pulir</b>	Pulir la unión soldada para que quede la superficie libre de escoria.



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

OBSERVACIONES:



CIB-ESPOL

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 700 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> ANILLO DE RECOLECCION	<b>Pieza No</b> 2
	<b>Cant. Piezas</b> 1
<b>5</b>	

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar una plancha de acero ASTM A36 de 1.22x 2.44x0.003 metros de la cual van a salir todas las partes del anillo de recolección.
2	<b>Marcar</b>	Se debe de marcar la plancha como se indica en el dibujo siguiente para que no haya mucho desperdicio.
		
3	<b>Cortar</b>	Se debe de proceder a cortar con oxígeno las piezas marcadas en el grafico anterior para formar las dos bases y la cara exterior del anillo.
4	<b>Pulir</b>	Se debe de proceder a pulir los bordes para eliminar las rebabas del corte del proceso 3.
5	<b>Soldar</b>	Se debe de proceder a armar las dos bases del anillo soldando las secciones circulares que fueron cortadas y pulidas en los procesos 3 y 4.
6	<b>Soldar</b>	Se debe de proceder a soldar las tres tiras para formar la cara exterior del anillo.
7	<b>Cortar</b>	Se procede a cortar con oxígeno el agujero de descarga de 1.1 x 0.00 m en la tira formada para la cara exterior del anillo y pulir los bordes del corte.
8	<b>Rotar</b>	Rotar la tira de la cara exterior del anillo y probar las uniones para que no se resque al sacarla de la roldadora.
9	<b>Soldar</b>	Soldar todo el largo de la union de la cara exterior del anillo.
10	<b>Armar</b>	Se debe de proceder a soldar las dos bases del anillo dentro de la cara exterior del mismo soldando todo su perímetro como se encuentra en el plano.
11	<b>Pulir</b>	Se debe de proceder a pulir las uniones soldadas para eliminar las escorias producidas por el proceso 10.

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>		
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> CONO DEL FLOCULADOR	Pieza No 3	Cant. Piezas 1	<b>6</b>

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar una plancha de acero ASTM A36 de 1.22x 2.44x0.003 metros, de la cual solo se usan 1.22x1.48 para el desarrollo del cono del floculador
2	<b>Marcar</b>	Se debe de marcar la plancha para formar el desarrollo del cono y el fondo del cono truncado como se encuentra en el plano
3	<b>Cortar</b>	Se debe de proceder a cortar con oxígeno el desarrollo generado en la plancha
4	<b>Pulir</b>	Con una amoladora y un disco de pulir, se debe de proceder a eliminar la rebabas que han sido generadas en el proceso anterior, para dejar los bordes lisos y uniformes
5	<b>Rolar</b>	Una vez que se han realizado todos los procesos anteriores, se mete la plancha en la roladora para formar el cono del floculador, una vez que está formado el cono se puntea la unión para que no se desarme el cuerpo al momento de sacarlo de la roladora
6	<b>Soldar</b>	Se procede a soldar toda la unión del cono para que quede definitivamente formado el cuerpo, según como está indicado en el plano
7	<b>Cortar</b>	Se debe de hacer el agujero de entrada de agua al cono con el equipo de oxígeno en la posición indicada en el plano
8	<b>Cortar</b>	Se procede a cortar con el oxígeno el fondo del cono y el pedazo de tubería de descarga del cono de floculación
9	<b>Pulir</b>	Se procede a pulir con la amoladora las rebabas producidas por el corte
10	<b>Soldar</b>	Se procede a soldar el pedazo de tubo con el fondo del cono
11	<b>Soldar</b>	Soldar la pieza formada en el proceso 10 con el cono formado en el proceso 5
12	<b>Pulir</b>	Se procede a pulir con la amoladora la escoria de las uniones soldadas y los bordes del agujero de entrada de agua al cono

OBSERVACIONES

PROGRAMA DE CONSTRUCCION			
NOMBRE DE PROYECTO: Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada			PLANO No
NOMBRE DE PIEZA: SOPORTES DEL FLOCULADOR		Pieza No 4	Cant. Piezas 3
			<b>7</b>

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Comprar	Se debe de comprar un canal C. 125x80x6 ASTM A36 del que se van a sacar las tres patas, un refajo de plancha de 6 mm de espesor del que salgan los tres asientos de las patas como se encuentra en el plano y dos pedazos de placas de 225x50x12 que es donde se va a acoger el soporte del mezclador
2	Marcar	Marcar el canal y las placa para sacar las tres patas, los tres asientos de las patas y las dos placas para acoplar el soporte del mezclador
3	Cortar	Se debe de proceder a cortar con oxiacorte lo que se marco en el proceso 2
4	Pulir	Con una amoladora y un disco de pulir, se debe de proceder a eliminar la rebabas que han sido generadas en el proceso 3, para dejar los bordes lisos y uniformes
5	Taladrar	Se procede a taladrar las placas en las que se va a acoplar el soporte del mezclador
6	Soldar	Se procede a soldar las patas a sus respectivas base, y las placas del proceso 5
7	Pulir	Se procede a pulir con la amoladora la escoria de las uniones soldadas

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> TUBERIA DE ALIMENTACION	<b>Pieza No</b> 5
	<b>Cant. Piezas</b> 1
<b>8</b>	

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar un tubo galvanizado de 2 1/2" y un pedazo de placa de acero de 10 mm de espesor del que se elabora la brida segun está indicado en el plano.
2	<b>Marcar</b>	Marcar el tubo y la placa con los diámetros de la brida y los agujeros.
3	<b>Cortar</b>	Se debe de proceder a cortar con excorte el tubo y la brida y con un taladro hacerle los agujeros con la broca indicada.
4	<b>Tornear</b>	Cilindrar interior y exteriormente la brida en el torno.
5	<b>Pulir</b>	Con una amoladora se debe de proceder a eliminar la rebabas que han sido generadas con el corte, para dejar los bordes lisos y uniformes.
6	<b>Soldar</b>	Se procede a soldar el tubo con la brida.
7	<b>Pulir</b>	Se procede a pulir con la amoladora la escoria de las uniones soldadas.

OBSERVACIONES

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> <i>Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m3/día lista para ser instalada</i>			<b>PLANO No</b>  <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">9</span>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	<b>TANQUE DE SEDIMENTACION ( ENSAMBLE )</b>	<b>ENSAMBLI B</b>	<b>Cant. Piezas 1</b>

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Soldar	Soldar el distribuidor de agua floculada ( Pieza 9 ) al separador del sedimentador más pequeño ( Pieza 7 ). La soldadura es una unión soldada a filete como se encuentra
2	Soldar	Soldar el rigidizador del modulo de placas ( Pieza 12 ) al separador del sedimentador mas pequeño ( Pieza 7 ). La soldadura debe de ser a filete como se encuentra en el plano
3	Soldar	Soldar los soportes del medidor de nivel ( Pieza 16 ) al tanque de agua sedimentada ( Pieza 17 ). La soldadura debe de ser a filete como se encuentra indicado en el plano
4	Soldar	Soldar el tanque de agua sedimentada ( Pieza 17 ) al separador del sedimentador mas grande ( Pieza 7 ). La unión soldada debe de ser a filete como se encuentra en el plano
5	Soldar	Soldar la pieza formada en el proceso 1 y 2 con la pieza formada en el proceso 4. La soldadura debe de ser a filete
6	Soldar	Soldar las placas laterales del sedimentador ( Pieza 6 ) a la pieza formada en el proceso 5. La soldadura debe de ser a filete
7	Soldar	Soldar las tolvas de fodos ( Pieza 8 ) a la pieza formada en el proceso 6. La soldadura debe de ser a tope como se encuentra indicado en el plano
8	Soldar	Soldar las patas del sedimetador ( Pieza 15 ) a la pieza formada en el proceso 7. La soldadura debe de ser a filete
9	Soldar	Soldar la unión al floculador ( Pieza 13 ) a la pieza formada en el proceso 8. La soldadura debe de ser a filete
10	Soldar	Soldar el ángulo de rigidez ( Pieza 14 ) a la pieza formada en el proceso 9. La soldadura debe de ser a filete como se encuentra en el plano
11	Montar	Montar los módulos de placas de sedimentación en la cavidad formada. Estos módulos no son soldados ya que son removibles para su fácil mantenimiento
12	Soldar	Se suelda las canaletas recolectoras a los separadores del sedimentador. La unión soldada debe de ser a filete como se encuentra en el plano
13	Pulir	Con la amoladora se debe de remover la escoria producida en la soldadura

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada		<b>PLANO No</b>	
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> LATERALES DEL SEDIMENTADOR		<b>Pieza No</b> 6	<b>Cant. Piezas</b> 2
			<b>10</b>

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar dos planchas de acero ASTM A36 de 1220x3600x2 mm, estas planchas se las puede obtener a parti de bobinas de 4' que son comerciales. Y se usa lo que sobra de la plancha de 1220x2440 que se usó para la construcción del cono del floculador ( Pieza 3 ); este retazo es de 1220x960 de la cual se pueden obtener los dos pedazos de 580x900 que necesitamos. A más de esto se necesita 2.8 metros de platina de 4" x 1/2"
2	<b>Marcar</b>	Se debe de marcar las planchas como se encuentra en el plano
3	<b>Cortar</b>	Se debe de proceder a cortar con oxiacorte la que ha sido marcado en el proceso 2
4	<b>Soldar</b>	Se debe de proceder a soldar los pedazos de 580x900 con el resto del lateral del sedimentador y la platina en la posición indicada en el plano
5	<b>Pulir</b>	Con una amoladora y un disco de pulir se debe de proceder a eliminar las rebabas y escorias que han sido generadas en el proceso 3 y 4 para dejar los bordes lisos y

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m3/día lista para ser instalada			<b>PLANO No</b>  <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">10</span>			
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	<b>LATERALES DEL SEDIMENTADOR</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">Pieza No</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">Cant. Piezas</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 2px;">6</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">2</td> </tr> </table>	Pieza No	Cant. Piezas	6	2
Pieza No	Cant. Piezas					
6	2					

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Comprar	Se debe de comprar dos planchas de acero ASTM A36 de 1220x3600x3 mm. estas planchas se las puede obtener a partir de bobinas de 4' que son comerciales. Y se usa lo que sobra de la plancha de 1220x2440 que se usó para la construcción del cono de floculador ( Pieza 3 ) este retazo es de 1220x980 de la cual se pueden obtener los dos pedazos de 580x900 que necesitamos. A más de esto se necesita 2.8 metros de platina de 4" x 1/2"
2	Marcar	Se debe de marcar las planchas como se encuentra en el plano
3	Cortar	Se debe de proceder a cortar con oxígeno lo que ha sido marcado en el proceso 2
4	Soldar	Se debe de proceder a soldar los pedazos de 580x900 con el resto del lateral del sedimentador y la platina en la posición indicada en el plano
5	Pulir	Con una amoladora y un disco de pulir se debe de proceder a eliminar las rebabas y escorias que han sido generadas en el proceso 3 y 4 para dejar los bordes lisos y

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>		
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> SEPARADORES DEL SEDIMENTADOR	Pieza No 7	Cant. Piezas 2	<b>11</b>

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar una plancha de 1220x3180x3 mm , que se obtiene de bobinas comerciales de 4
2	<b>Marcar</b>	Se debe de proceder a marcar las planchas como se encuentra en el plano para hacerle los cortes y los dobleces
3	<b>Cortar</b>	Se debe de proceder a cortar los agujeros donde han de ir las canaletas recolectoras y el agujero del distribuidor de agua floculada
4	<b>Pulir</b>	Con la pulidora se debe de proceder a eliminar las rebabas generadas en el proceso para dejar los bordes lisos y uniformes
5	<b>Doblar</b>	Se procede a doblar las planchas 30 grados en una dobladora como se encuentra en el plano

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> <i>Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m3/día lista para ser instalada</i>			<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> <b>TOLVAS DE LODOS</b>			<b>12</b>
	<b>Pieza No</b>	<b>Cant. Piezas</b>	
	8	6	

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Comprar	Se debe de comprar una plancha de 1830x2550x3 mm de la cual se obtiene el desarrollo de las seis tolvras con la minima cantidad de desperdicio. esta plancha se la obtiene a partir de una bobina de 6' de ancho que si es comercial. Antes de esto se necesita un pedazo de tubo de 2" de 600 mm de longitud de la cual se obtiene las seis descargas de las tolvras.
2	Marcar	Se debe de proceder a marcar la plancha como se encuentra en el plano para hacerle los cortes. Y Se debe de marcar los cortes en el Tubo de 2"
3	Cortar	Se debe de proceder a cortar con equipo de corte lo que ha sido marcado en el proceso 2.
4	Pulir	Con la pulidora se debe de proceder a eliminar las rebabas generadas en el proceso 3 para dejar los bordes lisos y uniformes.
5	Armar	Se debe de proceder a empatar las caras de las tolvras para que queden listas para ser soldadas completamente como se encuentra en el plano.
6	Soldar	Se debe de proceder a soldar el fondo de la tolvra con el tubo de descarga como se encuentra en el detalle 4. para dejarlo listo para que sea soldado con las caras de la tolvra como se encuentra en el plano.
7	Armar	Se debe de empatar la pieza formada en el proceso 5 con la pieza formada en el proceso 6.
8	Soldar	Soldar las tolvras como se encuentra detallado en el plano.
9	Pulir	Pulir con la amoladora la union soldada para que quede libre de escoria.

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada			<b>PLANO No</b>  <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">13</span>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	<b>DISTRIBUIDOR DE AGUA FLOCULADA</b>	<b>Pieza No</b> 9	<b>Cant. Piezas</b> 1

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar una plancha de 1500x450x2 mm de la cual se obtiene el desarrollo del distribuidor de agua floculada para tener la menor cantidad de desperdicio. A mas de esto se necesita un pedazo de tubo de 2" de 1700 mm de longitud de la cual se obtiene las descargas del distribuidor de agua floculada.
2	<b>Marcar</b>	Se debe de proceder a marcar la plancha como se encuentra en el plano para hacerte los cortes. Y Se debe de marcar los cortes en el Tubo de 2"
3	<b>Cortar</b>	Se debe de proceder a cortar con equipo de corte lo que ha sido marcado en el proceso 2
4	<b>Pulir</b>	Con la pulidora se debe de proceder a eliminar las rebabas generadas en el proceso 3 para dejar los bordes lisos y uniformes
5	<b>Rolar</b>	Se debe de rolar la plancha para obtener el cono que se necesita y se la puntea para evitar que se deforme al sacarla de la roladora
6	<b>Soldar</b>	Se debe de soldar toda lo largo de la union del cono como se encuentra en el plano, luego de esto se le suelda los pedazos de tubo
7	<b>Pulir</b>	Con la amoladora se debe de pulir la union soldada para que quede la superficie libre de escoria

OBSERVACIONES.

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>		
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> PLACAS DE SEDIMENTACION	<b>NUMERO</b> 10	<b>Cant. Piezas</b> 26	<b>14</b>

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Comprar	Se debe de comprar tres planchas de acero A 36 1220 x 2440 x 2 mm de la que se obtiene 24 placas de sedimentación y las dos restantes se las obtiene del material que sobra de los separadores del sedimentador. También se necesitan dos platinas de 1" x 1/8" de las que se va a usar 10.5 m
2	Marcar	Se debe marcar según como está indicado en el plano
3	Cortar	Con el equipo de corte se procede a cortar lo que fue marcado en el proceso 2
4	Pulir	Se procede a pulir con la amoladora para que queden los bordes lisos y uniformes
5	Soldar	Se procede a soldar las platinas a las placas de sedimentación para formar los arreglos que se encuentran en el plano. Esto es con la finalidad de que estas placas sean montadas dentro del tanque de sedimentación y que sean de fácil remoción para mantenimiento, ya que no están soldadas a las paredes del tanque
6	Pulir	Con la amoladora se pulió la escoria producida por la soldadura

OBSERVACIONES.

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> CANALETA RECOLECTORA	<b>15</b>
<b>NUMERO</b> 11	<b>Cant. Piezas</b> 2

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar un canal de 100 x 50 x 2 mm del que nos van a salir las dos canales necesitan
2	<b>Marcar</b>	Se debe marcar las crestas segun como esta indicado en el plano
3	<b>Cortar</b>	Con el equipo de corte se procede a cortar lo que fue marcado en el proceso 2
4	<b>Pulir</b>	Se procede a pulir con la amoladora para que queden los bordes lisos y uniformes

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada			<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA</b>	<b>RIGIDIZADOR DEL MODULO DE PLACAS</b>	<b>Pieza No</b> 12	<b>Cant. Piezas</b> 1

16

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Comprar	Se debe de comprar una plancha de 1500x520x3 mm de la cual se saca la placa rigidizadora en su totalidad como se muestra en el proceso 2
2	Marcar	<p>Se debe de ubicar la punta de la placa rigidizadora en la punta de la plancha y el otro triangulo de la placa rigidizadora se lo obtiene con el material que se encuentra sobre la punta donde se ubico el origen.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> </div>
3	Pulir	Se debe de pulir con la amoladora para dejar los bordes lisos y uniformes
4	Soldar	Se debe de proceder a soldar la punta para obtener la forma definitiva de del rigidizador del módulo de placas
5	Pulir	Se procede a pulir con la amoladora la escoria de las uniones soldadas

OBSERVACIONES.

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	PLACA DE UNION AL FLOCULADOR	<b>17</b>
	Pieza No 13	Cant. Piezas 1

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar una plancha de 760x580x3 mm de la cual se saca la placa de union al floculador en su totalidad como se muestra en el proceso 2
2	<b>Marcar</b>	<p>Se procede a marcar la plancha de la forma que se encuentra en el grafico adjunto</p> 
3	<b>Pulir</b>	Se procede a pulir los bordes para eliminar las rebabas generadas en el proceso 2, para que los bordes queden lisos y uniformes
4	<b>Soldar</b>	Se sueldan las dos secciones para formar una sola placa
5	<b>Pulir</b>	Se procede a pulir con la amoladora la escoria de las uniones soldadas

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada		<b>PLANO No</b>	
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> <b>ANGULO DE RIGIDEZ</b>		<b>Pieza No</b> 14	<b>Cant. Piezas</b> 1
			<b>18</b>

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Comprar	Se debe de comprar 7860 mm de angulo de 2"x3"x1/4" , del cual se obtiene todo el perimetro del ángulo de rigidez.
2	Marcar	Se procede a marcar los ángulos según las medidas que se encuentran en los planos.
3	Cortar	Se procede a cortar los ángulos con el equipo de corte según lo marcado.
4	Pulir	Se procede a pulir con la amoladora los filos para eliminar las rebabas.

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> <i>Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m<sup>3</sup>/día lista para ser instalada</i>			<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> <b>PATAS DEL SEDIMENTADOR</b>			<b>19</b>
	<b>Pieza No</b> 15	<b>Cant. Piezas</b> 6	

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar 6600 mm de canal 125x80x6 mm. del cual se obtiene las 6 patas del sedimentador a mas de esto se necesitan 6 pedazos de plancha de 120x200x6 para el asiento de las patas y 6 pedazos de plancha de 114x80x3 del que se obtienen las seis placas superiores
2	<b>Marcar</b>	Se procede a marcar los canales y las placas segun las medidas que se encuentran en los planos
3	<b>Cortar</b>	Se procede a cortar los canales y las placas con el equipo de corte segun lo marcado
4	<b>Pulir</b>	Se procede a pulir con la amoladora los filos para eliminar las rebabas
5	<b>Soldar</b>	Se debe de soldar las placas a los extremos de las patas como se encuentra en el plano
6	<b>Pulir</b>	Se procede a pulir con la amoladora la escoria de las uniones soldadas

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> <i>Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m<sup>3</sup>/día lista para ser instalada</i>			<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> <b>SOPORTES DEL MEDIDOR DE NIVEL</b>			<b>20</b>
	<b>Pieza No</b>	<b>Cant. Piezas</b>	
	16	2	

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se necesitan 200 mm de Canal 125x80x6 del cual se sacan los dos pedazos que se
2	<b>Marcar</b>	Se procede a marcar los canales según las medidas que se encuentran en los planos
3	<b>Cortar</b>	Se procede a cortar los canales con el equipo de corte según lo marcado
4	<b>Pulir</b>	Se procede a pulir con la amoladora los filos para eliminar las rebabas
5	<b>Taladrar</b>	Se debe de marcar el centro de los agujeros con un centropunto y luego realizar el agujero con el taladro

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> <i>Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m<sup>3</sup>/día lista para ser instalada</i>			<b>PLANO No</b>  <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">21</span>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	<b>TANQUE DE AGUA SEDIMENTADA</b>	<b>Pieza No</b> 17	<b>Cant. Piezas</b> 1

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se necesita comprar una plancha de 1220x3280x3 mm, esta plancha se la obtiene de
2	<b>Marcar</b>	Se procede a marcar la plancha según las medidas que se encuentran en los planos, para luego proceder a cortar y doblar.
3	<b>Cortar</b>	Se procede a cortar la plancha para hacerle el agujero de salida de agua sedimentada.
4	<b>Pulir</b>	Se procede a pulir con la amoladora los filos para eliminar las rebabas.
5	<b>Doblar</b>	Con una dobladora se procede a doblar la plancha 90 grados para formar tres caras del tanque de agua sedimentada.

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> CHASIS DE PLANTA	<b>22</b>
<b>Pieza No</b> 18	<b>Cant. Piezas</b> 1

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Comprar	Comprar 9 canales 120x55x7x6003 2 Canales con la sección descrita en el plano para formar las columnas y 1 plancha de 1220x2440x6 mm para los refuerzos de las puntas
2	Marcar	Se debe de marcar los elementos como se encuentra en el plano
3	Cortar	Cortar todos los elementos que han sido marcados con el equipo de oxiacorte
4	Pulir	Con la amoladora se pulen los bordes para que queden lisos y uniformes
5	Soldar	Se procede a armar y soldar la base con todos sus elementos
6	Soldar	Se arma y se suelda el cuadro superior
7	Soldar	Se sueldan las columnas al marco superior y las placas de refuerzos superiores
8	Soldar	Se suelda la pieza formada en el proceso 7 con la pieza formada en el proceso 5 luego se colocan las placas de refuerzo inferiores
9	Pulir	Con un cepillo de pulir se cepilla toda la estructura para que el material quede limpio para que se pueda pintar
10	Pintar	Se pinta toda la estructura a soplete con pintura anticorrosiva negra a dos manos para que no haya problema de corrosión

OBSERVACIONES

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada			<b>PLANO No</b>  <b>23</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> MEZCLADOR DE PALETAS	<b>Pieza No</b> 19	<b>Cant. Piezas</b> 1	

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Comprar	Se debe de comprar dos platinas de 2"x1/8" 1 angulo de 1"x1/4" y 1260 mm de eje de acero inoxidable de 1"
2	Maquinado	Se debe de maquinar el eje para refrentarlo en las dos puntas y realizarte el chavetero
3	Marcar	Marcar los ángulos y las platinas como se encuentra indicado en el plano
4	Cortar	Con el equipo de corte cortar lo que fue marcado en el proceso anterior
5	Pulir	Se procede a pulir con la amoladora para que queden los bordes lisos y uniformes
6	Soldar	Primero se procede a soldar las platinas a los ángulos y luego soldar los ángulos al eje
7	Pulir	Con la pulidora se eliminan las escorias de las uniones soldadas.

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada			<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> EMPATE CON MOTOREDUCTOR		<b>Pieza No</b> 20	<b>Cant Piezas</b> 1
			24

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	Comprar	Se debe de comprar un pedazo de eje de acero inoxidable 304 de 1 3/4" de diámetro y 100 mm de longitud, del que se obtiene la totalidad de la pieza
2	Tornear	Se debe de refrentar la pieza en el torno en las dos caras, luego de esto se la debe cilindrar
3	Fresar	Con una fresadora se debe de realizar el chavetero
4	Tafadrar	Con un tafadro se debe de realizar las perforaciones para que entren los pernos
5	Machuelear	Con un machuelo se le hacen los hilos a los agujeros realizados en el proceso anterior

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> <i>Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m<sup>3</sup>/día lista para ser instalada</i>		<b>PLANO No</b>	
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> <b>SOPORTE DEL MEZCLADOR</b>		<b>Pieza No</b> 21	<b>Cant. Piezas</b> 1

25

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>Comprar</b>	Se debe de comprar 1500 mm de canal 1.15x0.61 de que es el nuevo material de las patas del floculador. Una placa de 175x175x10 y dos placas de 225x50x10
2	<b>Cortar</b>	Se debe de cortar el canal según lo indicado en el plano y las placas
3	<b>Esmerilar</b>	Con la amoladora se pulen los filos para que queden lisos y uniformes
4	<b>Perforar</b>	Con el taladro se perforan las placas como esta indicado
5	<b>Soldar</b>	Se suelda el canal luego se sueltan las tiras al canal

OBSERVACIONES:

## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> SANDBLASTING	<b>Pieza No</b>
	<b>Cant. Piezas</b>

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	<b>DETERMINAR ACABADO</b>	Lo primero que se debe de determinar es el tipo de acabado superficial que se requiere, en este caso es el de SSPC SP 10 para el interior y de SSPC SP 6 para el exterior
2	<b>DETERMINAR ABRASIVO</b>	Luego de esto se determina que tipo de abrasivo se va a usar para darle la rugosidad necesaria al material. En este caso es la de arena de tamaño mediano malla 16 que nos da una rugosidad de 3.4 mils.
3	<b>SECAR Y CERNIR</b>	Una vez que se tiene la arena se procede a secarla y a pasarla por el tamiz para eliminar las piedras y elementos extraños que puedan tener.
4	<b>ALMACENAR</b>	La arena seca y cernida es almacenada en las tolvas.
5	<b>SANDBLASTING</b>	Luego de esto se procede con el sandblasting de las superficies interior y exterior.
6	<b>LIMPIAR</b>	Una vez que se realizó el proceso anterior se procede a eliminar el polvo residual en las planchas por medio de chorros de aire provenientes del compresor.
7	<b>PINTAR</b>	Bajo condiciones atmosféricas normales y suaves, la mejor práctica es imprimar dentro de 6 horas después de la limpieza.

OBSERVACIONES:



CIB-ESPOL



## PROGRAMA DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO: Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada		PLANO No	
NOMBRE DE PIEZA: PINTURA	Pieza No	Cant. Piezas	

No	PROCESO	DESCRIPCION
1	DETERMINAR PINTURA	Lo primero que se debe de determinar es el tipo de pintura a utilizar en este caso es HEMPADUR 15400 Que tiene el agente curador 95100
2	MEZCLAR	Se procede a mezclar la pintura con el agente curador en una proporción 4:1 en volumen. No se puede esperar mas de dos horas a 20 grados C si se va a pintar con pistola y no mas de 4 horas a 20 grados C si se va a pintar con brocha
3	PINTAR	<p>Se debe de proceder a pintar solo cuando la aplicación y el curado pueda tener lugar a temperaturas superiores a los 10C</p> <p>Las temperaturas de la superficie y de la pintura debe de encontrarse entre 15 y 25 C para obtener los mejores resultados</p> <p>El espesor recomendado para este tipo de pintura es de 175 micras en húmedo o 80 micras en seco</p> <p>El intervalo de repintado es de un mínimo de 10 horas a 20C a un máximo de 21 días a 20C</p> <p>La pistola sin aire debe de proporcionar una presión de 200 atm con una boquilla de 0,021"</p> <p>El secado al tacto es de 8 a 10 horas a 20 C con buena ventilación</p> <p>El curado de la pintura se realiza aproximadamente en 7 días a 20 C</p>
4	LIMPIAR	Se debe de llenar la planta dos veces con agua dulce, dejando el agua en el interior un tiempo mínimo de 24 horas cada vez, baldeando al final con agua potable



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

OBSERVACIONES:



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

## Preparación superficial

Para la preparación superficial del material se tienen varias normas a seguir como son:

SSPC ( Steel Structure Paint Council ) Anexo C

SIS ( Swedish Standards Institution ) o ISO 8501-1 Anexo D

NACE

La norma SIS clasifica los grados de preparación en función del estado inicial del acero a pintar. Los estados iniciales son los siguientes:

A : Superficie completamente recubierta con calamina y con trazas de óxido. Estado en que se encuentra la plancha poco tiempo después de la laminación en caliente sin ningún tipo de protección.

B: Superficie que ha iniciado su corrosión y de la que ha empezado a desprenderse la calamina. Estado de la plancha 2 o 3 meses después de la laminación sin ningún tipo de protección.

C: Superficie de acero de la que la corrosión ha hecho que se desprenda toda la calamina, pero no se encuentra todavía picaduras detectables a simple vista. Estado que se encuentra la plancha 1 año después de la laminación y sin ningún tipo de protección.

D: Superficie de acero de la que la corrosión ha hecho que se desprenda toda la calamina, y que se observa picaduras a simple vista. Estado que se encuentra la plancha 3 años después de la laminación y sin ningún tipo de protección.

A partir de los diferentes estados iniciales se definen diferentes tipos de preparación que se definen con las siglas St, Sa o Fl.

St: Rascado, cepillado, picado etc. por medios manuales o mecánicos.

Sa: Chorreado abrasivo.

Fl: Limpieza con llama ( flameado )

Los principales grados de limpieza de superficies metálicas definidos por algunos de estos comités se los encuentra en la tabla 11:

TIPOS DE LIMPIEZA	SSPC	NACE	ISO 8501-1	
			SIS 055900	BS 4232
Solvente	SP1	-	-	-
Manual	SP2	-	St2	-
Mecánica	SP3	-	St3	-
Abrasivo metal blanco	SP5	NACE 1	Sa3	Primera calidad
Abrasivo nivel comercial	SP6	NACE 3	Sa2	Tercera calidad
Abrasivo ligero	SP7	NACE 4	Sa 1	-
Química	SP8	-	-	-
Abrasivo metal casi blanco	SP10	NACE 2	Sa 2 ½	Segunda calidad
Agua a altas presiones	SP12	NACE 5	-	-

**TABLA 11**

**EQUIVALENCIAS DE NORMAS PARA TRATAMIENTO SUPERFICIAL**

En el ANEXO C se encuentra el resumen de especificaciones para preparación de superficies metálicas, de esta tabla se escoge el grado de preparación superficial SSPC-SPC 10 para el interior del tanque, que es la limpieza con chorro abrasivo a grado metal casi blanco. y el SSPC SP 6 para el exterior, que es la limpieza con chorro abrasivo a grado comercial.

Por medio de la preparación SP 10 el 95% de la superficie queda libre de todos los residuos visibles. Se lo usa para ambientes con alta humedad, atmósfera química, ambientes marinos u otros ambientes corrosivos.

Por medio de la preparación SP 6 se produce una limpieza de hasta al menos dos tercios del área de la superficie este libre de todos los residuos visibles, este tratamiento se lo realiza cuando se requiere una superficie perfectamente limpia.

### **Selección del abrasivo**

El abrasivo es el material que se usa en la limpieza por chorro. Este debe de seleccionarse cuidadosamente, atendiendo al estado inicial de la superficie, grado de limpieza y rugosidad a obtener .

Este material abrasivo debe de encontrarse libre de sales solubles y polvo y debe de ser suficientemente duro y su forma y tamaño de partículas son definitorios a más de la presión de proyección para poder obtener la rugosidad requerida.

Los materiales más usados son:

- Arena de Sílice
- Escoria de cobre
- Granalla de acero esférica
- Granalla de acero angular

Las dos primeras son para chorro abierto sin recuperación de abrasivo. Esta partícula angular produce alta rugosidad. Con la diferencia que la escoria de cobre deja superficies más oscuras que la arena.

Las dos ultimas son usadas para chorro en maquinas de circuito cerrado, con recuperación de abrasivo. La granalla esférica produce perfiles más redondeados y rugosidad baja. ( ANEXO D ).

Para chorros abrasivos se usa arena seca con un máximo de tamaño de partículas que no pueda pasar por un tamiz de 16 mallas,

esta es arena de tamaño medio con la que se produce una máxima altura de perfil de 3.4 mils.

### **Equipos para chorro abrasivo**

Los principales equipos con los que se realiza la preparación de superficie con chorro abrasivo son entre otros:

- Compresor
- Tolva
- Mangueras
- Boquillas

Las boquillas generalmente son de carburo de silicio y el exterior generalmente es de uretano para resistir el severo manejo del trabajo. Con boquillas largas se trabaja a distancias mayores de 30 cms y las cortas menos de 30 cms.

Los acoples y porta boquillas deben de ser para uso severo, y los acoples deben de ser de tipo universal permitiendo la interconexión rápida de diferentes tamaños de mangueras desde ½" hasta 1 ½".

## **Pintura**

La pintura que se selecciona es la HEMPADUR 15400 de la marca HEMPEL, esta es una pintura epóxica de dos componentes con aducto de amina, resistente a una amplia gama de productos químicos.

Se la recomienda para interior de tanques y depósitos. Cumple con diferentes certificados como para transporte de alimentos húmedos y secos, como recubrimiento anticorrosivo, para tanques de agua potable, como no contaminante.

El resto de las especificaciones se las encuentra en el ANEXO E como son:

- Datos técnicos
- Aplicación
- Condiciones de aplicación
- Capas precedentes
- Capas subsiguientes
- Espesor
- Intervalo de pre-pintado
- Curado Y seguridad

### 3.2 Determinación de costos de construcción

Para determinar los costos de construcción de la planta potabilizadora se lo ha realizado en tablas en las que se detalla el costo de materiales, fungible, mano de obra y el costo generado por el uso de equipos. Las tablas se las ha diseñado para una mejor comprensión del costeo. En estas tablas se encuentra los siguientes datos:

- Nombre de la pieza
- Número de pieza
- Cantidad de piezas
- Número del plano donde se encuentra la pieza ( ANEXO A )
- Peso de la pieza

A más de estas se encuentra el resumen en el que se realiza la sumatoria de todas las piezas que conforman la planta, para a partir de esta sacar el costo total de construcción del equipo.

Las tablas descritas para el costeo se encuentran a continuación del resumen.

## RESUMEN DE COSTO DE CONTRUCCION

<b>NOMBRE DE PIEZA</b>	<b>COSTO</b>
Sistema de tuberías	\$ 1315.29
Ensamble total	\$ 99.84
Tanque de floculación (Ensamble)	\$ 45.83
Cilindro del floculador	\$ 99.07
Anillo de recolección	\$ 63.64
Cono del floculador	\$ 44.59
Soportes del floculador	\$ 53.87
Tubería de alimentación	\$ 16.79
Tanque de sedimentación ( Ensamble)	\$ 266.11
Laterales del sedimentador	\$ 172.65
Separadores del sedimentador	\$ 62.94
Tolvas de lodos	\$ 177.13
Distribuidor de agua floculada	\$ 37.99
Placas de sedimentación	\$ 120.77
Canaleta recolectora	\$ 13.47
Rigidizador del modulo de placas	\$ 19.71
Placa de unión al floculador	\$ 12.47
Angulo de rigidez	\$ 28.74
Patas del sedimentador	\$ 84.32
Soportes del medidor de nivel	\$ 3.27
Tanque de agua sedimentada	\$ 71.19
Chasis de planta	\$ 1139.97
Mezclador de paletas	\$ 114.34
Empate con motoreductor	\$ 32.02
Soporte del mezclador	\$ 32.01
Suministro de equipos	\$ 9661.70
Sandblasting	\$ 408.20
Pintura	\$ 608.01
<b>TOTAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA</b>	<b>\$ 14805.93</b>

DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION					
NOMBRE DE PROYECTO:		Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada		PESO ( Kg ) 98	PLANO No
NOMBRE DE PIEZA:		SISTEMA DE TUBERIAS		Pieza No	Cant. Piezas
					1

## MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Tubo galvanizado ISO II FUJI 3"	Unidad	1	34,74	34,74
2	Tubo galvanizado ISO II FUJI 2 1/2"	Unidad	1	26,74	26,74
3	Tubo galvanizado ISO II FUJI 1 1/2"	Unidad	5	19,87	99,35
4	Ampliación de 1 1/2 a 2 1/2"	Unidad	2	6,97	13,94
5	Tee de 2 1/2"	Unidad	1	8,27	8,27
6	Valvula de pie de 2"	Unidad	1	30,40	30,40
7	Valvula de bola de 1 1/2"	Unidad	14	26,40	369,60
8	Valvula de bola de 1"	Unidad	1	19,70	19,70
9	Valvula de bola de 3"	Unidad	4	49,79	199,16
10	Valvula de bola de 1/2"	Unidad	1	12,70	12,70
11	Codo de 1 1/2"	Unidad	18	5,47	87,52
12	Tee de 1 1/2"	Unidad	6	7,24	43,44
13	Codo de 2" a 3"	Unidad	4	8,24	32,96
14	Tee de 2" a 3"	Unidad	3	12,40	37,20
				A	1015,72

## FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
					B
					0

## MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	24	24	3	72
2	Ayudante	3	24	72	1,5	108
					C	180

## EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
					D	0

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)			S/. 1.195,72
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES		10%	S/. 119,57
COSTO UNITARIO TOTAL			S/. 1.315,29

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b> 2384	<b>PLANO No</b>  <b>2</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	ENSAMBLE TOTAL	<b>Pieza No</b>	<b>Cant. Piezas</b> 1

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
					A
					0,00

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	5	1,9	9,5
2	Disco de desbaste	Unidad	1	2,5	2,5
					B
					12

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	4	4	3	12
2	Soldador	1	8	8	1,7	13,6
3	Ayudante	2	8	16	1,5	24
					C	
					49,6	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/mq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Soldadora	1	8	8	1,2	9,6
2	Esmeni	1	8	8	0,7	5,6
					D	
					16,2	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 76,80
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 23,04
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 99,84</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m3/día lista para ser instalada	PESO ( Kg ) 255.4	PLANO No  <b>3</b>
NOMBRE DE PIEZA:	TANQUE DE FLOCULACION ( ENSAMBLE )	ENSAMBLE A	Cant. Piezas 1

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
A					0,00

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	2	1.9	3.8
2	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0.5	2.5	1.25
B					5,05

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	2	2	3	6
2	Soldador especializado	1	5	5	2	10
3	Ayudante	1	5	5	1,5	7,5
C					23,5	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Esmeril	1	1	1	0,7	0,7
2	Soldadora	1	5	5	1,2	6
D					6,7	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 35,25
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 10,58
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 45,83</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg )	105	<b>4</b>
NOMBRE DE PIEZA:	CILINDRO DEL FLOCULADOR	Pieza No	Cant. Piezas	
		1	1	

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Plancha ASTM A36 1.22 x 3.77 x 0.003 m	Kilogramos	109	0,45	49,05
<b>A</b>					<b>49,05</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	0,5	1,9	0,95
2	Oxigeno	Botella de 6 m3	0,1	12	1,2
3	Gas	Tanque	0,03	2	0,06
4	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,1	2,5	0,25
<b>B</b>					<b>2,46</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	2	2	3	6
2	Soldador especializado	1	1	1	2	2
3	Operador de roladora	1	1	1	1,8	1,8
4	Ayudante	2	3	6	1,5	9
<b>C</b>					<b>18,8</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/mq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Roladora	1	1	1	2	2
2	Equipo de corte	1	2	2	1	2
3	Esmeril	1	1	1	0,7	0,7
4	Soldadora	1	1	1	1,2	1,2
<b>D</b>					<b>5,9</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		SI. 76,21
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	SI. 22,86
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>SI. 99,07</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg )	42	<b>5</b>
NOMBRE DE PIEZA:	ANILLO DE RECOLECCION	Pieza No	Cant. Piezas	
		2	1	

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Plancha ASTM A36 1.22 x 2.44 x 0.003 m	Kilogramos	56	0,45	25,2
<b>A</b>					<b>25,2</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	1,5	1,9	2,85
2	Oxígeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,2	12	2,4
3	Gas	Tanque	0,07	2	0,14
4	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,2	2,5	0,5
<b>B</b>					<b>8,89</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	1	1	3	3
2	Soldador especializado	1	2	2	2	4
3	Operador de roladora	1	0,2	0,2	1,8	0,36
4	Ayudante	2	2	4	1,5	6
<b>C</b>						<b>13,36</b>

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Roladora	1	0,2	0,2	2	0,4
2	Equipo de corte	1	1	1	1	1
3	Esmeril	1	1	1	0,7	0,7
4	Soldadora	1	2	2	1,2	2,4
<b>D</b>						<b>4,5</b>

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)		<b>S/. 48,95</b>
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	<b>S/. 14,69</b>
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 63,64</b>



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b>	35	<b>PLANO No</b>  <b>6</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	CONO DEL FLOCULADOR	<b>Pieza No</b>	<b>Cant. Piezas</b>	
		3	1	

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Plancha ASTM A36 1.22 x 2.44 x 0,003 m	Kilogramos	43	0,45	19,35
2	Tubo galvanizado sin unión ISO II FUJI 2", 0,05 m	Kilogramos	0,15	0,95	0,14
<b>A</b>					<b>19,49</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	0,5	1,9	0,95
2	Oxígeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,1	12	1,2
3	Gas	Tanque	0,03	2	0,06
4	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,1	2,5	0,25
<b>B</b>					<b>2,46</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	1	1	3	3
2	Soldador especializado	1	1	1	2	2
3	Operador de roladora	1	1	1	1,8	1,8
4	Ayudante	1	1	1	1,5	1,5
<b>C</b>					<b>8,3</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Roladora	1	1	1	2	2
2	Equipo de corte	0,5	1	0,5	1	0,5
3	Esmeril	0,5	1	0,5	0,7	0,35
4	Soldadora	1	1	1	1,2	1,2
<b>D</b>					<b>4,05</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		Si. 34,30
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	Si. 10,29
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>Si. 44,59</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO: Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m3/día lista para ser instalada	PESO ( Kg ) 69,15	PLANO No  <b style="font-size: 2em;">7</b>
NOMBRE DE PIEZA: SOPORTES DEL FLOCULADOR	Pieza No 4	Cant. Piezas 3

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unif.	Costo Total
1	Canal ASTM A36 C 125 x 80 x 6	Kilogramos	85,64	0,5	32,82
2	Plancha de acero ASTM A36 de 200 x 360 x 6 mm	Kilogramos	3,5	0,45	1,58
3	Placas de 225x50x12 mm	Kilogramos	2,2	0,45	
<b>A</b>					<b>34,40</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unif.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	0,3	1,9	0,57
2	Oxígeno	Botella de 6 m3	0,06	12	0,72
3	Gas	Tanque	0,02	2	0,04
4	Disco de desbasta de 7"	Unidad	0,1	2,5	0,25
<b>B</b>					<b>1,58</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	0,5	0,5	3	1,5
2	Soldador	1	0,5	0,5	1,7	0,85
3	Ayudante	1	1	1	1,5	1,5
<b>C</b>					<b>3,85</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	0,8	0,8	1	0,8
2	Esmeril	1	0,2	0,2	0,7	0,14
3	Soldadora	1	0,5	0,5	1,2	0,6
4	Taladro	1	0,1	0,1	0,7	0,07
<b>D</b>					<b>1,61</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		<b>SI. 41,44</b>
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	<b>SI. 12,43</b>
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>SI. 53,87</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b> Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b> 4,25	<b>PLANO No</b>  <b>8</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b> TUBERIA DE ALIMENTACION	<b>Pieza No</b> 6	<b>Cant. Piezas</b> 1

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Tubo galvanizado sin unión ISO II FUJI 2 1/2" , 0,8 metros	Kilogramos	2,85	0,95	2,71
2	Plancha ASTM A36 160 X 160 X 10 mm	Kilogramos	2	0,45	0,90
<b>A</b>					<b>3,61</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	0,1	1,9	0,19
2	Oxigeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,03	12	0,36
3	Gas	Tanque	0,01	2	0,02
4	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,05	2,5	0,125
5	Broca de 3/8"	Unidad	0,1	1,5	0,15
<b>B</b>					<b>0,645</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	0,5	0,5	3	1,5
2	Soldador	1	0,5	0,5	1,7	0,85
3	Ayudante	1	0,5	0,5	1,5	0,75
4	Tornero	1	0,5	0,5	3	1,5
<b>C</b>					<b>4,6</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	0,2	0,2	1	0,2
2	Esmeril	1	0,3	0,3	0,7	0,21
3	Soldadora	1	0,5	0,5	1,2	0,6
4	Taladro	1	0,5	0,5	0,7	0,35
5	Torno	1	0,5	0,5	5	2,5
<b>D</b>					<b>3,86</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 12,91
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 3,87
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 16,79</b>



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día beta para ser instalada	PESO ( Kg )	PLANO No.
		870	9
NOMBRE DE PIEZA:	TANQUE DE SEDIMENTACION ( ENSAMBLE )	ENSAMBLE	Cant. Piezas
		B	1

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
				A	0,00

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3 P.	kilogramo	15	1.9	28.5
2	Disco de desbaste de 7"	Unidad	2	2.5	5
				B	33.5

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	8	8	3	24
2	Soldador especializado	1	24	24	1.7	40.8
3	Ayudante	2	24	48	1.5	72
					C	136.8

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Soldadora	1	24	24	1.2	28.8
2	Esmeril	1	8	8	0.7	5.6
					D	34.4

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/ 204,70
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/ 61,41
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/ 266,11</b>



CIB-ESPOL,



CIB-ESPOL,

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg )	220	PLANO No	10
NOMBRE DE PIEZA:	LATERALES DEL SEDIMENTADOR	Pieza No	6	Cant. Piezas	

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Plancha ASTM A36 de 1220x3600x3 mm , 2 planchas	Kilogramos	207	0,45	93,15
2	Plancha ASTM A36 de 900x580x3 mm , 2 planchas	Kilogramos	24,6	0,45	11,07
3	Platina de 1" x 1/8", 2,8 metros	Kilogramos	1,7	0,45	0,77
<b>A</b>					<b>104,99</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	0,8	1,9	1,52
2	Oxígeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,6	12	7,2
3	Gas	Tanque	0,2	2	0,4
4	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,2	2,5	0,5
<b>B</b>					<b>9,62</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	1	1	3	3
2	Soldador	1	2	2	1,7	3,4
3	Ayudante	2	2	4	1,5	6
<b>C</b>					<b>12,4</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	2	2	1	2
2	Esmeril	1	2	2	0,7	1,4
3	Soldadora	1	2	2	1,2	2,4
<b>D</b>					<b>5,8</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 132,81
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 39,84
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 172,65</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO: Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg ) 90	PLANO No  <b>11</b>
NOMBRE DE PIEZA: SEPARADORES DEL SEDIMENTADOR	Pieza No 7	Cant. Piezas 2

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Plancha ASTM A36 1220 X 3100 X 3 mm	Kilogramos	91.5	0.45	41,18
<b>A</b>					<b>41,18</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Oxigeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0.05	12	0,6
2	Gas	Tanque	0.02	2	0,04
3	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0.1	2,5	0,25
<b>B</b>					<b>0,89</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	0,5	0,5	3	1,5
2	Ayudante	2	1	2	1,5	3
<b>C</b>					<b>4,5</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	0,5	0,5	1	0,5
2	Esmeril	1	0,5	0,5	0,7	0,35
3	Dobladora	1	1	1	1	1
<b>D</b>					<b>1,85</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 48,42
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 14,52
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 62,94</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b>	<b>PLANO No</b>
		89,1	
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	TOLVAS DE LODOS	<b>Pieza No</b>	12
		8	
		<b>Cant. Piezas</b>	
		6	

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	1 plancha de acero 1830x2550x3 mm	Kilogramos	110	0,45	49,50
2	Tubo galvanizado sin unión ISO II FUJI 2" , 0,6 metros	Kilogramos	2	0,95	1,90
<b>A</b>					<b>51,40</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Oxigeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,3	12	3,6
2	Gas	Tanque	0,1	2	0,2
3	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,5	2,5	1,25
4	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	6	1,9	11,4
<b>B</b>					<b>16,45</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	4	4	3	12
2	Ayudante	2	8	16	1,5	24
3	Soldador especializada	1	8	8	2	16
<b>C</b>					<b>52</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	4	4	1	4
2	Esmeril	1	4	4	0,7	2,8
3	Soldadora	1	8	8	1,2	9,6
<b>D</b>					<b>16,4</b>	

<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )</b>		<b>S/. 136,25</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES</b>	<b>30%</b>	<b>S/. 40,88</b>
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 177,13</b>



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg )	14,2	<b>13</b>	
NOMBRE DE PIEZA:	DISTRIBUIDOR DE AGUA FLOCULADA	Pieza No	9		Cant. Piezas

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	1 plancha de acero A36 1401x440x3 mm	Kilogramos	14	0,45	6,30
2	Tubo galvanizado sin unión ISO II FUJI 2" , 1,5 metros	Kilogramos	3,7	0,95	3,52
<b>A</b>					<b>9,82</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Oxigeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,1	12	1,2
2	Gas	Tanque	0,03	2	0,06
3	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,1	2,5	0,25
4	Soldadura AWS E 6011 de 3/6"	Kilogramo	2	1,9	3,8
<b>B</b>					<b>6,31</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	1	1	3	3
2	Ayudante	1	2	2	1,5	3
3	Soldador especializado	1	2	2	2	4
<b>C</b>					<b>10</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	1	1	1	1
2	Esmértil	1	1	1	0,7	0,7
3	Soldadora:	1	2	2	1,2	2,4
<b>D</b>					<b>4,1</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 29,23
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 8,77
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 37,99</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m3/día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b>	<b>PLANO No</b>
		154	14
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	PLACAS DE SEOIMENTACION	<b>Pieza No</b>	
		10	26

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Planchas de acero A36 1220 x 2440 x 2 mm	Kilogramos	150	0,45	67,50
2	Platina de 1"x1/8"	Kilogramos	7	0,45	3,15
<b>A</b>					70,65

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Oxigeno	Botella de 6 m3	0,3	12	3,6
2	Gas	Tanque	0,1	2	0,2
3	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,5	2,5	1,25
4	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	1	1,9	1,9
<b>B</b>					6,95

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	1	1	3	3
2	Ayudante	2	2	4	1,5	6
3	Soldador	1	1	1	1,7	1,7
<b>C</b>					10,7	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	2	2	1	2
2	Esmeril	1	2	2	0,7	1,4
3	Soldadora	1	1	1	1,2	1,2
<b>D</b>					4,6	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)		S/. 92,90
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 27,87
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		S/. 120,77

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b>	7,3	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	CANALETA RECOLECTORA	<b>Pieza No</b>		<b>15</b>
		<b>Cant. Piezas</b>		

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unif.	Costo Total
1	Canal 100 x 50 x 2 mm . 3,2 metros	Kilogramos	10	0,5	5,00
<b>A</b>					<b>5,00</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unif.	Costo Total
1	Oxigeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,1	12	1,2
2	Gas	Tanque	0,03	2	0,06
3	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,1	2,5	0,25
<b>B</b>					<b>1,51</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	0,5	0,5	3	1,5
2	Ayudante	1	1	1	1,5	1,5
<b>C</b>					<b>3</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	0,5	0,5	1	0,5
2	Esmeril	1	0,5	0,5	0,7	0,35
<b>D</b>					<b>0,85</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 10,36
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 3,11
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 13,47</b>



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg ) 17,14	PLANO No <b>16</b>
NOMBRE DE PIEZA:	RIGIDIZADOR DEL MODULO DE PLACAS	Pieza No 12	Cant. Piezas 1

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unif.	Costo Total
1	Plancha ASTM A36 1500X520X3 mm	Kilogramos	18,4	0,45	8,28
<b>A</b>					<b>8,28</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unif.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	0,3	1,9	0,57
2	Oxigeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,06	12	0,72
3	Gas	Tanque	0,02	2	0,04
4	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,1	2,5	0,25
<b>B</b>					<b>1,58</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	0,5	0,5	3	1,5
2	Soldador	1	0,5	0,5	1,7	0,85
3	Ayudante	1	1	1	1,5	1,5
<b>C</b>					<b>3,85</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	0,5	0,5	1	0,5
2	Esménil	1	0,5	0,5	0,7	0,35
3	Soldadora	1	0,5	0,5	1,2	0,6
<b>D</b>					<b>1,45</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 15,16
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 4,55
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 19,71</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m3/día lista para ser instalada	PESO ( Kg ) 10,38	PLANO No
NOMBRE DE PIEZA:	PLACA DE UNION AL FLOCULADOR	Pieza No 13	17
		Cant. Piezas 1	

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unif.	Costo Total
1	Plancha ASTM A36 760X568X3 mm	Kilogramos	10,5	0,45	4,73
<b>A</b>					<b>4,73</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unif.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	0,05	1,9	0,095
2	Oxigeno	Botella de 6 m3	0,03	12	0,36
3	Gas	Tanque	0,01	2	0,02
4	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,1	2,5	0,25
<b>B</b>					<b>0,725</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	0,5	0,5	3	1,5
2	Soldador	1	0,1	0,1	1,7	0,17
3	Ayudante	1	1	1	1,5	1,5
<b>C</b>					<b>3,17</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	0,5	0,5	1	0,5
2	Esmeril	1	0,5	0,5	0,7	0,35
3	Soldadora	1	0,1	0,1	1,2	0,12
<b>D</b>					<b>0,97</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )	S/. 9,59
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES      30%	S/. 2,88
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>	<b>S/. 12,47</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg ) 37.61	PLANO No  <b>18</b>
NOMBRE DE PIEZA:	ANGULO DE RIGIDEZ	Pieza No 14	Cant. Piezas 1

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Angulo de 2"x2"x1/4", longitud 7860 mm	Kilogramos	38	0.5	19.00
<b>A</b>					<b>19,00</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Oxigeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0.03	12	0.36
2	Gas	Tanque	0.01	2	0.02
3	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0.03	2.5	0.075
<b>B</b>					<b>0,465</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	0,1	0,1	3	0.3
2	Ayudante	1	1	1	1.5	1.5
<b>C</b>					<b>1,8</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/mag.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	0,5	0,5	1	0.5
2	Esmeril	1	0,5	0,5	0,7	0.35
<b>D</b>					<b>0,85</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		SI. 22,11
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	SI. 6,63
COSTO UNITARIO TOTAL		SI. 28,74

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m3/día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b>	100	<b>PLANO No</b>  <b>19</b>	
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	PATAS DEL SEDIMENTADOR	<b>Pieza No</b>	15		<b>Cant. Piezas</b>

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Canal 125x80x6 mm . 6 pedazos de 1080 mm	Kilogramos	84	0,5	42,00
2	Plancha ASTM A36 120 X 200 X 6 mm, cantidad 6	Kilogramos	7	0,45	3,15
3	Plancha ASTM A36 114 X 80 X 3 mm, cantidad 6	Kilogramos	1,5	0,45	0,68
<b>A</b>					<b>46,83</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	0,6	1,9	1,14
2	Oxígeno	Botella de 6 m3	0,3	12	3,6
3	Gas	Tanque	0,1	2	0,2
4	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,2	2,5	0,5
<b>B</b>					<b>5,44</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	1	1	3	3
2	Soldador	1	1	1	1,7	1,7
3	Ayudante	2	2	4	1,5	6
<b>C</b>					<b>10,7</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	1	1	1	1
2	Esmeril	1	1	1	0,7	0,7
3	Soldadora	1	1	1	1,2	1,2
<b>D</b>					<b>2,9</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 64,87
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/ 19,46
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 84,32</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg ) 2,68	PLANO No  <b>20</b>
NOMBRE DE PIEZA:	SOPORTES OEL MEDIDOR DE NIVEL	Pieza No 16	Cant. Piezas 2

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Canal 125x80x6 mm , 2 pedazos de 100 mm	Kilogramos	2,7	0,5	1,35
<b>A</b>					<b>1,35</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Oxígeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,01	12	0,12
2	Gas	Tanque	0,003	2	0,006
3	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,02	2,5	0,05
<b>B</b>					<b>0,18</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	0,1	0,1	3	0,3
2	Ayudante	1	0,3	0,3	1,5	0,45
<b>C</b>						<b>0,75</b>

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/mag.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	0,1	0,1	1	0,1
2	Esmétil	1	0,1	0,1	0,7	0,07
3	Taladro	1	0,1	0,1	0,7	0,07
<b>D</b>						<b>0,24</b>

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 2,52
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 0,75
COSTO UNITARIO TOTAL		S/. 3,27

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b>	<b>PLANO No</b>
		92.7	21
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	<b>TANQUE DE AGUA SEDIMENTAOA</b>	<b>Pieza No</b>	
		17	1

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Plancha ASTM A36 1220 X 3280 X 3 mm	Kilogramos	94	0.45	42.30
<b>A</b>					<b>42,30</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Oxigeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0.1	12	1.2
2	Gas	Tanque	0.03	2	0.06
3	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0.1	2.5	0.25
<b>B</b>					<b>1,51</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	0,5	0,5	3	1,5
3	Ayudante	2	2	4	1,5	6
3	Operador de Dobladora	1	1	1	1,6	1,6
<b>C</b>					<b>9,1</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/mag.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	0,5	0,5	1	0,5
2	Esmantil	1	0,5	0,5	0,7	0,35
3	Dobladora	1	1	1	1	1
<b>D</b>					<b>1,85</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 54,76
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 16,43
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 71,19</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b>	<b>PLANO No</b>
		1100	22
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	CHASIS DE PLANTA	<b>Pieza No</b>	
		18	1

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Perfil de columna 150x150x55x30x2. 2 elementos de 6000 mm	Kilogramos	230	0,6	138,00
2	Viga C 120x55x7 mm , longitud 6000 mm, cantidad 9	Kilogramos	702	0,5	351,00
3	Placa de refuerzo 1220x2440x6	Kilogramos	140	0,45	63
4	Plancha antideslizante 1220x2440x1 , cantidad 5	Kilogramos	117	0,45	52,65
5	Pintura anticorrosiva negra	Galones	2	16	32
<b>A</b>					<b>636,65</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	4	1,9	7,6
2	Oxigeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,3	12	3,6
3	Gas	Tanque	0,1	2	0,2
4	Disco de desbaste de 7"	Unidad	0,1	2,5	0,25
5	Cepillo de pulir	Unidad	1	15	15
<b>B</b>					<b>26,65</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/horn.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	8	8	3	24
2	Soldador	1	8	8	1,7	13,6
3	Ayudante	3	24	72	1,5	108
4	Pintor	1	8	8	1,5	12
<b>C</b>					<b>167,6</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	16	16	1	16
2	Esmeril	1	16	16	0,7	11,2
3	Soldadora	1	16	16	1,2	19,2
4	Compresor	1	8	8	1,2	9,6
<b>D</b>					<b>56</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 876,90
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 263,07
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 1.139,97</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b>	29	<b>PLANO No</b>  <b>23</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	MEZCLADOR DE PALETAS	<b>Pieza No</b>	<b>Cant. Piezas</b>	
		19	1	

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Platina de 2"x1/8"	Kilogramos	14,5	0,45	6,53
2	Angulo de 1"x1/4"	Kilogramos	9,6	0,45	4,32
3	Eje de acero inoxidable 304 de 1" x 1260 mm	Kilogramos	4,25	4	17,00
<b>A</b>					<b>27,85</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura acero inoxidable	Kilogramo	0,15	20	3
2	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	0,25	1,9	0,475
3	Oxigeno	Botella de 6 m3	0,03	12	0,36
4	Gas	Tanque	0,01	2	0,02
5	Disco de desbaste	Unidad	0,1	2,5	0,25
<b>B</b>					<b>4,105</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor./hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	1	1	3	3
2	Soldador	1	4	4	1,7	6,8
3	Ayudante	1	4	4	1,5	6
4	Tornero	1	4	4	3	12
<b>C</b>						<b>27,8</b>

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	2	2	1	2
2	Esmeril	1	2	2	0,7	1,4
3	Soldadora	1	4	4	1,2	4,8
4	Torno	1	4	4	5	20
<b>D</b>						<b>28,2</b>

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 87,95
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 26,39
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 114,34</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg ) 0,78	PLANO No <b>24</b>
NOMBRE DE PIEZA:	EMPATE CON MOTOREDUCTOR	Pieza No 20	Cant. Piezas 1

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Acero inoxidable 304 de 1 3/4" de diámetro y 100 mm de long.	Kilogramos	1,22	4	4,88
2	Prisionero de 1/4"	Unidad	2	0,2	0,40
<b>A</b>					<b>5,28</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
<b>B</b>					<b>0</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervision	1	0,5	0,5	3	1,5
2	Tornero	1	2	2	3	6
3	Operador de fresa	1	1	1	3	3
<b>C</b>					<b>10,5</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Torno	1	2	5	1	5
2	Fresa	1	1	5	0,7	3,5
3	Taladro	1	0,5	0,5	0,7	0,35
<b>D</b>					<b>8,85</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 24,63
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 7,39
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 32,02</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg )	30	<b>25</b>	
NOMBRE DE PIEZA:	SOPORTE DEL MEZCLADOR	Pieza No	21		Cant. Piezas

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Canal 125x60x6, 2500 mm	Kilogramos	25,3	0,5	12,65
2	Placa de 175x175x10 mm	Kilogramos	2,5	0,45	1,13
3	Placas de 225x50x12	Kilogramos	2,2	0,45	0,99
<b>A</b>					<b>14,77</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Soldadura AWS E 6011 de 3/8"	Kilogramo	0,2	1,9	0,38
2	Oxigeno	Botella de 6 m <sup>3</sup>	0,01	12	0,12
3	Gas	Tanque	0,003	2	0,006
4	Disco de desbaste	Unidad	0,1	2,5	0,25
<b>B</b>					<b>0,766</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	0,5	0,5	3	1,5
2	Soldador	1	1	1	1,7	1,7
3	Ayudante	2	1	2	1,5	3
<b>C</b>					<b>6,2</b>	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo de corte	1	1	1	1	1
2	Esmeril	1	0,5	0,5	0,7	0,35
3	Soldadora	1	1	1	1,2	1,2
4	Taladro	1	0,5	0,5	0,7	0,35
<b>D</b>					<b>2,9</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		SI. 24,62
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	SI. 7,39
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>SI. 32,01</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m3/día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b>	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	<b>SUMINISTRO DE EQUIPOS</b>	<b>Pieza No</b>	<b>Cant. Piezas</b>

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unif.	Costo Total
1	Bomba dosificadora EZ B20 N1 VC	Unidad	2	481,00	962,00
2	Motoreductor S47 BT71 D6	Unidad	1	1.150,26	1.150,26
3	Filtro de arena HD302	Unidad	1	1.738,63	1.738,63
4	Filtro de carbón HG362	Unidad	1	2.727,27	2.727,27
5	Bomba GOULDS PUMP GT20	Unidad	1	490,00	490,00
6	Bomba BERKELEY B1WPS	Unidad	1	1.365,00	1.365,00
7	Medidor de nivel MAC3 M15-3	Unidad	2	35,00	70,00
8	Switch de flujo Mac Donnel & Miller FS4-3	Unidad	1	137,78	137,78
9	Presostato 100 psi	Unidad	1	46,42	46,42
<b>A</b>					<b>8687,36</b>

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unif.	Costo Total
					<b>B</b>
					<b>0</b>

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Supervisor	1	16	16	3	48
2	Ayudante	2	16	32	1,5	48
					<b>C</b>	<b>96</b>

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
					<b>D</b>	<b>0</b>

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 8.783,36
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	10%	S/. 878,34
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 9.661,70</b>



### DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

<b>NOMBRE DE PROYECTO:</b>	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m3/día lista para ser instalada	<b>PESO ( Kg )</b>	<b>PLANO No</b>
<b>NOMBRE DE PIEZA:</b>	SANDBLASTING	<b>Pieza No</b>	<b>Cant. Piezas</b>

#### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	Arena	m3	2	14	28,00
2	Diesel	gal	10	1	10,00
<b>A</b>					<b>38,00</b>

#### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
<b>B</b>					<b>0</b>

#### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Operador de sandblasting	1	8	8	3	24
2	Ayudante	4	16	64	1,5	96
3	Operador de compresor	1	8	8	2	16
<b>C</b>					<b>136</b>	

#### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/maq.	Costo/ hora	Costo Total
1	Compresor	1	16	16	8	96
2	Equipo de sandblasting	1	8	8	3	24
3	Secador de arena	1	8	8	2,5	20
<b>D</b>					<b>140</b>	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 314,00
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 94,20
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 408,20</b>

## DETERMINACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION

NOMBRE DE PROYECTO:	Diseño de una planta Modular de Agua Potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día lista para ser instalada	PESO ( Kg )	PLANO No
NOMBRE DE PIEZA:	PINTURA	Pieza No	Cant. Piezas

### MATERIALES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
1	HEMPADUR 15400	Litro	26	10,66	277,16
2	THINNER 08450	Litro	13	3,58	46,54
A					323,70

### FUNGIBLES

No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
B					0

### MANO DE OBRA

No	Descripción	Personas	Horas	Hor/hom.	Costo/ hora	Costo Total
1	Pintor especializado	1	16	16	3	48
2	Ayudante	2	16	32	1,5	48
C					96	

### EQUIPOS

No	Descripción	Equipos	Horas	Hor/mag.	Costo/ hora	Costo Total
1	Equipo airless	1	16	16	3	48
D					48	

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS ( A+B+C+D )		S/. 467,70
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDADES	30%	S/. 140,31
<b>COSTO UNITARIO TOTAL</b>		<b>S/. 608,01</b>

### 3.3 Determinación de costos de montaje

Debido a que la planta se ha diseñado para que esté lista para ser instalada, este costo no es representativo, ya que todos los accesorios como: la bomba de succión, el switch de flujo, el moto reductor, las bombas dosificadoras, los medidores de nivel, la bomba de alimentación de los filtros, los filtros y hasta las tuberías están acopladas para formar una planta modular dentro de un chasis formado por vigas de acero.

Para el montaje de esta planta se requiere de un área compactada y nivelada de 5 m x 3 m. Se debe de considerar el cabezal neto positivo de succión de la bomba de abastecimiento de agua cruda que es de 7.62 metros, para según esto ver a que distancia del río puede ir instalada la planta.

A más de esto se requiere una toma de energía eléctrica para el funcionamiento de los equipos.

Dentro de los costos para el montaje de la planta están los siguientes:

- 1.- Montacargas, grúa o equipo pesado que suba y baje la planta potabilizadora de la plataforma en la que va a ser transportada.

El alquiler del montacargas se lo hace por un tiempo mínimo de cuatro horas para la carga y de cuatro horas para el montaje, aunque no se emplee todo el tiempo. El costo promedio por hora en Guayaquil es de treinta dólares. Lo que da 120 dólares para cargar la planta en el camión y 120 dólares para su montaje en sitio.

- 2.- Plataforma.

Este costo depende del lugar al que se va a llevar la planta, para esto se toma un valor referencial de 150 dólares desde Guayaquil hasta el lugar donde se han tomado las pruebas (Samborondón ).

- 3.- Mano de Obra.

El costo del personal que se necesita para realizar el montaje de la planta, la instalación de la succión y descarga y la instalación de la entrada de energía eléctricas para el tablero de control, se lo pude calcular de la siguiente manera:

	<b>Cantidad</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo / hora</b>	<b>Total</b>
Supervisor	1	8	3	24
Ayudantes	3	8	1.5	36
Eléctrico	1	8	2	16
Electricista	1	8	1.5	12
Alimentación				20
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 108</b>

Lo que da un valor de 108 dólares en mano de obra, considerando que se toma un día en instalar la planta y considerando las facilidades del lugar.

El costo total del montaje de la planta potabilizadora se lo calcula sumando los tres rubros anteriores.

Montacargas	\$ 240
Transporte	\$ 150
Mano de Obra	\$ 108
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 498</b>

El Precio de venta de la planta se lo calcula de la sumatoria de la construcción, el montaje y el diseño.

$$\text{P.V.P.} = \$ 14805.93 + \$ 498 + \$ 2000 = \$ 17303.93$$

### 3.4 Determinación de costos de operación

Para determinar los costos de operación se debe conocer los siguientes parámetros:

#### Insumos

- **Costo de Poli cloruro de aluminio suministrado.**

La dosificación del poli cloruro de aluminio debe de ser de 40 ppm, y según esto se calcula cual es el costo de dosificación de este coagulante.

$$200 \text{ m}^3/\text{día} \times 40 \text{ ppm} / 1000000 = 0.008 \text{ m}^3 / \text{día} = 8 \text{ Litros} / \text{día}$$

El costo del litro del coagulante es de 1.25 \$/ lt.

$$8 \text{ lit}/\text{día} \times 1.25 \text{ \$/ lit} = 10 \text{ \$/ día}$$

$$( 10 \text{ \$/día} ) / ( 200 \text{ m}^3/\text{día} ) = 0.05 \text{ \$/m}^3.$$

De lo que se concluye que va a costar 5 centavos de dólar, la dosificación del poli cloruro de aluminio por cada metro cúbico de agua.

- **Costo de cloro suministrado**

La dosificación del cloro debe de ser de 3 ppm, este cloro se lo encuentra en el mercado diluido al 10%. A partir de esto el costo de suministro de Cloro es el siguiente:

$$200 \text{ m}^3/\text{día} \times 3 \text{ ppm} / 1000000 \times 10 = 0.006 \text{ m}^3/\text{ día} = 6 \text{ Litros} / \text{ día}$$

El costo del litro de cloro al 10 % es de 0.25 \$ / lt.

$$6 \text{ lit} / \text{ día} \times 0.25 \text{ $/ lit} = 1.5 \text{ $} / \text{ día}$$

$$( 1.5 \text{ $} / \text{ día} ) / ( 200 \text{ m}^3/\text{ día} ) = 0.0075 \text{ $} / \text{ m}^3$$

De lo que se concluye que nos va a costar 0.75 centavos de dólar la dosificación de cloro por cada metro cúbico de agua producido.

- **Costo del carbón activado**

Se recomienda cambiar el carbón activado de los filtros cada 10 meses, aunque también dependiendo del tipo de agua a tratar este tiempo puede ser menor o mayor.

El volumen medio de carbón en el filtro es de  $0.51 \text{ m}^3$  y la densidad del carbón activado es de  $450 \text{ Kg} / \text{m}^3$ . A partir de esto se calcula la cantidad de Kilos de carbón con la que trabaja el filtro.

$$0.51 \text{ m}^3 \times 450 \text{ Kg} / \text{m}^3 = 229.5 \text{ Kg}$$

Como en la planta se va a cambiar el carbón cada 10 meses, el consumo de carbón por día es el siguiente:

$$\frac{229.5 \text{ Kg}}{10 \text{ meses}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} = 0.76 \text{ Kg} / \text{ día}$$

Con el costo del Kilogramo de carbón activado ( 2.5 dólares ), se calcula cuanto cuesta el suministro de carbón por cada metro cúbico de agua producido.

$$0.76 \text{ Kg} / \text{ día} \times 2.5 \text{ Dólares} / \text{ Kg} = 1.9 \text{ \$} / \text{ día}$$

$$( 1.9 \text{ \$} / \text{ día} ) / ( 200 \text{ m}^3 / \text{ día} ) = \mathbf{0.01 \text{ \$} / \text{ m}^3}$$

Con lo que se concluye que el costo del carbón activado es de 1 centavo por cada metro cúbico de agua producido.

- **Costo de arena.**

Se recomienda cambiar la arena de los filtros cada año, aunque también dependiendo del tipo de agua a tratar este tiempo puede ser menor o mayor.

El volumen medio de arena en el filtro es de  $0.34 \text{ m}^3$  y la densidad promedio de la arena es de  $2650 \text{ Kg} / \text{m}^3$ . A partir de esto se calcula la cantidad de Kilos de arena con la que trabaja el filtro.

$$0.34 \text{ m}^3 \times 2650 \text{ Kg} / \text{m}^3 = 901 \text{ Kg}$$

Como en la planta se va a cambiar la arena cada 12 meses, el consumo de arena por día es el siguiente:

$$\frac{901 \text{ Kg}}{12 \text{ meses}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} = 2.5 \text{ Kg} / \text{ día}$$

Con el costo del Kilogramo de arena (  $0.55 \text{ dólares}$  ), podemos calcular cuanto nos cuesta el suministro de arena por cada metro cúbico de agua producido.

$$2.5 \text{ Kg / día } \times 0.55 \text{ Dólares / Kg } = 1.37 \text{ \$ / día}$$

$$( 1.37 \text{ \$ / día } ) / ( 200 \text{ m}^3 / \text{ día } ) = \mathbf{0.0068 \text{ \$ / m}^3}$$

Con lo que se concluye que el costo de la arena es de 0.68 centavos por cada metro cúbico de agua producido.

- ***Costo de consumo de energía eléctrica***

Bomba de alimentación de filtros

La Bomba de alimentación de filtros es una bomba de 5 HP. A partir de esto se calcula el consumo de energía eléctrica por día.

$$5\text{HP} \times \frac{0.7355 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} = 3677.5 \frac{\text{J}}{\text{seg}} \times \frac{2.7778 \times 10^{-7} \text{ KW h}}{1 \text{ J}} \times \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}} =$$

$$3.677 \frac{\text{KW h}}{\text{h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = \mathbf{88.26 \frac{\text{KW h}}{\text{día}}}$$

Bomba de suministro

La bomba de suministro de agua sin tratar es una de 2 HP. Con esto se calcula el consumo de energía eléctrica por día.

$$2 \text{ HP} \times \frac{0.7355 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} = 1471 \frac{\text{J}}{\text{seg}} \times \frac{2.7778 \times 10^{-7} \text{ KW h}}{1 \text{ J}} \times \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}} =$$

$$1.471 \frac{\text{KW h}}{\text{h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = \mathbf{35.3 \frac{\text{KW h}}{\text{día}}}$$

Bombas dosificadoras

Las bombas dosificadoras son de 150 W cada una. A partir de esto se calcula el consumo de energía eléctrica por día.

$$300 \frac{\text{J}}{\text{seg}} \times \frac{2.7778 \times 10^{-7} \text{ KW h}}{1 \text{ J}} \times \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = \mathbf{7.2 \frac{\text{KW h}}{\text{día}}}$$

Reductor

La potencia del reductor es de 0.25 KW. De esto se saca el consumo de energía eléctrica por día.

$$250 \frac{\text{J}}{\text{seg}} \times \frac{2.7778 \times 10^{-7} \text{ KW h}}{1 \text{ J}} \times \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}} \times \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} = \mathbf{6 \frac{\text{KW h}}{\text{día}}}$$

### Iluminación

Para la iluminación se han considerado dos focos de 100 W. A partir de esto calcula el consumo de energía eléctrica por día. La iluminación va a trabajar solo por doce horas diarias.

$$\frac{200 \text{ J}}{\text{seg}} \times \frac{2.7778 \times 10^{-7} \text{ KW h}}{1 \text{ J}} \times \frac{3600 \text{ seg}}{1 \text{ h}} \times \frac{12 \text{ h}}{1 \text{ día}} = \frac{2.4 \text{ KW h}}{\text{día}}$$

El consumo total de energía eléctrica por día se lo calcula por medio de la sumatoria de todos los consumos anteriores.

$$\text{Consumo Total/ día} = 88.26 + 35.3 + 7.2 + 6 + 2.4 = 139.16 \text{ KW h / día}$$

El costo del KW h. es variable ya que si es de una zona Industrial cuesta aproximadamente 0.12 \$ / Kw h ( Tomado de planillas de la zona industrial de Durán ) y si es de una zona residencial el costo del Kw. h es aproximadamente de 0.08 \$. Tomando en cuenta que la planta va a ser instalada en una población y no en una zona industrial el costo del Kw. h va a ser aproximadamente 0.08 \$ / kw. h .

El costo del consumo de energía eléctrica por día es de:

$$0.08 \frac{\$}{\text{KW h}} \times 139.16 \frac{\text{KW h}}{\text{día}} = 11.13 \$ / \text{día}$$

El costo del consumo de energía eléctrica por metro cúbico de agua producida es de:

$$( 11.13 \$ / \text{día} ) / ( 200 \text{ m}^3 / \text{día} ) = \mathbf{0.055 \$ / m^3}$$

## MANO DE OBRA DE OPERACIÓN

Para la operación de la planta solo se necesita una persona por cada turno, ya que ha sido diseñada para una operación semiautomática.

Cada trabajador va a trabajar turnos de 8 horas, y como la planta va a trabajar 24 horas al día, se va a necesitar tres turnos de trabajo.

Según la tabla sectorial, el salario mínimo mensual por operador es de \$ 137.92 incluidos beneficios sociales, a esto se debe sumar los valores correspondientes al 13ero y 14to sueldos, y los valores

obtenidos por el sobre tiempo de los sábados y domingos, los cuales se asume un pago doble. A partir de esto se calcula los egresos correspondientes a mano de obra de operación anual por operador, que ha de trabajar en turnos rotativos.

$$\begin{aligned}
 \text{Anual} &= (\text{Básico} + \text{Beneficios}) \times 12 + 13^{\text{er}} + 14^{\text{to}} + (\text{diario} \times 4 \times 52) \\
 &= (\$137.92 \times 12) + \$121.92 + \$121.92 + (\$5.58 \times 4 \times 52) \\
 &= \$ 3059.52
 \end{aligned}$$

Este valor anual por tres operadores es de \$ 9178.56 que da egresos mensuales de \$ 764.88.

El costo total de mano de obra por metro cúbico de agua producido es de:

$$(764.88 \text{ \$/mes} \times 1 \text{ mes}/30 \text{ días}) / (200 \text{ m}^3/\text{día}) = 0.13 \text{ \$/m}^3.$$

Luego que se tiene todos los costos por cada rubro hacemos la sumatoria para calcular cual es el costo total de la operación de la planta.

Poli cloruro de aluminio	0.05	\$ / m <sup>3</sup>
Cloro	0.0075	\$ / m <sup>3</sup>
Carbón activado	0.01	\$ / m <sup>3</sup>
Arena	0.0068	\$ / m <sup>3</sup>
Energía Eléctrica	0.055	\$ / m <sup>3</sup>
Operadores	0.13	\$ / m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>0.26</b>	<b>\$ / m<sup>3</sup></b>

Con esto se puede concluir que el costo de operación de la planta potabilizadora es de 0.26 \$ / m<sup>3</sup>.

### - Determinación de costos Administrativos

Se ha considerado la contratación de dos personas que cumplan las funciones de guardianía, cada una con un turno de 12 horas.

Los cálculos se los hace similar al anterior más las horas extras por cumplir una jornada de trabajo de 12 horas.

$$\begin{aligned}
 \text{Anual} &= (\text{Salario}) \times 12 + 13\text{er} + 14\text{to} + (\text{diario} \times 4 \times 52) + (\text{sobre.} \times 5 \times 52) \\
 &= (\$137.92 \times 12) + \$121.92 + \$121.92 + (\$8.38 \times 4 \times 52) + (\$2.79 \times 5 \times 52) \\
 &= \$ 4367.32
 \end{aligned}$$

A partir de esto por los dos guardias se tiene un egreso mensual de \$ 727.88.

Transformando este costo por metro cúbico de agua producida se obtiene:

$$( 727.88 \text{ \$/mes} \times 1 \text{ mes} / 30 \text{ días} ) / ( 200 \text{ m}^3 / \text{día} ) = \mathbf{0.12 \text{ \$ / m}^3}$$

También se ha considerado al administrador de la planta, quien percibirá un sueldo mensual de 400 dólares, esta persona podría facturar por sus servicios profesionales, a partir de esto se obtiene que el costo del administrador por metro cúbico de agua producida es:

$$( 400 \text{ \$/mes} \times 1 \text{ mes} / 30 \text{ días} ) / ( 200 \text{ m}^3 / \text{día} ) = \mathbf{0.06 \text{ \$ / m}^3}$$

Haciendo la sumatoria de costos administrativos se obtiene:

Guardiana	0.12	\$ / m <sup>3</sup>
Administrador	0.06	\$ / m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>0.18</b>	<b>\$ / m<sup>3</sup></b>

## - Determinación de la depreciación

Para el cálculo de la depreciación, tomamos como tiempo de vida útil de la planta 15 años y se asume una depreciación lineal con un valor residual del 10%:

$$\begin{aligned} \text{Depreciación anual} &= (\text{Valor de la planta} - \text{Residual} / \text{años de vida útil}) \\ &= (\$ 17303.93 - 1730.39) / 15 = \mathbf{\$ 1038.23} \end{aligned}$$

Calculando la depreciación por metro cúbico:

$$\begin{aligned} & (1038.23 \text{ \$/año} \times 1 \text{ año} / 12 \text{ mes} \times 1 \text{ mes} / 30 \text{ días}) / (200 \text{ m}^3 / \text{ día}) \\ &= \mathbf{0.01 \text{ \$ / m}^3} \end{aligned}$$

## - Determinación del mantenimiento

Para calcular el costo por mantenimiento se estima el 3% anual del valor de la maquina, este porcentaje se lo asume constante para cuestión de cálculos.

$$\begin{aligned} \text{Mantenimiento anual} &= (\text{Valor de la planta} \times 3\%) \\ &= (\$ 17303.93 \times 0.03) = \mathbf{519.11 \text{ \$/año}} \end{aligned}$$

El mantenimiento por metro cúbico es el siguiente:

$$519.11 \text{ \$/año} \times 1\text{año}/360 \text{ días} / 20 \text{ m}^3/\text{día} = 0.0072 \text{ \$/m}^3$$

Para obtener el costo total real de producción de metro cúbico de agua, sumamos los valores obtenidos anteriormente:

OPERACIÓN	0.26	\\$ / m <sup>3</sup>
ADMINISTRACIÓN	0.18	\\$ / m <sup>3</sup>
DEPRECIACIÓN	0.01	\\$ / m <sup>3</sup>
MANTENIMIENTO	0.007	\\$/m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>0.46</b>	<b>\\$ / m<sup>3</sup></b>

A partir de este se busca obtener un margen de ganancia del 30%, lo que representa un precio de venta de 0.6 \\$/m<sup>3</sup>.

Para demostrar la rentabilidad del proyecto se realiza un flujo de caja a 15 años, para esto se asume que se empieza a vender desde 160 m<sup>3</sup>/día el primer año y luego va aumentando 5 m<sup>3</sup>/día cada año, hasta completar la totalidad de la capacidad de la máquina que es de 200 m<sup>3</sup>/día. Este proyecto se lo ha enfocado de dos formas, una es con capital propio, y la otra es haciendo un préstamo.

Para realizar el flujo de caja el precio de venta del metro cúbico de agua es 0.6 \$/m<sup>3</sup> , y el costo de producción es de 0.46 \$/m<sup>3</sup>. Se agrega una inversión inicial de capital de trabajo de \$ 3000.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PRODUCCION ( m3/día)	160	165	170	175	180	185	190	195	200	200	200	200	200	200	200	200
Valor diario	166	0.46														
Valor venta	216	0.60														
CALCULO IMPUESTOS																
INGRESOS OPERACIÓN	34.560	35.640	36.720	37.800	38.880	39.960	41.040	42.120	43.200	43.200	43.200	43.200	43.200	43.200	43.200	43.200
COSTOS OPERACIÓN	-26.496	-27.324	-28.152	-28.980	-29.808	-30.636	-31.464	-32.292	-33.120	-33.120	-33.120	-33.120	-33.120	-33.120	-33.120	-33.120
DEPRECIACION	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038	-1.038
VENTA ACTIVO																1.730
LITLIDAD ANTES IMPUESTO	7.026	7.278	7.530	7.782	8.034	8.286	8.538	8.790	9.042	9.042	9.042	9.042	9.042	9.042	9.042	10.772
IMPUESTO	0,10	703	728	753	778	803	829	854	879	904	904	904	904	904	904	1.077
COSTO EQUIPO	-17.304															
INVERSION EN CAPITAL	-3.000															
INGRESOS DE OPERACIÓN	34.560	35.640	36.720	37.800	38.880	39.960	41.040	42.120	43.200	43.200	43.200	43.200	43.200	43.200	43.200	43.200
COSTO DE OPERACIÓN	-26.496	-27.324	-28.152	-28.980	-29.808	-30.636	-31.464	-32.292	-33.120	-33.120	-33.120	-33.120	-33.120	-33.120	-33.120	-33.120
VENTA DE ACTIVO																1.730
RECUPERACIÓN DE CAPITAL																3.000
IMPUESTO	-703	-728	-753	-778	-803	-829	-854	-879	-904	-904	-904	-904	-904	-904	-904	-1.077
PRÉSTAMO																
FLUJO DE CAJA	-20.304	7.361	7.588	7.815	8.042	8.269	8.495	8.722	8.949	9.176	9.176	9.176	9.176	9.176	9.176	13.733
TASA DE DESCUENTO	12	1,12	1,13	1,27	1,42	1,59	1,78	2,00	2,24	2,50	2,80	3,14	3,52	3,94	4,41	4,94
VAN	-20.304	6.573	6.700	6.161	5.661	5.197	4.767	4.370	4.003	3.665	3.272	2.922	2.609	2.329	2.080	2.779
VAN	42.783															
DETERMINACION DE LA TIR																
FLUJO DE CAJA	-20.304	7.361	7.588	7.815	8.042	8.269	8.495	8.722	8.949	9.176	9.176	9.176	9.176	9.176	9.176	13.733
TIR	38,66	1,39	1,92	2,67	3,70	5,13	7,11	9,86	13,66	18,95	26,27	36,43	50,51	70,04	97,12	134,67
VAN	-20.304	5.309	3.947	2.931	2.175	1.613	1.195	885	655	484	349	252	182	131	94	102
VAN	2															

TABLA 12  
FLUJO DE CAJA SIN PRESTAMO INICIAL

En la tabla 12 podemos apreciar el flujo de caja proyectado a 15 años. Con los valores obtenidos se aplicó los dos criterios más utilizados en el análisis de factibilidad financiera: la Tasa interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

La TIR obtenida es 38.66 que es mayor a la tasa de descuento, por otro lado el VAN es 2, cumpliendo la condición de ser mayor o igual a cero. Por consiguiente se demuestra que el proyecto es económicamente atractivo.

En el caso de que se realice el préstamo, se va a calcular la amortización en un periodo de 5 años, con una tasa de interés del 17%

AÑO	DEUDA	INTERESES	AMORTIZACION	CAPITAL	17303,93
1	17.303,93	2.941,67	5.408,58	2.466,92	14.837,01
2	14.837,01	2.522,29	5.408,58	2.886,29	11.950,72
3	11.950,72	2.031,62	5.408,58	3.376,96	8.573,76
4	8.573,76	1.457,54	5.408,58	3.951,04	4.622,72
5	4.622,72	785,86	5.408,58	4.622,72	0,00

**TABLA 13**  
**CALCULO DE AMORTIZACIÓN**



AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PRODUCCION ( m3/día)	160	165	170	175	180	185	190	195	200	200	200	200	200	200	200	200
Valor diario	166	0.46														
Valor venta	216	0.60														
CALCULO IMPUESTOS																
INGRESOS OPERACIÓN	34,560	35,640	36,720	37,800	38,880	39,960	41,040	42,120	43,200	43,200	43,200	43,200	43,200	43,200	43,200	43,200
COSTOS OPERACIÓN	-26,496	-27,324	-28,152	-28,980	-29,808	-30,636	-31,464	-32,292	-33,120	-33,120	-33,120	-33,120	-33,120	-33,120	-33,120	-33,120
DEPRECIACION	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038	-1,038
VENTA ACTIVO																1,730
INTERESES DE PRÉSTAMO	-2,942	-2,522	-2,032	-1,458	-786											
UTILIDAD ANTES IMPUESTO	4,084	4,755	5,438	6,324	7,248	8,286	8,538	8,790	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	9,042	10,772
IMPUESTO	0,10	408	476	550	632	725	829	854	879	904	904	904	904	904	904	1,077
COSTO EQUIPO	-17,304															
INVERSIÓN EN CAPITAL	-3,000															
INGRESOS DE OPERACIÓN	34,560	35,640	36,720	37,800	38,880	39,960	41,040	42,120	43,200	43,200	43,200	43,200	43,200	43,200	43,200	43,200
COSTO DE OPERACIÓN	-26,496	-27,324	-28,152	-28,980	-29,808	-30,636	-31,464	-32,292	-33,120	-33,120	-33,120	-33,120	-33,120	-33,120	-33,120	-33,120
VENTA DE ACTIVO																1,730
RECUPERACIÓN DE CAPITAL																3,000
IMPUESTO	-408	-476	-550	-632	-725	-829	-854	-879	-904	-904	-904	-904	-904	-904	-904	-1,077
PRÉSTAMO	-5,409	-5,409	-5,409	-5,409	-5,409											
FLUJO DE CAJA	2,247	2,432	2,610	2,779	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939
TASA DE DESCUENTO	12	1,12	1,13	1,27	1,42	1,59	1,78	2,00	2,24	2,50	2,80	3,14	3,52	3,94	4,41	4,94
VAN	-3,000	2,006	2,147	2,057	1,956	1,847	1,767	1,699	1,643	1,596	1,557	1,524	1,496	1,472	1,451	1,433
VAN	39,809															
DETERMINACION DE LA TIR																
FLUJO DE CAJA	-3,000	2,247	2,432	2,610	2,779	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939	2,939
TIR	89,03	1,89	3,57	6,75	12,77	24,14	45,62	86,24	163,02	308,16	582,52	1,101,13	2,081,46	3,934,59	7,437,56	14,059,21
VAN	-3,000	1,189	681	386	218	122	186	101	55	30	16	8	4	2	1	1
VAN	0															

TABLA 14  
FLUJO DE CAJA CON PRESTAMO INICIAL

Con los valores de este flujo obtenemos una TIR de 89.03 y un VAN de 0, ambos criterios cumplen con las condiciones para que el proyecto sea factible.

Podemos apreciar que en ambos casos, con o sin financiamiento inicial, la planta es rentable, no obstante el bajo precio de venta que se le da al agua potable. Estos costos pueden bajar en caso de que la planta sea instalada en el interior de una empresa, donde los costos administrativos serían cero.



CIB-ESPOL

# CAPITULO 4

## 4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

### 4.1 Determinación de dosis óptima de coagulante

Una vez que se ha construido la planta se debe determinar la dosis óptima de coagulante, que permita la formación de un flóculo pesado y compacto. Para esto se debe realizar la prueba de jarras la cual fue explicada en el primer capítulo.

Utilizando el equipo de jarras se determinó la variación de la calidad de agua en función de la dosis de coagulante, para diferentes tipos de coagulante, el agua tomada para esta prueba es del Río Babahoyo a la altura de la población de Samborondón

La mezcla se la realizó durante dos minutos a una velocidad de 150 RPM; para permitir la formación y crecimiento del flóculo se realizó la mezcla durante tres minutos a 50 RPM y para la sedimentación, la muestra fue tomada después de 5 minutos.



CIB-ESPOL

De esta prueba se determinó que el coagulante mas apropiado era el PRP 8000 ( Poli cloruro de Aluminio ) ya que los resultados obtenidos de Color, Turbiedad, Sólidos suspendidos y PH fueron mejores que los obtenidos con el sulfato de aluminio.

De la misma también se encontró que la dosificación óptima es de 40 ppm, con la cual el agua clarifica en forma normal formando un flóculo grande y pesado.



CIB-ESPOL

PARÁMETROS	UNIDAD	MUESTRA	REQUERIDA
Ph	U de PH	7.71	6.5 a 7.5
Conductividad	Ohm/ cm	70	< 80
Sólidos Disueltos	mg/lt	231	< 500
Sólidos suspendidos	mg/lt	480	10
Color	U de Pt Co	98	30
Turbiedad	NTU	28	<20
Alcalinidad M	mg/lt	58.8	<30
Dureza Total	mg/lt	70	<100
Dureza Cálctica	mg/lt	49	<100
Cloruros	mg/lt	15	<25
Sulfatos	mg/lt	10	<25
Nitritos	mg/lt	0.08	<3
Calcio	mg/lt	71	<100
Magnesio	mg/lt	21	<30



CIB



ESPOL

**TABLA 15**  
**Calidad del agua cruda y tratada**

En la tabla 12 se encuentran cuantificados los diversos parámetros de medición de calidad del agua, en la cual se muestran los valores de la muestra y los requerimientos de calidad necesarios para agua para consumo humano.



CIB-ESPOL

## 4.2 Operación de la planta

La planta potabilizadora de agua tiene una capacidad instalada de 200 m<sup>3</sup>/día y consta de todos los elementos para una operación instantánea según el lugar en el que se requiera agua para consumo humano.

La planta esta dividida en las siguientes etapas:

- 1.- Bombeo desde cisterna y hacia los filtros
- 2.- Clorinación y Coagulación
- 3.- Floculación y sedimentación
- 4.- Filtración

A continuación se describe la operación de cada uno de los procesos que intervienen en la potabilización con sus respectivo equipos.

## 1.- Bombeo desde cisterna y hacia los filtros:

Para la captación desde el río se debe tener en consideración el nivel del mismo, ya que no se puede tomar el agua cuando los niveles estén muy bajos debido a que se captaría una gran cantidad de sedimentos, y en el caso de que el río en el que se vaya a instalar la planta pase la mayor cantidad del tiempo con niveles bajos, se recomienda la construcción de una cisterna de captación la cual sirve para producir una pre-sedimentación del agua.

La bomba de captación desde la cisterna puede ser accionada manualmente o accionada por un control de nivel instalado al final del tanque de sedimentación donde se encuentra un pequeño tanque de almacenamiento para alimentar los filtros. Siempre que exista nivel de agua en la cisterna para poder operar.

Las características de la bomba de captación de agua desde la cisterna son las siguientes:

**BOMBA 1 (Captación desde cisterna)**

**Bomba:** Marca Goulds Pump, Modelo GT20, 35 GPM, 37.5 metros de descarga o 53.3 psi.

**Motor:** 3500 RPM, 1 fase, 220 Voltios, de 2 HP.

Las características de la bomba de alimentación de los filtros son las siguientes:

BOMBA 2 ( Alimentación de filtros )

Bomba: Berkeley, Modelo B1 WPS, 8.33 m<sup>3</sup>/h, 55 metros de cabezal de descarga, impeler de bronce de 16.99 cm.

Motor: Maratón Electric 3600 RPM, Monofásico, 220 5 HP

La bomba de alimentación de los filtros puede ser accionada manualmente, accionada por un control de nivel instalado al final del tanque de sedimentación donde se encuentra un pequeño tanque de almacenamiento para alimentar a los filtros o por un switch de presión instalado en el filtro de arena, el cual nos va a indicar un aumento de presión en ellos, lo que indica que hay que realizar el retro lavado del filtro de arena.

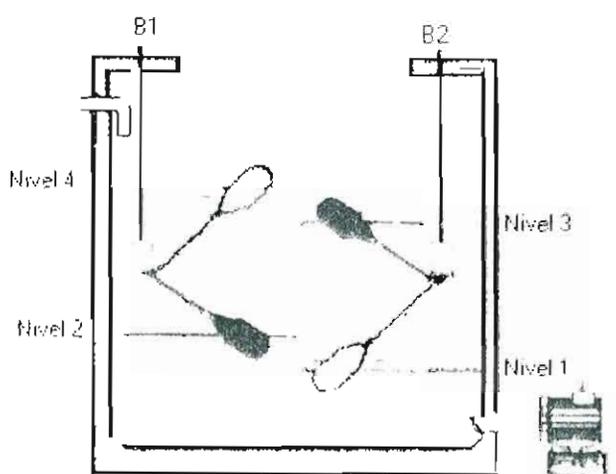
Los medidores de nivel seleccionados son de la marca MAC3 modelo M15-3 y están homologados según las normas CEI EN 60730.

El dispositivo es acoplado a una bomba a través de un cable flexible, que le permite regular el nivel del líquido en el que se lo sumerge.

El regulador está constituido por una envoltura flotadora totalmente hermética en cuyo interior esta alojado un micro interruptor conectado al cable flexible. La posición asumida por el flotador, dependiendo del nivel del líquido, determina la conmutación del micro interruptor, comandando el accionamiento de la bomba.

Para un correcto funcionamiento del dispositivo, hay que fijar el cable eléctrico dentro del tanque o del pozo, la longitud de tramo de cable comprendido entre el punto de fijación del mismo y el cuerpo del regulador, determina el recorrido total del flotador y, por lo tanto la distancia entre el nivel de detención y de arranque de la bomba.

El regulador puede ser utilizado para el llenado o para el vaciamiento, en función de las conexiones entre los terminales del micro interruptor y el cableo.



**FIGURA 37**  
Funcionamiento de switch de nivel

Antes de operar la planta se debe proceder a cebar las bombas, para esto hay que sacar el tapón de la carcasa y llenar con agua hasta que se rebose. Luego de esto se enciende la bomba para eliminar el aire que puede encontrarse en la tubería mientras se sigue cebando. Se repite esta operación hasta que la bomba entre en operación estable y colocar el tapón. Hay que asegurarse que la Válvula 2 y la Válvula 6 se encuentren abiertas.

Al encender la planta se enciende manualmente la Bomba 1 y la Bomba 2, pero esta segunda no trabaja debido a que el nivel al que se encontraría el flotador, el cual es inferior al Nivel 1, no permitiría que ésta se encienda, debido a que las conexiones del terminal del micro interruptor y la bomba han sido para que esta funcione para vaciado.

Si después de 15 segundos de encendidas las bombas no sale agua por la tubería de descarga, hay que verificar que las bombas estén cebadas, y verificar que no haya ninguna obstrucción en la Válvula checke 1 de la succión debido a algún tipo de basura.

Una vez que el nivel del agua llega al nivel 3, se enciende la Bomba 2 que alimenta los filtros, este es un nivel que idealmente debería de

mantenerse, pero debido a la saturación de los filtros, este nivel tiende a aumentar.

Al saturarse los filtros, la presión aumenta en éstos y es en este momento cuando hay que hacerles un retro lavado. Es por esto que en el filtro de arena se instala un switch de presión de la Marca Square D ,Tipo F, clase 9013, diseñado para el control de los motores eléctricos de las bombas; este switch de presión apaga la bomba al llegar a 100 Psi.

Una vez que se apaga la Bomba 2, el nivel del agua sigue aumentando, pero inmediatamente ésta llega al Nivel 4 y la Bomba 1 se apaga, manteniéndose el nivel en la cota máxima.

Al tener las dos bombas apagadas se hacen los cambios en los filtros para poder realizar el retro lavado, el cual se lo explica en la operación de los filtros. Una vez realizada esta operación de cambiar la entrada a los filtros, se enciende manualmente la Bomba 2 para proceder con el lavado de los filtros. En el caso del lavado del filtro de carbón, el agua es tomada de este reservorio, debido a esto el nivel empieza a disminuir hasta que llega al Nivel 2 donde se enciende la Bomba 1 nuevamente.

Luego de que se ha realizado el lavado de los filtros, se apaga manualmente la Bomba 2 y se hacen los cambios en la entrada de los filtros, para que vuelvan a trabajar normalmente. Durante este tiempo la Bomba 1 permanece prendida aumentando el nivel en el reservorio hasta que llega al Nivel 3 donde se enciende la Bomba 2 automáticamente y se empieza nuevamente con el ciclo de filtración normal.

En el caso de que el nivel ascienda por alguna otra razón, la Bomba 1 que es la de suministro de agua, se apagaría al llegar al Nivel 4, con lo que tendríamos tiempo para solucionar el problema ya que la Bomba 2 seguiría funcionando hasta que el flotador llegue al Nivel 1 con lo que se apagaría inmediatamente.

## **2.- Clorinación y coagulación**

Para esto se ha provisto de dos bombas dosificadoras una para policloruro de aluminio y otra para cloro.

Marca: Walchem Iwaki

Modelo: EZ-B20-N1-VC

Capacidad: 1.5 GPH

Voltaje: 115 V a 60 Hz

Cada una de estos dosificadores está provisto de un tanque de almacenamiento de químicos, los cuales son de alimentación independiente, de los cuales el operador debe encargarse de llenarlos antes de empezar a operar la planta y revisarlos periódicamente para reponer su nivel y evitar que se formen vórtices en la succión.

Según la cantidad de coagulante que se necesita, hay que mantener el control de velocidad al 100% para dosificar los 1.5 GPH de policloruro de aluminio. Según el tipo de agua se debe de variar de 0% al 100% el control de velocidad para dosificar el cloro.

El operador debe introducir la tubería de succión dentro de una tubería rígida de PVC para evitar que se forme algún nudo, y colocar una válvula anti retorno en la succión.

Para poner en funcionamiento la bomba, el operador debe proceder de la siguiente manera: prender la bomba manualmente desde el tablero. Con la bomba prendida, se coloca la frecuencia de la carrera al 100% y la válvula de venteo de debe de abrir la mitad. Luego de esto el líquido debe de empezar a entrar a la tubería de succión y a la cámara de la bomba. Cuando el líquido empieza a fluir por la

tubería de escape de aire, se cierra la salida de aire y se permite que pueda empezar a bombear por la tubería de inyección.

Para el encendido y apagado automático de las bombas se ha provisto de unos medidores de flujo de las siguientes características:

Marca: Mc Donnell & Miller

Modelo: FS4-3

Máxima presión del líquido: 150 psi

Rango de temperatura del líquido: 0 - 149°C

Rango de temperatura ambiente: 0 - 49°C

Máxima velocidad: 10 pies/seg

Diámetro de conector a tubo: 1" NPT

El operador debe conectar este medidor de flujo en la tubería de entrada al floculador que es donde están instalados los inyectores de policloruro de aluminio y de cloro, y asegurarse que la flecha de sentido de flujo en el switch coincida con el flujo de agua en la tubería.

El switch debe de ir instalado en una T de 2 1/2" y la tubería debe de estar en sentido horizontal, la cual debe estar ubicada en un lugar

que no tenga ningún accesorio instalado 5 veces el diámetro antes y después.

Al encender la bomba de alimentación de la planta Bomba 1, este flujo acciona el switch y hace que se encienda automáticamente la bomba dosificadora cuando este flujo asciende 92 lpm y la desconecta al descender el flujo de esta cantidad.

Dimensions. in. (mm)

A	B	C	D	E	F	G
3.1791	1.1138	2.2224	2.1495	5.01211	2.1495	3.1791
H	J	K	L	M	N	
1.1138	1.1138	1.1138	1.1138	2.1495	1.1138	

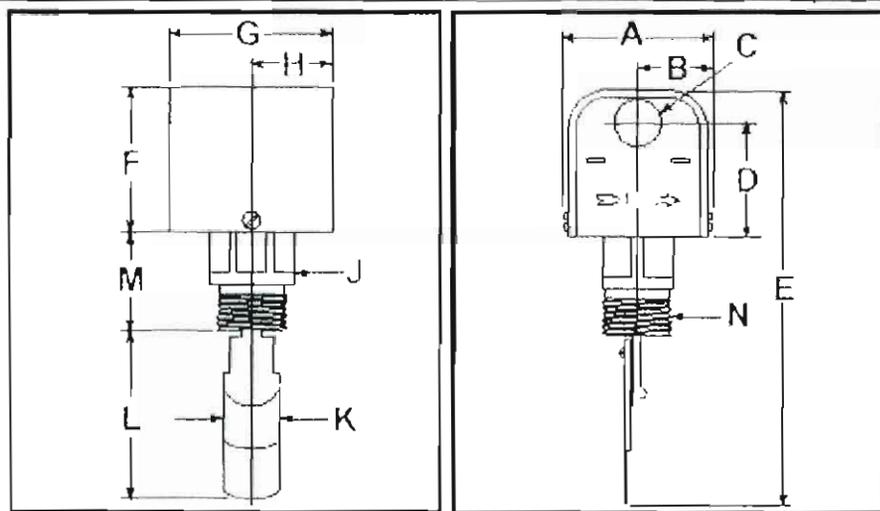


FIGURA 38  
Descripción del Switch de flujo



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL



CIB-ESPOL

### 3.- Floculación y sedimentación

La primera etapa en este tanque es la de floculación en la cual se produce una mezcla lenta por medio de un moto reductor S47DT71D6, el cual se lo acciona manualmente cuando la bomba de captación de la laguna entra en funcionamiento. Si se requiere apagar el moto reductor para mantenimiento se coloca el selector en el tablero principal en posición de apagado.

En la segunda etapa del tanque se produce la sedimentación, debido a esto los sólidos se precipitan al fondo. Para mantener al máximo de capacidad al sistema de floculación y sedimentación se debe de purgar las tolvas cada 8 horas. Para purgar las tolvas se debe de proceder de la siguiente manera:

- 1.- Apagar la bomba de captación del río poniendo el selector del tablero principal en posición de apagado.
- 2.- Apagar la bomba que alimenta a los filtros colocando el selector del tablero en posición de apagado.
- 3.- Abrir la válvula 3 mientras salga agua con lodo, luego de esto se la cierra.

4.- Proceder de la misma manera con las válvulas 4, 5 y 21.

5.- Para volver a poner en funcionamiento la planta, se enciende nuevamente la bomba de captación del río y la bomba de alimentación de los filtros.

#### **4.- Filtración**

La bomba de alimentación de los filtros arranca automáticamente cuando el nivel del tanque de floculación y sedimentación llega al nivel 3 y se apaga automáticamente cuando este llega al Nivel 1 o en su defecto cuando el presostato que se encuentra instalado en el filtro de arena llega a 100 psi.

Para operar el filtro de arena se debe de proceder de la siguiente manera:

1.- Asegurarse que las válvulas N° 6 y N°7 se encuentren abiertas.

2.- Cerrar las válvulas N° 9 y la N° 11

3.- Abrir las válvulas N° 8 y la N° 10

Con esto se completa el ciclo de filtrado por arena, pero los filtros deben ser limpiados por retro lavado cada vez que la presión se incrementa o por lo menos cada 8 horas de trabajo. Para retro lavar el filtro se hace circular el agua sedimentada y filtrada que se encuentra en un pequeño reservorio, en sentido ascendente. Una vez que se apaga la bomba de alimentación a los filtros, se debe proceder de la siguiente manera:

- 1.- Cerrar las válvulas N° 6, N° 17, N° 8 y N° 10
- 2.- Abrir las válvulas N° 16, N° 7, N° 9 y N° 11
- 3.- Encender manualmente la Bomba N°2.
- 4.- Luego de realizar el retro lavado se debe de apagar la Bomba N° 2
- 5.- Cerrar las válvulas N° 16, N° 9 y N° 11
- 6.- Abrir las válvulas N° 6, N° 8, N° 17 y N° 10

7.- Encender manualmente la Bomba N° 2 para empezar nuevamente con el ciclo de filtrado.

Una vez que el agua atraviesa el filtro de arena pasa a la filtración por carbón activado, para operar este filtro se debe proceder de la siguiente manera:

1.- Abrir las válvulas N° 12 ,N° 14, N° 18 y N° 20

2.- Cerrar las válvulas N° 13 , N° 15 y la N° 19

Periódicamente, cuando la presión de trabajo aumente, se debe realizar un retro lavado para eliminar las partículas finas del sistema que obstruyen el paso del agua restando la eficiencia del sistema y, al mismo tiempo eliminar cualquier posible impureza que se encuentre dentro de los filtros.

Para realizar el retro lavado hay que tomar el agua que viene del filtro de arena, para realizarlo se debe proceder de la manera descrita a continuación a más de los pasos para operar normalmente el filtro de arena.

- 1.- Apagar manualmente la bomba de alimentación de los filtros.
- 2.- Abrir las válvulas N° 18, N° 13, N°15 y N° 20
- 3.- Cerrar las válvulas N° 12 , N° 14 y la N° 19
- 4.- Prender la Bomba 2 manualmente para realizar el retro lavado.
- 5.- Una vez que se a realizado el retro lavado, se apaga la Bomba 2 manualmente.
- 6.- Cerrar las válvulas N° 13, N° 15 y N° 19
- 7.- Abrir las válvulas N° 12 y la N° 14
- 8.- Encender manualmente la Bomba 2 para empezar nuevamente con el ciclo normal de filtración.

Se recomienda cada dos semanas realizar una esterilización del interior del filtro de carbón, utilizando agua caliente a 80 C o directamente vapor. Si se utiliza agua caliente se la debe hacer circular por 10 minutos, para prevenir cualquier formación de

microorganismos y para activar el carbón. Esta activación y esterilización del carbón se la puede realizar una vez que se le ha terminado el retro lavado y con el filtro operando de manera normal ( descendente ).

Para activar y esterilizar el filtro de carbón se debe operar de la siguiente manera:

- 1.- Abrir las válvulas N° 19, N° 13, N° 12 y N° 15
- 2.- Cerrar las válvulas N° 18, N° 14 y N°20.
- 3.- Inyectarle el vapor de agua o agua caliente.
- 4.- Cerrar las válvulas N° 19, N°13 y N° 15.
- 5.- Abrir las válvulas N° 18, N°14, N° 20 y N° 12.
- 6.- Encender manualmente la Bomba 2 para continuar con el ciclo.

## 4.3 Mantenimiento de la Planta

### Mantenimiento de bombas centrífugas

Un buen mantenimiento del sistema de bombeo extiende la vida útil de la bomba y hace que requiera menos reparaciones. Esto quiere decir que se va a tener menos tiempo muerto por reparaciones, lo cual puede ser crítico cuando se necesita una entrega constante de fluido.

Un mantenimiento de rutina o una inspección debe ser realizada semanalmente, trimestralmente y anualmente, y se deben tener registros de estas acciones.

Cuando se va a operar por primera vez una bomba, se debe aflojar y volver a apretar con los dedos, las tuercas de la caja del empaque de la bomba, se debe permitir que gotee por un momento por el empaque, luego de esto se debe de apretar cada tuerca de la caja del empaque hasta que el goteo quede entre 40 a 60 gotas por minuto.

**Mantenimiento Semanal:**

Una vez que la bomba y la planta están operando de una manera estable, se debe verificar que la bomba esté operando apropiadamente, para esto se debe observar lo siguiente:

- **Vibración:** Toda máquina rotatoria puede estar sometida a algún tipo de vibración, pero así mismo la vibración excesiva reduce la vida útil de la unidad. Si la vibración parece excesiva, se debe parar la operación de la bomba para determinar la causa de la vibración y corregirla.
- **Ruido:** Cuando la Bomba esta operando bajo carga, se debe escuchar la bomba de cerca para comprobar si hay sonidos inusuales, lo cual podría indicar que la unidad no está trabajando bien. Si es así hay que determinar la causa y corregirla.
- **Temperatura de operación:** Durante la operación, calor es disipado por la bomba y el motor. Después de un corto período de tiempo, la superficie de la bomba se calienta aproximadamente a 150 ° F, lo cual es normal. Pero si la temperatura de la coraza de la bomba o del motor es excesiva, se debe parar la operación, para

determinar la causa del aumento de temperatura y a su vez corregirla. Los rodamientos al trabajar se calientan después de un corto periodo, pero una vez que estos rodamientos se calienten excesivamente tienen que ser reemplazados. La bomba es refrigerada con el flujo de agua, y normalmente va a estar a la temperatura del agua que bombea.

- **Sello mecánico:** Se debe observar que éste se encuentre libre de goteo.

***Mantenimiento cada tres meses:***

- Se debe de revisar todo el sistema de tuberías en las conexiones por posibles goteos o desalineamientos. El desalineamiento en las conexiones de las tuberías hace que se produzca una carga en los elementos internos de la bomba o del motor lo cual puede producir daños. Si se cree que se encuentra cargada la carcasa de la bomba se debe ajustar los soportes de la tubería. Para chequear si el desalineamiento está en la brida de unión de la tubería a la bomba, se debe fijar la bomba y sacar los pernos de la brida de unión de la tubería a la bomba para ver si hay un movimiento de ésta, lo cual indica que esta tubería se encontraba cargada.

- Se debe chequear los anclajes de la bomba para ver si todos los pernos de anclaje de la bomba están seguros.
- Completar cualquier lubricación que necesite el motor de la bomba.
- Revisar los empaques y los sellos mecánicos para ver si hay que reemplazarlos. Examinar la camisa del eje, si se encuentra algún problema en éste se lo debe reemplazar.
- Revisar los rodamientos de la bomba y del motor, para ver si tiene alguna señal por el uso.

***Mantenimiento Anual:***

- Inspeccionar toda la bomba y el sistema de bombeo para ver si tiene alguna señal por el uso.
- Inspeccionar las válvulas del sistema, las protecciones, etc.
- Revisar las bobinas del motor eléctrico para ver si hay alguna degradación, y rebobinarla si es necesario.

- Chequear el impeler de la bomba.

### Cambio de anillo de empaque

- Aflojar el perno sosteniendo la caja del empaque en su lugar y deslizar hacia atrás para que quede a la vista el anillo de empaque.

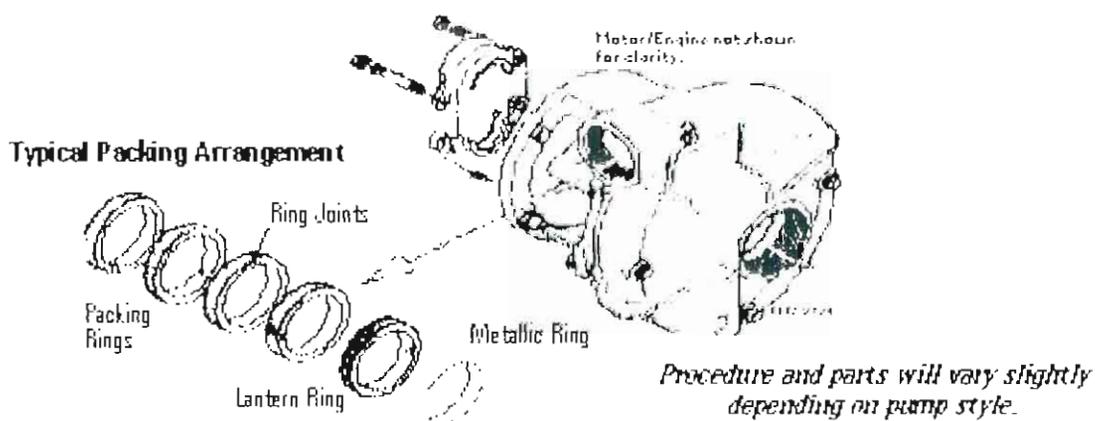


**FIGURA 39**  
Cambio del anillo de empaque

- Remover el anillo empaque de la carcasa usando dos ganchos comerciales para empaques
- Deslizar hacia atrás el anillo linterna para exponer cualquier anillo restante, incluyendo los metálicos. Para removerlos se debe de proceder de la misma manera

## Instalar nuevos anillos de empaque

- Limpiar la manga del eje y la caja del empaque.
- Inspeccionar la manga del eje y cambiarla si es necesario.
- Instalar los nuevos anillos de empaque en la carcasa colocándolos sobre la manga del eje y empujándolos lo más lejos posible.



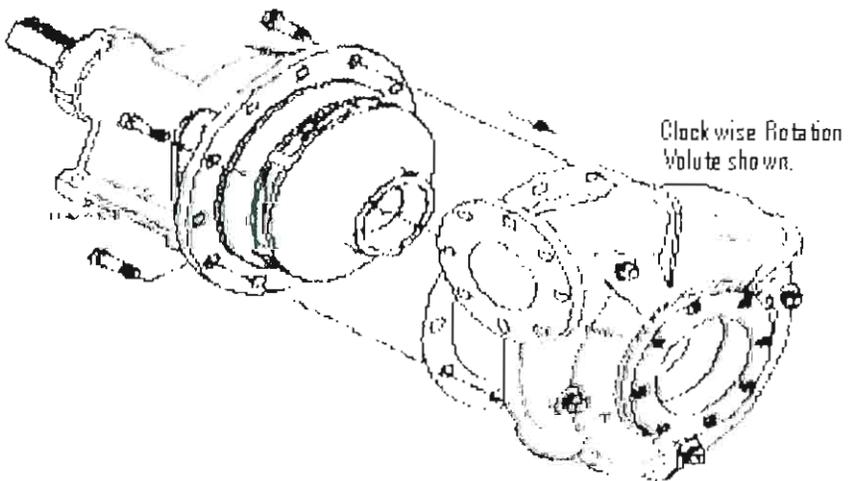
**FIGURA 40**  
**Instalación de nuevos anillos de empaque**

- Se debe rotar las juntas de los anillos 90 grados cuando se instala cada anillo.
- Colocar la caja de empaque en posición, luego suavemente apretar los pernos para forzar a los anillos mas hacia adentro de una manera controlada. Aflojar nuevamente las tuercas con la mano.

- Llenar de agua la bomba y dejar gotear libremente el agua por el empaque.
- Apretar las tuercas hasta que el goteo se reduzca entre 40 y 60 gotas por minuto.

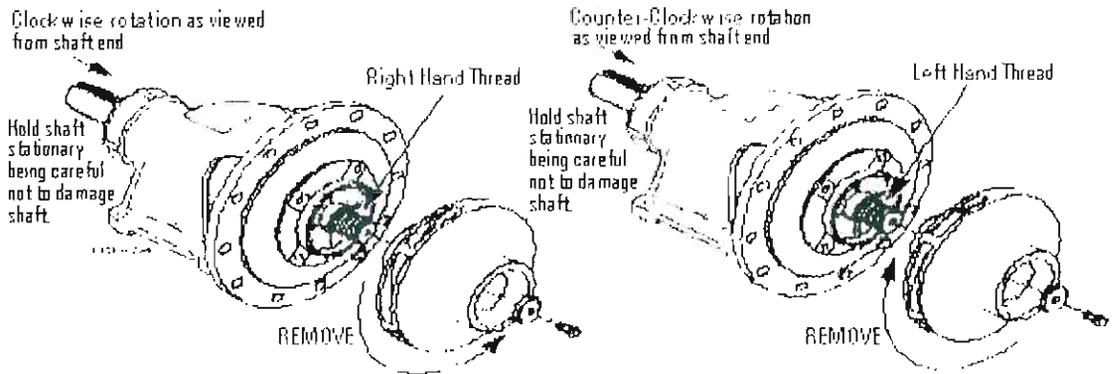
### Cambio de Impeler

- Sacar los pernos que unen la voluta de la bomba con el resto del cuerpo, separar las partes para que quede expuesto el impeler, sacar y cambiar el empaque que se encuentra entre la voluta y el resto del cuerpo.



**FIGURA 41**  
**Método de sacar la voluta de la bomba**

- Sostener el impeler estático y sacar el perno que se encuentra en el impeler. Sostener el eje de la bomba y remover el impeler dando vuelta, ya sea a favor o en contra del sentido de las manecillas del reloj, como se indica en la figura 41.



**FIGURA 42**  
**Método de sacar el impeler**

Dentro de los repuestos que hay que tener debido a su alta rotación y para evitar tener mucho tiempo parada la bomba por reparación se encuentran:

- El sello mecánico del eje.
- Set de empaques y ganchos para remover empaques.
- Mangas para el eje.
- El ring que usa el impeler.
- Todos los empaques y o-ring necesarios para la bomba.
- Retenedores.

## **Mantenimiento de las bombas dosificadoras**

Antes de cualquier mantenimiento se debe remover el cable de poder, despresurizar el tubo de descarga y vaciar cualquier líquido residual del cabezal de la bomba y la válvula.

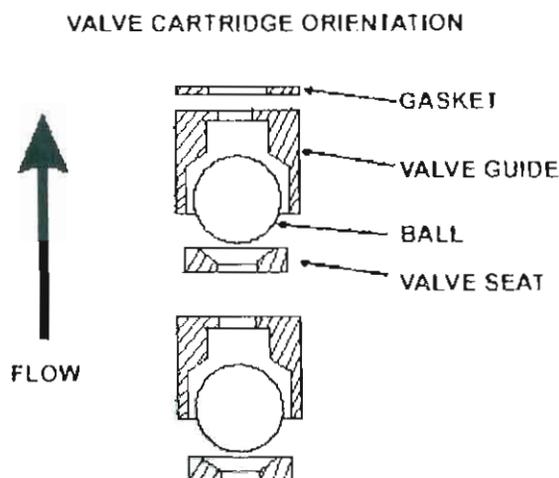
### **Reemplazo del diafragma:**

- Se debe remover el cable de poder y desconectar el tubo de succión de descarga y de salida de aire. Remover los cuatro pernos con una llave hexagonal de 4mm o 5mm. Desempernar el diafragma y sacar su retenedor, que es el pequeño disco que se encuentra detrás del diafragma. Instalar el nuevo retenedor y diafragma en el eje. Girar el diafragma en el sentido horario para que penetre en el eje. Colocar el cabezal de la bomba y apretar los pernos con un torque de 19 lb.in o 2.16 N.m

### **Reemplazo de la válvula:**

- Asegurarse que el lado de la descarga ha sido despresurizado. Remover el tubo de descarga y el de abastecimiento. Remover los dos cuerpos de la válvula, los o-rings y los empaques. Instalar los

nuevos cuerpos de la válvula, los o-rings y los empaques. Asegurarse que los dos asientos de válvula estén en la misma orientación.



**FIGURA 43**  
**Descripción de la válvula de Bomba dosificadora**

#### Revisión de tuberías:

- Chequear si los bordes de las tuberías tienen algún corte, grieta o marca.
- Examinar toda la longitud de la tubería por daños debido a desgaste, abrasión, grietas por esfuerzos, temperatura excesiva

o exposición con rayos ultravioleta. Si existe cualquier tipo de deterioro, reemplazar todo el tramo de la tubería. Es aconsejable cambiar toda la tubería como mantenimiento preventivo cada 12 meses.

### **Posibles problemas:**

#### La bomba no enciende:

<b><i>Posible Causa</i></b>	<b><i>Acción correctiva</i></b>
- Falla en el cable	-Cambiar o arreglar el cable
- Voltaje inapropiado	-Proveer del voltaje apropiado
- La unidad de control electrónica esta dañada	-Reemplazar la unidad de control

#### La bomba no succiona:

<b><i>Posible causa</i></b>	<b><i>Acción correctiva</i></b>
- Aire en la tubería de succión	-Eliminar posible trampa de aire



- El empaque de la válvula no se ha instalado      -Instalar el empaque de la válvula
- El set de la válvula está ensamblado en una dirección equivocada      - Reensamblar el set de la válvula
- La bomba esta trabada con aire      -Abrir la válvula de aire
- La válvula de succión o descarga está tapada con algún material extraño      -Sacarlas, inspeccionarlas y limpiarlas
- La bola de la válvula se encuentra atascada      -Desensamblar, inspeccionar y limpiar

### **Mantenimiento del switch de flujo**

- Se debe inspeccionar las paletas anualmente. La turbulencia o alta velocidad del flujo hace que la inspección deba ser más frecuente y que haya que cambiar las paletas si es necesario.
  
- Se debe reemplazar las paletas si hay marcas por el uso o daño.
  
- Se debe reemplazar el switch de flujo cada 5 años o 100000 ciclos, lo que ocurra primero.

### **Operaciones a seguir si hay problemas con el switch de flujo:**

- 1.- Asegurarse que ha sido encendido el dispositivo.
  
- 2.- Verificar que exista flujo suficiente para que se active el switch.  
Medir el flujo y compararlo con la velocidad mostrada en el cuadro de flujo del producto.
  
- 3.- Revisar si las paletas se mueven libremente. Se requiere que sea desarmado el sistema de tubería.

- 4.- Revisar si donde está localizado el dispositivo es una zona de alta turbulencia, lo que causa que las paletas vibren.
  
- 5.- Puede que el switch de flujo quede activado, para esto se debe revisar que no hayan quedado trabadas las paletas.

## **Lubricación del Moto reductor**

- La cantidad de lubricante con la que tiene que trabajar el moto reductor S47 es de 0.21 Galones.
- Se debe revisar el moto reductor por lo menos una vez al día y chequear que no gotee aceite por el retenedor del eje.
- Si se detecta la mínima fuga se debe cambiar inmediatamente el retenedor del eje.

Cada reductor es suministrado desde la fábrica con el grado correcto y cantidad de lubricante.

### **Los lubricantes que debe de usar son:**

- Mobilbear 636 que es un aceite mineral elaborado por la empresa Mobil Oil Corp. que trabaja entre 0 y 40 grados Centígrados.
- Omala 680 que es un aceite mineral elaborado por la empresa Shell Oil Co. El rango de temperatura de trabajo esta entre 0 y 4C grados Centígrados.

**Para los rodamientos de la caja de engranajes, las siguientes grasas son las recomendadas:**

***Grasas Minerales***

- Mobilux EP2, de la empresa Mobil Oil Corp. El rango de temperatura de trabajo es de  $-20$  a  $40$  grados centígrados.
- Albania Grease R3, de la empresa Shell Oil Co. El rango de trabajo esta entre  $-30$  y  $60$  grados centígrados.

***Grasas Sintéticas:***

- Mobiltemp SHC 32, de la empresa Mobil Oil Corp.. El rango de trabajo esta entre  $-45$  y  $60$  grados centígrados.

### **Mantenimiento del tanque de floculación y sedimentación**

- Cada tres meses se recomienda parar la planta para hacerle una limpieza en la parte interior del tanque de floculación y sedimentación, ya que se forman capas de lama que retienen los sedimentos.
- Una vez que se ha parado la planta se deben sacar las placas móviles de sedimentación para proceder a limpiarlas y a revisarles la pintura. Una vez que está despejado el tanque de sedimentación se limpia el fondo y las tuberías de descarga de lodos.
- El mantenimiento de la pintura se lo debe hacer cada tres años. La planta ha sido pintada interiormente con pintura grado alimenticio y exteriormente con pintura epóxica.
- Se debe lubricar constantemente el varillaje de apertura de las válvulas de purga para mantenerlas en buen estado y permitir un funcionamiento suave.

### **Mantenimiento del switch de nivel**

- Se debe chequear periódicamente si se encuentra conectado el control de nivel al motor de la bomba.
  
- Se debe chequear que el cable de alimentación se encuentre en buen estado, ya que es una parte integral del dispositivo; si este cable resulta dañado, no se lo puede reparar y el dispositivo completo debe de ser cambiado.
  
- Se debe chequear que el cable de tierra esté adecuadamente conectado al borne de tierra, el cual debe de estar protegido contra aflojamientos accidentales.
  
- Revisar que la posición del contrapeso no haya cambiado.
  
- Revisar diariamente que el flotador no haya resultado trabado durante su carrera de trabajo.

### **Mantenimiento de los filtros**

- Se debe chequear periódicamente el nivel del carbón y el nivel de la arena en el interior de los filtros, ya que éstos se pierden ya sea en el retro lavado como en el uso normal. En caso de que el nivel haya bajado, se debe proceder a cambiar todo el lecho filtrante, dándole un tratamiento previo como lo es el lavado.
  
- En caso de que se encuentre algún daño en el sistema de tuberías en el interior del filtro, en el momento en que se hace la reposición del medio filtrante, se debe informar a los fabricantes, ya que cuentan con garantía de 1 año.
  
- Si se encuentra material filtrante en el flujo de salida de los filtros, se debe parar el funcionamiento de la planta, luego de esto se revisa si el medio de soporte es el adecuado para el medio filtrante utilizado. En el caso de que el medio de soporte sea el apropiado, se debe chequear la tubería de recolección del interior del filtro para revisarla de posibles fracturas.

- Si se produce una caída de presión de más de 25 psi. a la salida del filtro se debe proceder con el retro lavado, el cual ya fue explicado en la operación de los filtros.
- Después de 5 años de uso se debe revisar si la pintura interior ha sido afectada por la corrosión. El tanque ha sido pintado con un sistema epoxy fenólico, y cuenta con una garantía de cinco años por parte del fabricante.
- La pintura exterior está a prueba de corrosión del medio ya que previamente ha sido sometido al proceso de sandblasting y pintado para una larga duración.

# CAPITULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La planta ha sido diseñada de la manera más compacta posible, utilizando el más pequeño y efectivo método de producir la coagulación, como es el inyector. Obteniendo como resultado que la mezcla rápida se produce en 0.13 segundos, con un gradiente de velocidad de  $2094 \text{ s}^{-1}$  y se cubre el 83% del área del tubo con lo que se produce la mayor eficiencia.

Para la desinfección se ha utilizado el cloro ya que es el más fácil de aplicar, mas barato y eficiente. Se recomienda usar ozono si se cuenta con el dinero, el personal capacitado para hacerlo y si se dispone de lugares cercanos que estén capacitados para su reparación.

La mezcla lenta también cumple con el requerimiento del espacio, ya que se lo hace en un tanque donde la agitación es producida por un

mezclador de paletas, el cual es accionado por un moto-reductor que tiene 8 rpm de salida y una potencia al eje de 0.25 KW.

Para la sedimentación se ha diseñado un tanque, donde el agua entra en la parte inferior de una manera que se distribuye a todo lo largo, y así mismo la recolección de agua sedimentada se lo hace para que se mantenga una uniformidad en la ascensión del flujo. Para la sedimentación en sí, se diseñaron placas inclinadas paralelas con un ángulo de 60° que es donde se produce la mayor eficiencia, estas placas fueron espaciadas entre sí para que se produzca un flujo laminar con un número de Reynolds de  $237 \text{ S}^{-1}$ . La extracción de lodos se lo hace por medio de una distribución de tolvas en el fondo del tanque.

Para la filtración se seleccionaron dos filtros uno de arena y otro de carbón. El primero sirve para eliminar las pequeñas partículas en suspensión que hayan podido pasar de la etapa de sedimentación, y con el de carbón se elimina el cloro, sabores, olores y demás químicos orgánicos.

Con respecto a los equipos de bombeo se seleccionó una bomba que su fuerte sea la succión, que es la de agua cruda; y la otra que sea una bomba de presión, que es para alimentación de los filtros.

La preparación de la superficie interior del tanque es de metal casi blanco SSPC-SP 10 y grado comercial para su exterior PSC-SP 6. La pintura que se seleccionó es epóxica grado alimenticio.

Se recomienda usar solamente acero A36 para la construcción, debido a que el acero naval A 131 tiene un valor más elevado, el medio no es tan corrosivo y se lo puede controlar con un buen recubrimiento de pintura.

Se ha considerado un sobre espesor de corrosión, que hace que la plancha sirva 25 años antes de que falle por este efecto.

Se recomienda que el personal sea entrenado para el manejo de la planta y que esté capaz de resolver cualquier problema que se presente durante la operación de la misma. Para evitar que exista algún problema en la producción, por mal manejo, se diseñó la planta para que tenga una operación semiautomática.

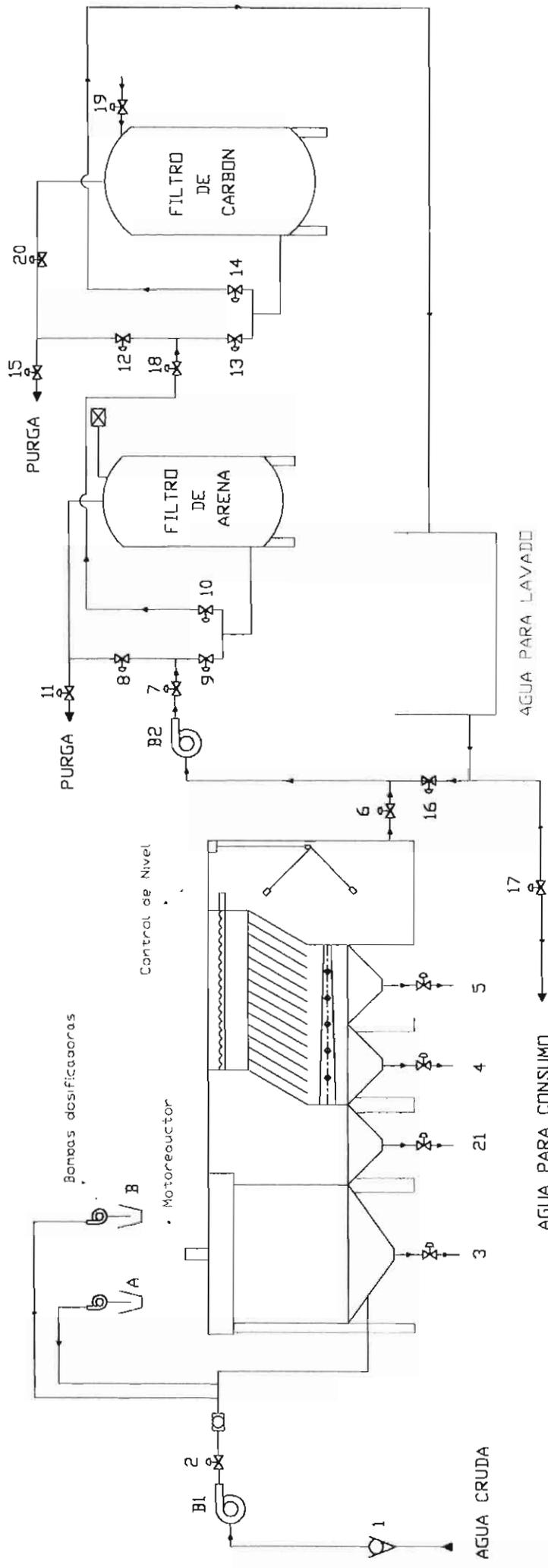
Es conveniente realizar la prueba de jarras una vez que se ha determinado el lugar de instalación de la planta, para determinar la dosificación exacta de los químicos.

La planta potabilizadora objeto del presente trabajo, representa un proyecto atractivo, pues además de que deja ganancias para el diseñador y constructor, se contribuye a mejorar el nivel de vida de la gente de comunidades rurales.

Como la planta está destinada para que funcione en los pueblos, el valor del metro cúbico de agua debe de ser accesible para toda la población. Debido a esto se estimó un valor de 0.60 \$/m<sup>3</sup> que es 16% más barato de lo que se paga actualmente en barrios de Guayaquil, de esta manera se logra que el proyecto sea socialmente aceptable. A más de esto en lugares donde no hay agua potable se paga hasta \$ 0.75 por tanques de 0.22 m<sup>3</sup>.

**APÉNDICE A**

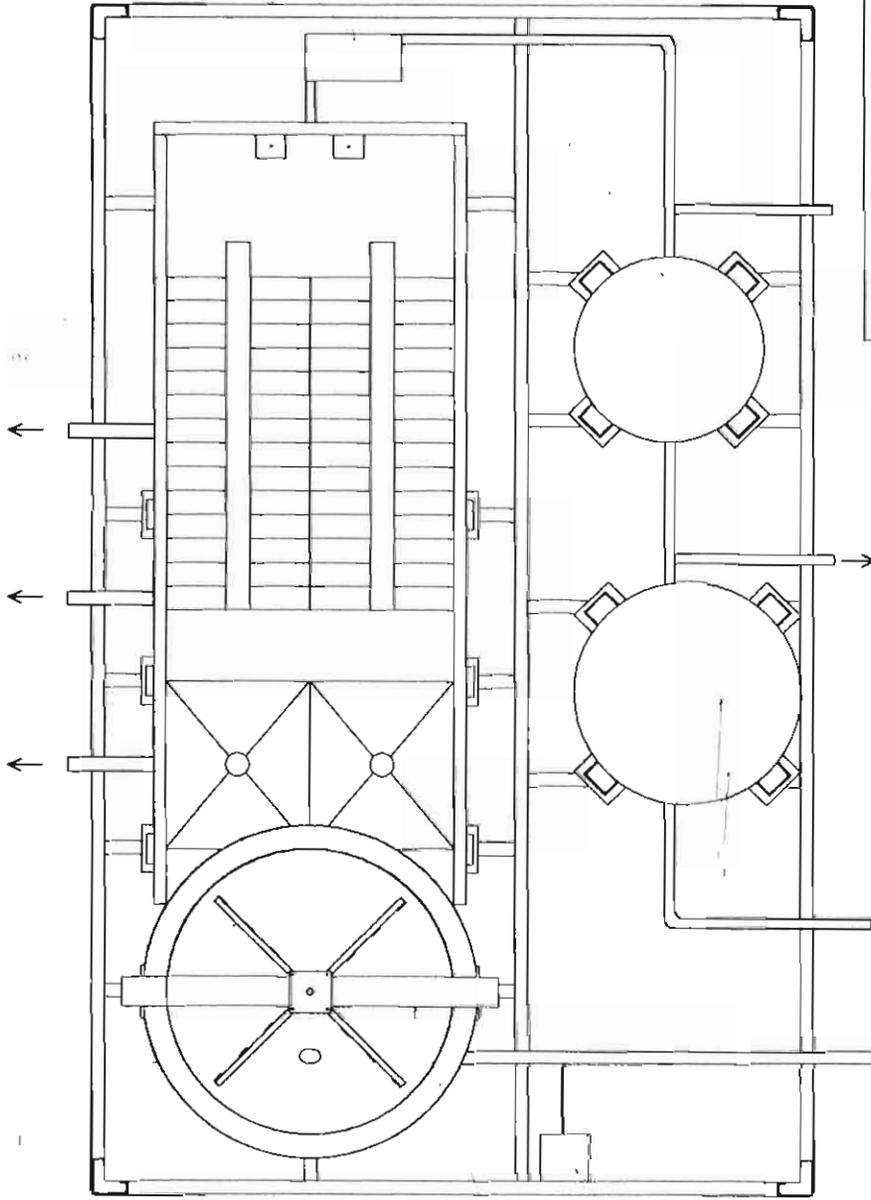
**PLANOS**



- Switch de Flujo
- Presostato
- A Cloro
- B Pollicloruro de Aluminio

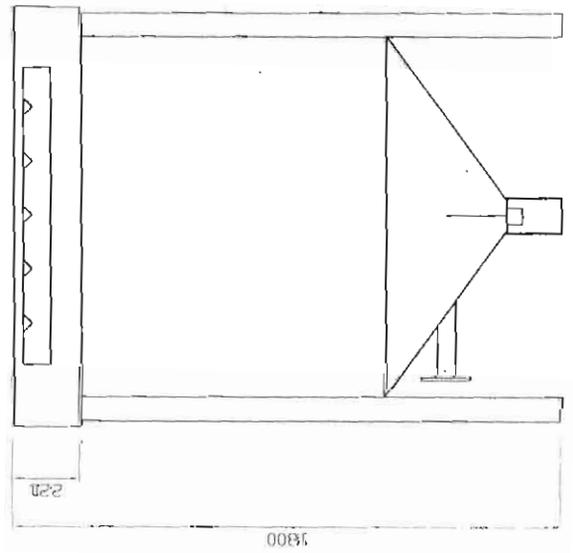
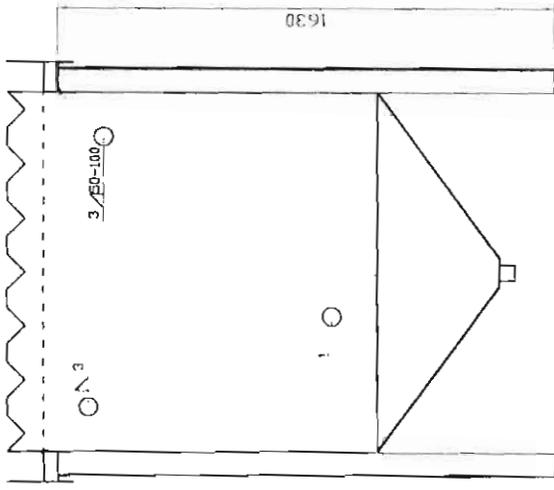
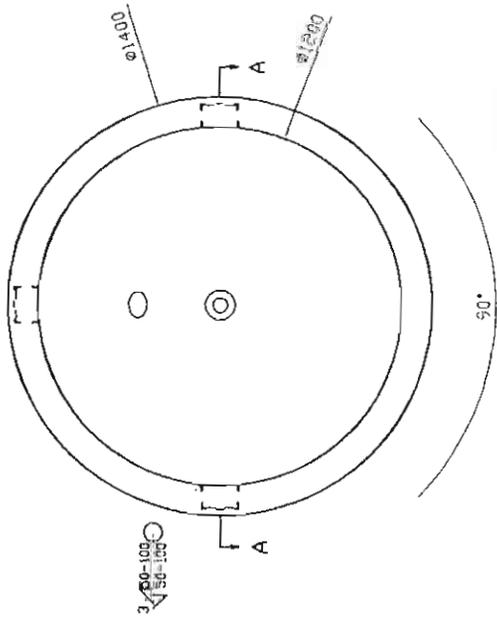
FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujó	B/2002	F. Martes	
Revisó	B/2002	Ing. Martes	
PIEZA No	PLANO No	1	
PROYECTO Diseño de una planta modular de agua potabile para una capacidad de 200 m3/día			
ESCALA	CONTIENE	FUNCIONAMIENTO DE PLANTA	
	1:50	MATERIALES	
			PESO (kg)

Descarga de Lodos



- A Tanque de floculación
- B Tanque de sedimentación
- 22 Chasis de planta
- 23 Mezclador de paletas
- 25 Soporte del mezclador
- 26 Bombas dosificadoras
- 27 Bomba de alimentación a filtros
- 28 Filtro de arena
- 29 Filtro de carbón

FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
PROYECTO: Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		Dibujó	F. Martín
ESCALA: 1:25		Revisó	Imp. Martínez
CONTIENE: Ensamble de Planta		PIEZA No	PLANO No
MATERIALES:			2
			PESO (KG): 2384



CORTE A-A

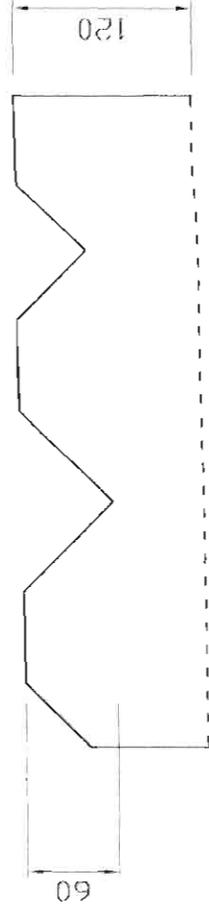
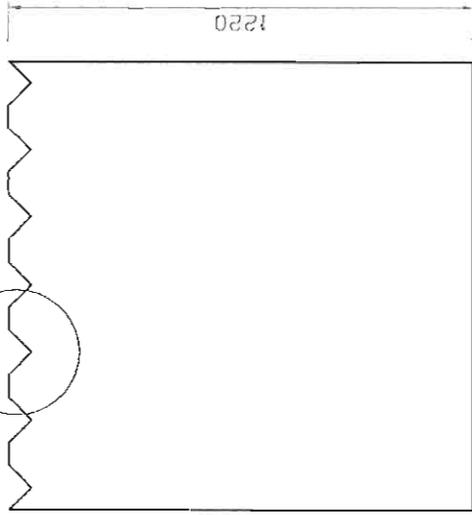
- 1 Cilindro del floculador
- 2 Anillo recolector
- 3 Cono del floculador
- 4 Soportes del floculador
- 5 Tubería de alimentación

1  
4

FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujó	B/2002	F.	María
Revisó	B/2002	Eng.	Verónica
PROYECTO: Diseño de una planta modular de agua potable para una población de 200 m <sup>3</sup> /día		PIEZA No	PLANO No
ESCALA	CONTIENE	A	3
1:25	Tanque de floculación		
	MATERIALES		
	ASTM A36	PESO (KG)	255.4

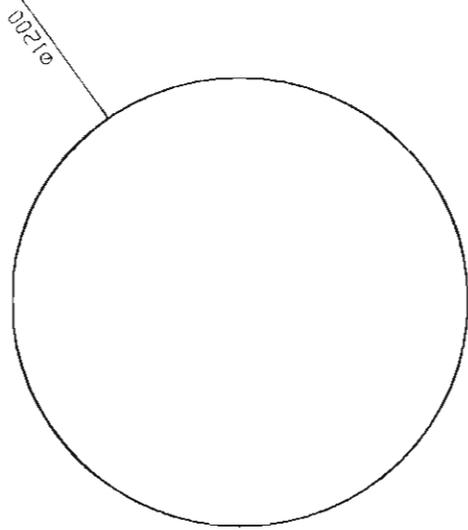
Detalle 1

60 120



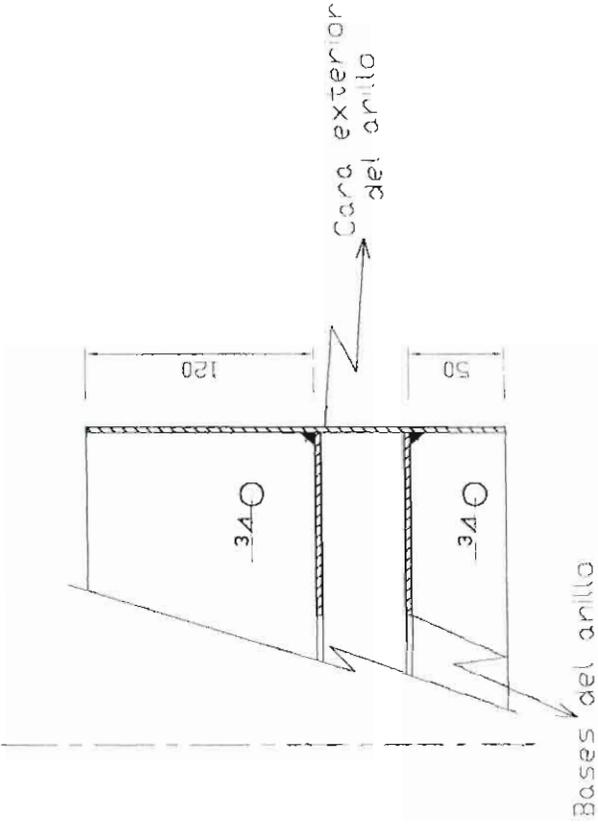
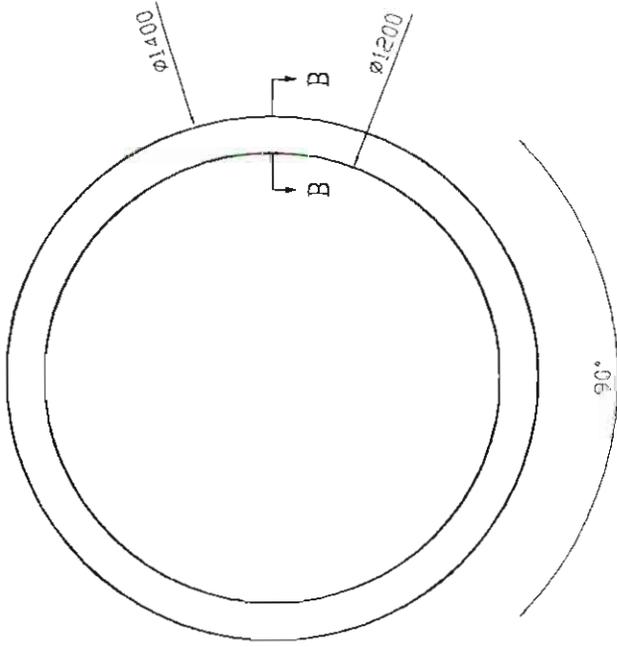
Detalle 1

Escala 1:5



Soldadura a Tope

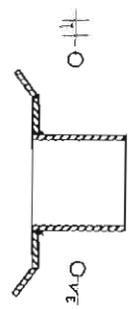
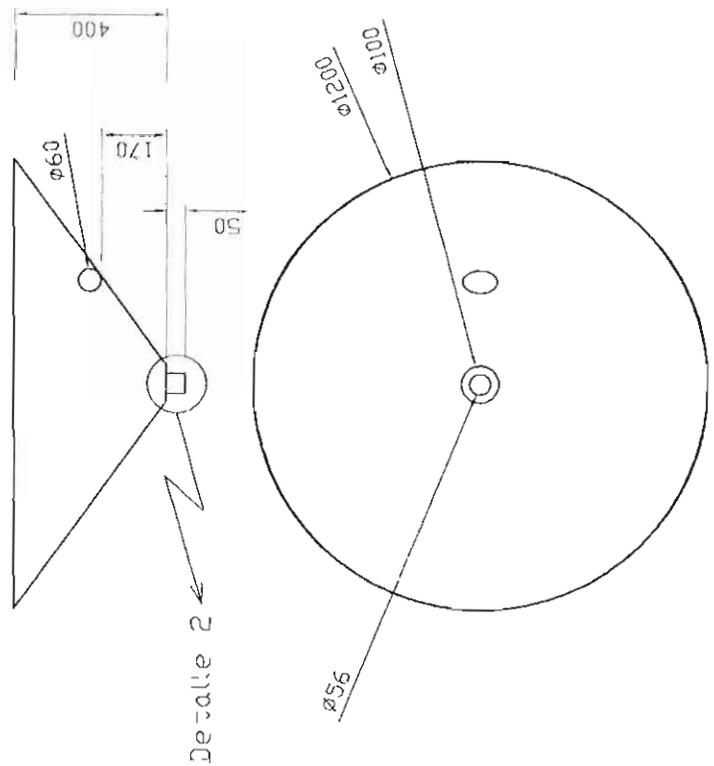
FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
PROYECTO : Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		Dibujó	F. Morán
ESCALA		Revisó	Ing. Martínez
CONTIENE		PIEZA No.	PLANO No.
Cilindro del floculador		1	4
MATERIALES:		PESO (Kg)	
Plancha de 3 mm A36		105	



CORTE B-B

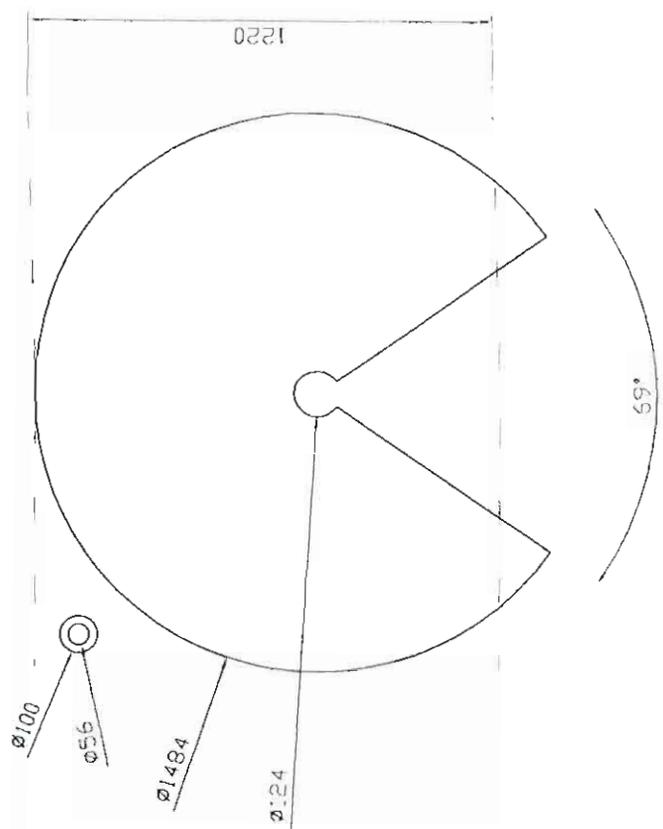
Escala 1:4

		<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA: 8/2002 DIBUJO: F. Marín REVISO: 8/2002 Ing. Martínez
		PROYECTO: Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día	ESCALA:	CONTIENE: Anillo de Recolección
				PESO (Kg): 42



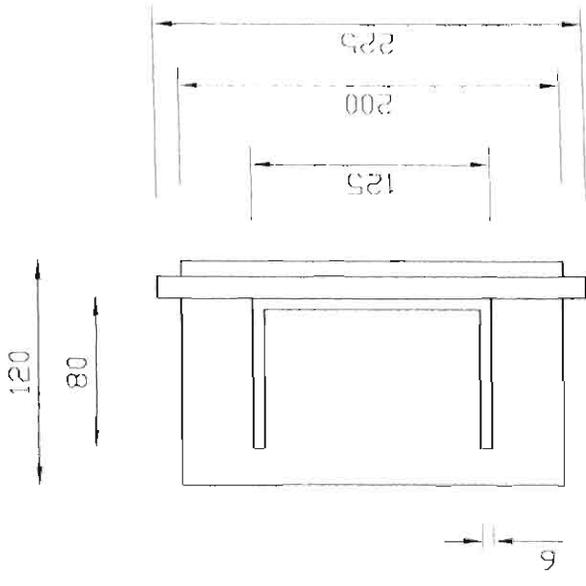
Soldadura a Tope

Detalle 2  
Escala 1:3

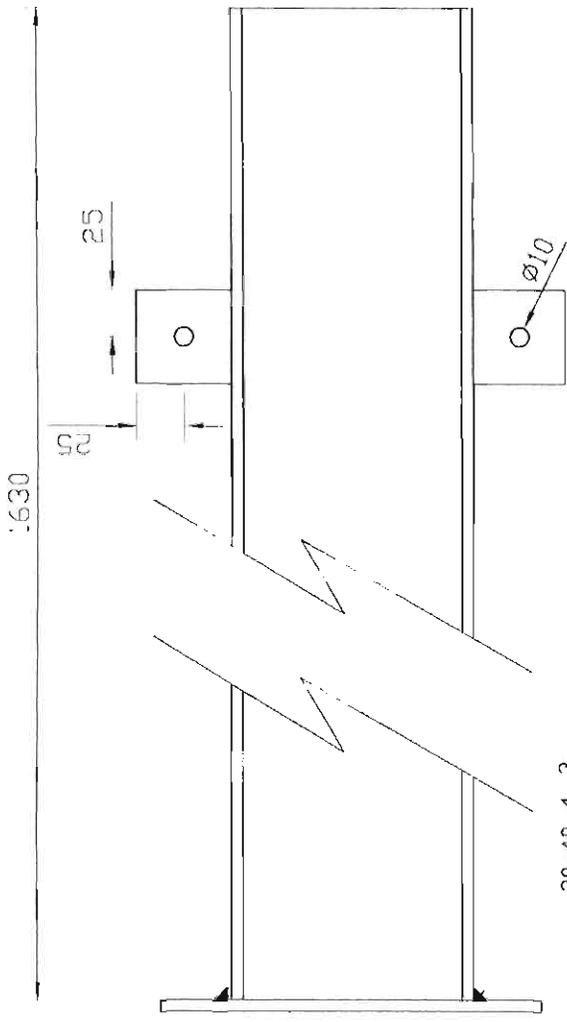


Desarrollo del cono

FIMCP - ESPOL		FECHA	REVISIÓN	PIEZA No	PLANO No
PROYECTO Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /año		Dibujó	8/2002	3	5
ESCALA		Revisó	8/2002	MATERIALES:	
CONTIENE		CONO DEL FLOCULADOR			
MATERIALES:		PIESC (kg)			



12

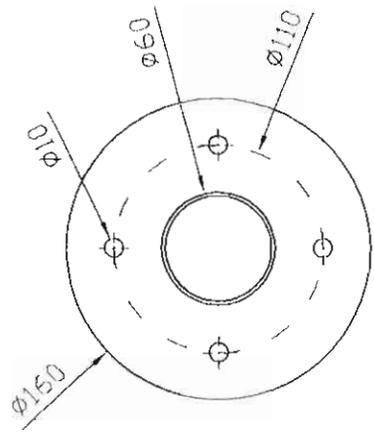
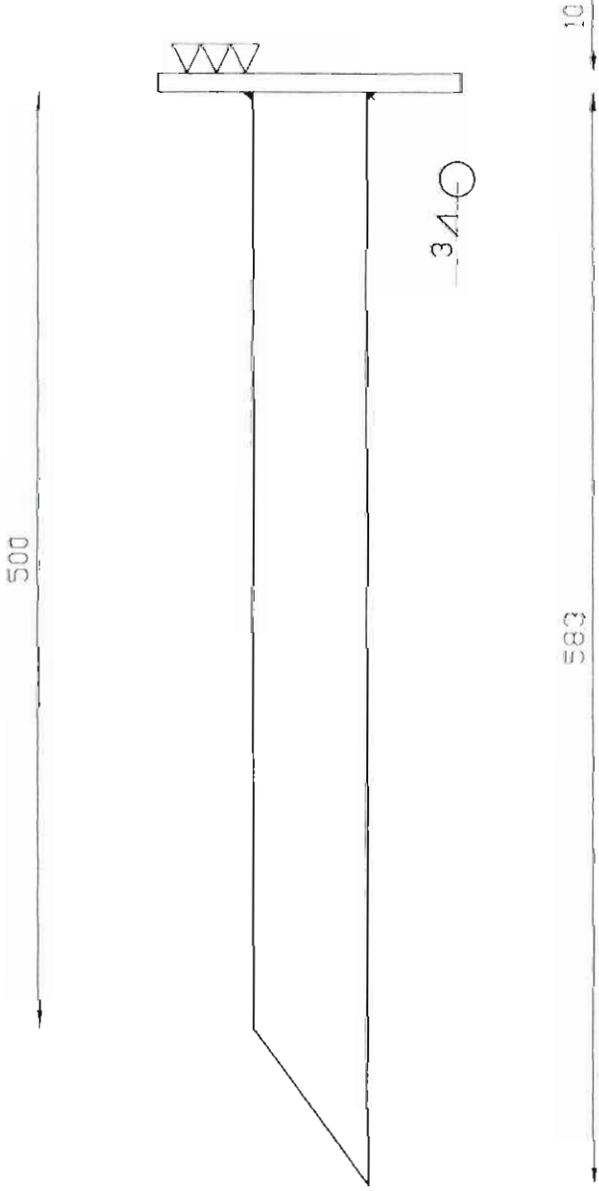


20-40 3  
20-40

3 Patas

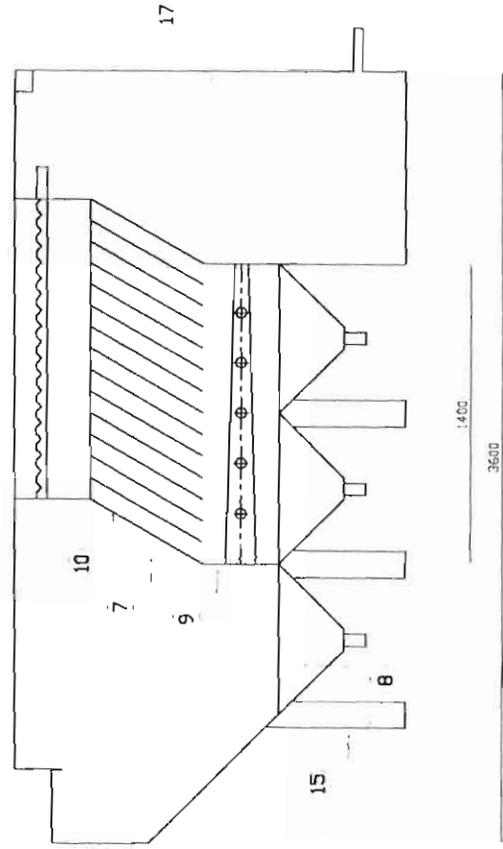
FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujó	B/2002	F. Morúa	
Revisó	B/2002	Ing. Morúa	
PROYECTO: Biseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		PIEZA No	PLANO No
CONTIENE: Patas del floculador		4	7
MATERIALES: Canal 125x60x6		Peso Unit (Kg)	Peso Tot (Kg)
ESCALA: 1:4		23.05	69.15





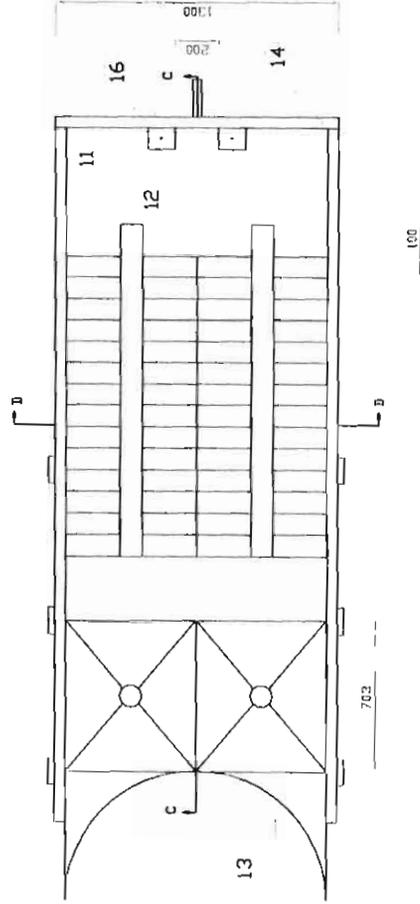
6/A

FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
PROYECTO: Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		Dibujó	F. Morán
CONTIENE: Tubería de alimentación		Revisó	Ing. Par-tinez
MATERIALES: TUBO GALVANIZADO DE 2" x 1/4"		PIEZA No.	5/8
ESCALA: 1:4		Peso Unit (Kg):	4.25
		Peso Tot: (Kg):	4.25

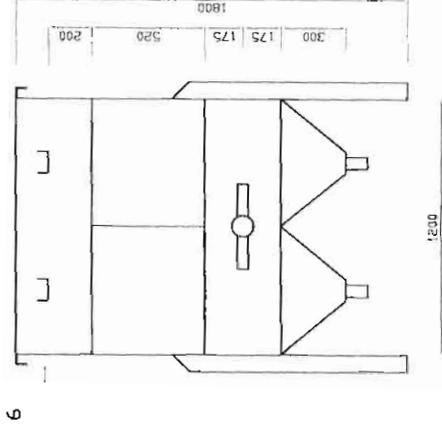


CORTE C-C

VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR



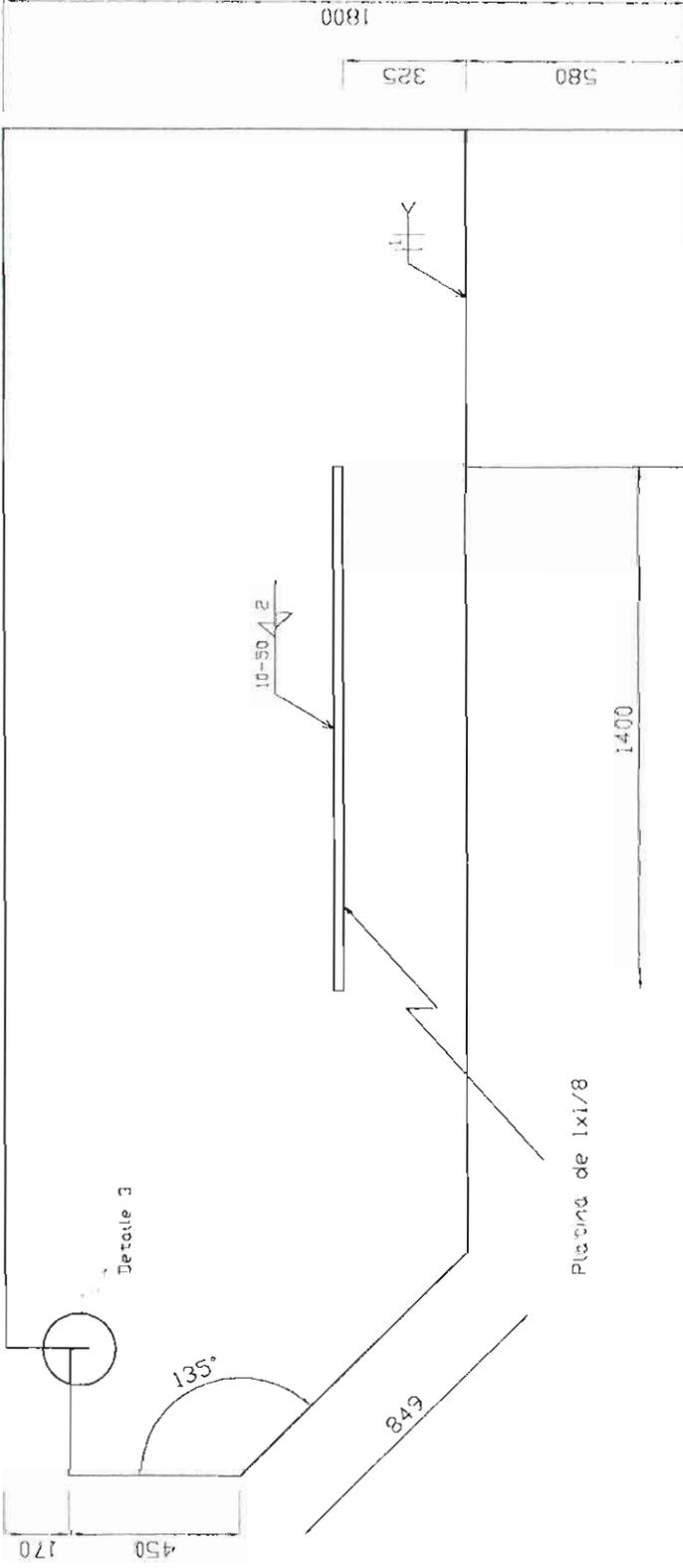
CORTE D-D

VISTA LATERAL

- 6 Laterales del sedimentador
- 7 Separadores del sedimentador
- 8 Talvas de lodos
- 9 Distribuidor de agua floculada
- 10 Placas de sedimentación
- 11 Canaleta recolectora
- 12 Rigloizador del modulo de placas
- 13 Unión al floculador
- 14 Angulo de rigidez
- 15 Patas del sedimentador
- 16 Soportes de medidores de nivel
- 17 Tanque de agua sedimentada



FIMCP -- ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujó	8/2002	F. Morán	
Revisó	8/2002	Ing. Martínez	
PIEZA No	B	PLANO No	S
CONTIENE	Tanque de sedimentación		
MATERIALES	ASTM A36		
ESCALA	1:35	PESO (kg)	870
PROYECTO		Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día	



900,22

2100

3600

## DOS PLANCHAS LATERALES

Detalle 3

ESCALA 1:4

# FIMCP - ESPOL

PROYECTO: Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m<sup>3</sup>/día

ESCALA: CONTIENE

LATERALES del sedimentador

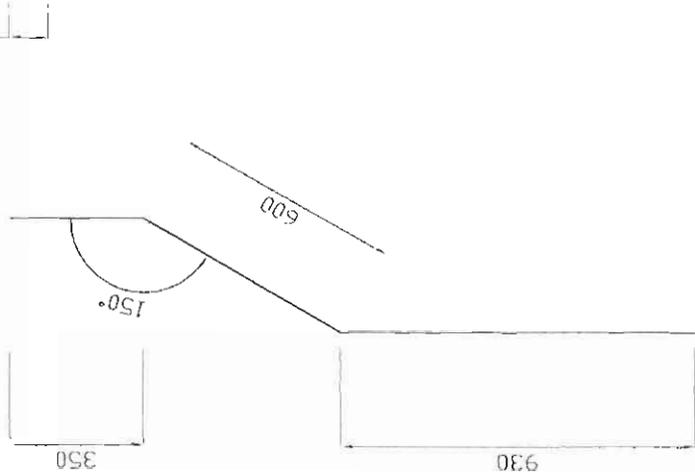
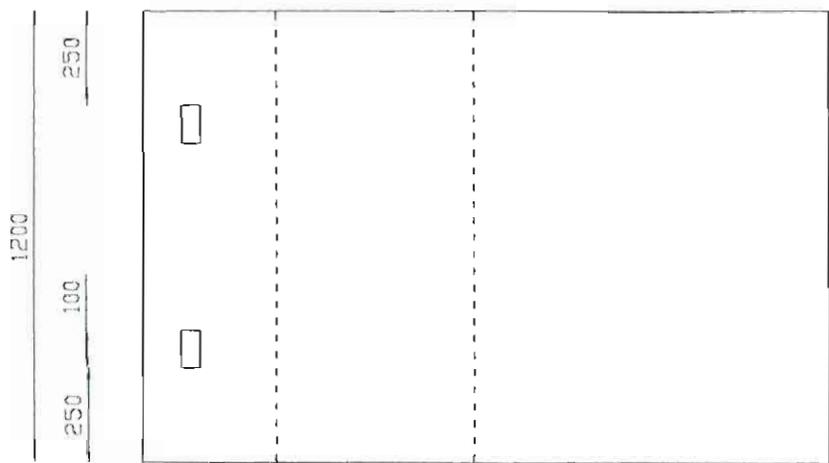
MATERIALES:

Plancha de 3 mm A36

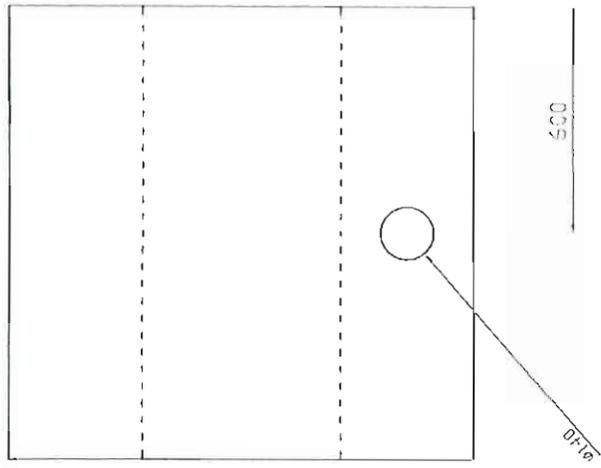
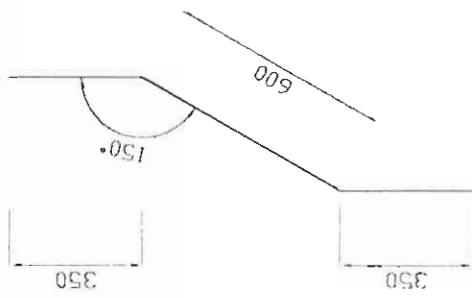
FECHA	NOMBRE
Dibujó 8/2002	F. Morán
Revisó 8/2002	Ing. Martín

PIEZA No	PLANO No
6	10

Peso Unit (Kg)	Peso Tot (Kg)
110	220



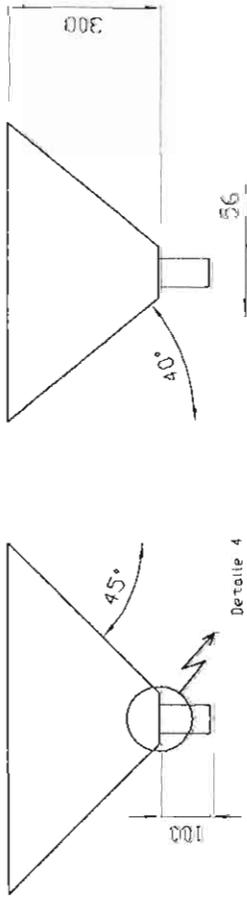
1200



175

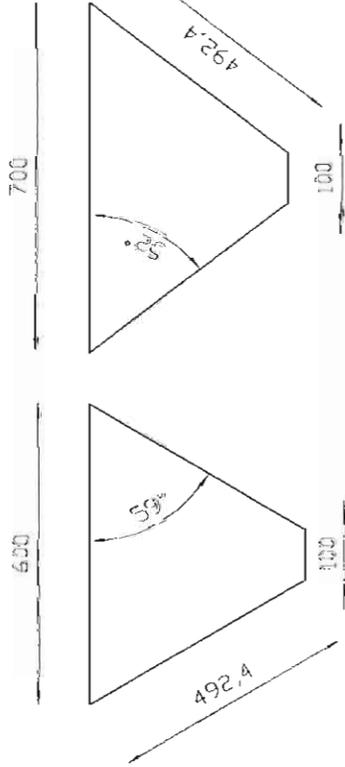
-----  
DIBUJAR

<h1 style="text-align: center;">FIMCP - ESPOL</h1>		FECHA NOMBRE	
		Dibuj. 8/2002 F. Morán	
PROYECTO: Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		PIEZA NO	PLANO NO
ESCALA: 1:20		7	11
CONTIENE: Separadores del sedimentador			
MATERIALES: Plancha de 3 mm A36			
		Peso unit. (kg/Peso tot. (kg))	90

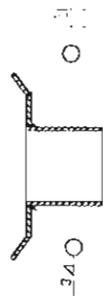


VISTA LATERAL

VISTA FRONTAL

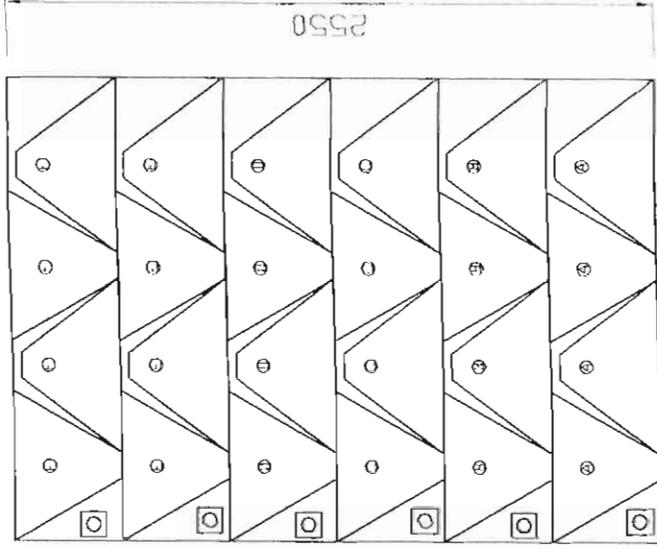


DESARROLLO DE CARAS DE LA TOLVA DE LODOS



Detalle 4

Soldadura a Tope



MARCADO DE PLANCHAS

ESCALA 1 : 30

6 TOLVAS DE LODOS

# FIMCP - ESPOL

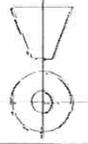
PROYECTO Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 100 m<sup>3</sup>/día

ESCALA CONTIENE :

TOLVAS de LODOS

MATERIALES

Plancha de 3 mm A36



1:15

FECHA NOMBRE

Dibujó: 8/2002 F. Madrid

Revisó: 8/2002 Jrg. Martinez

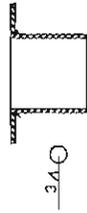
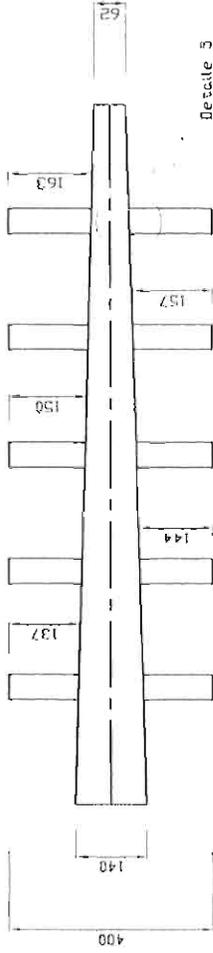
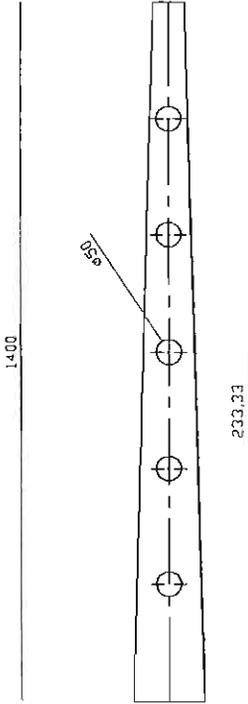
PIEZA NO

8 12

PLANO NO

Peso Unit. (Kg) Peso Tot. (Kg)

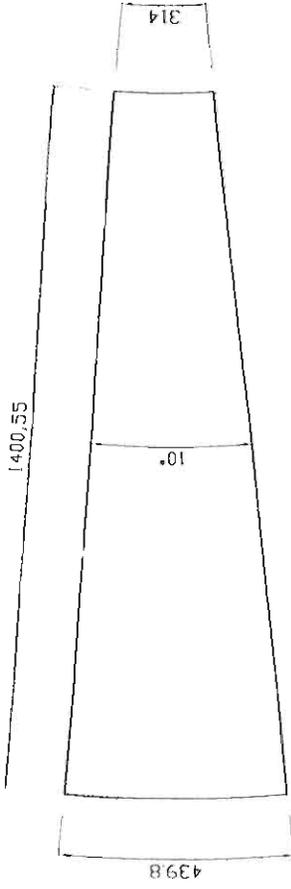
1485 89:



Detalle 5



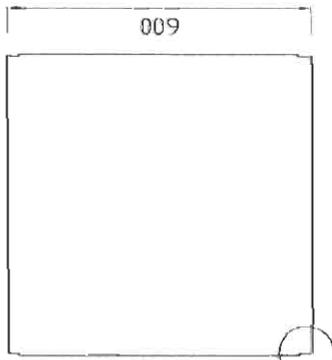
Soldadura a Tapa



DESARROLLO DEL CONO

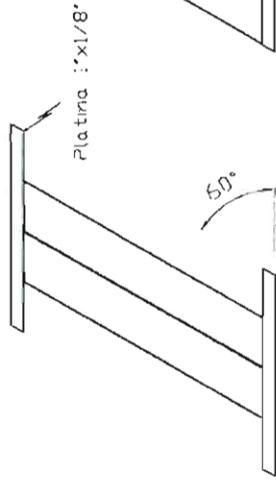
FECHA		NOMBRE	
Dibujó	8/2002	F. Mondri	
Revisó	8/2002	Ing. Martinez	
PIEZA NO		PLANO NO	
9		13	
PROYECTO: FIMCP - ESPOL Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día			
ESCALA		CONTIENE	
1:15		Distribuidor de agua flocculada	
MATERIALES		Plancha de 3 mm A36	
Peso unit. (Kg)		14.2	

598



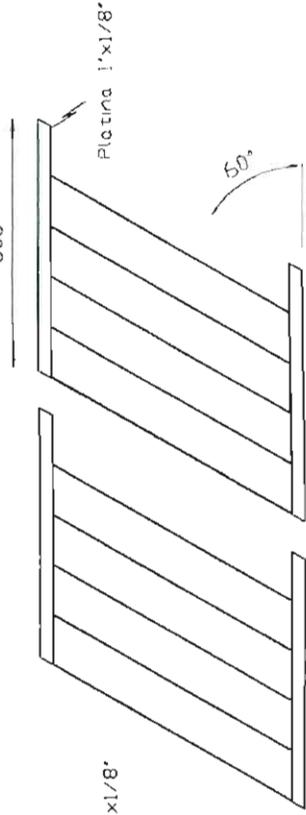
26 Placas sedimentadoras

400



Arreglo de placas B  
Cantidad = 2

500

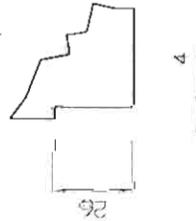


Arreglo de placas A  
Cantidad = 4

### VISTA LATERAL DE ARREGLO DE PLACAS

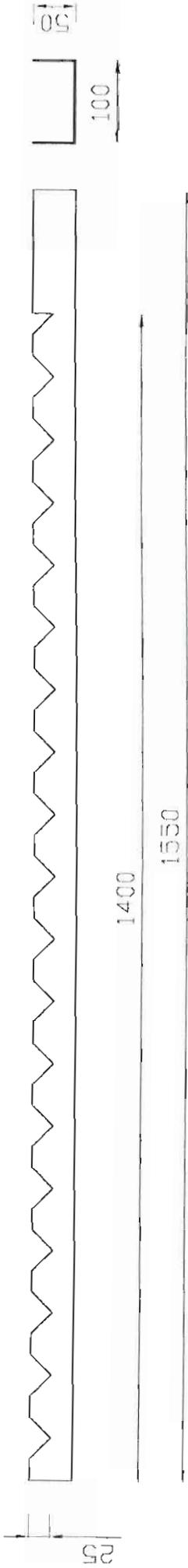
Detalle 7

En las 4 esquinas



FECHA		NOMBRE	PLANO No	
Dibujó	8/2002	F. Morán	10	14
Revisó	8/2002	Eng. Narciso		
PROYECTO			PIEZA No	
Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m3/día			1014	
ESCALA			CONTIENE	
1:15			Placas de sedimentación	
MATERIALES			Plancha de 2 mm A36	
Peso Unit (Kg)			Peso Tot. (Kg)	
3.63			154	

25 50

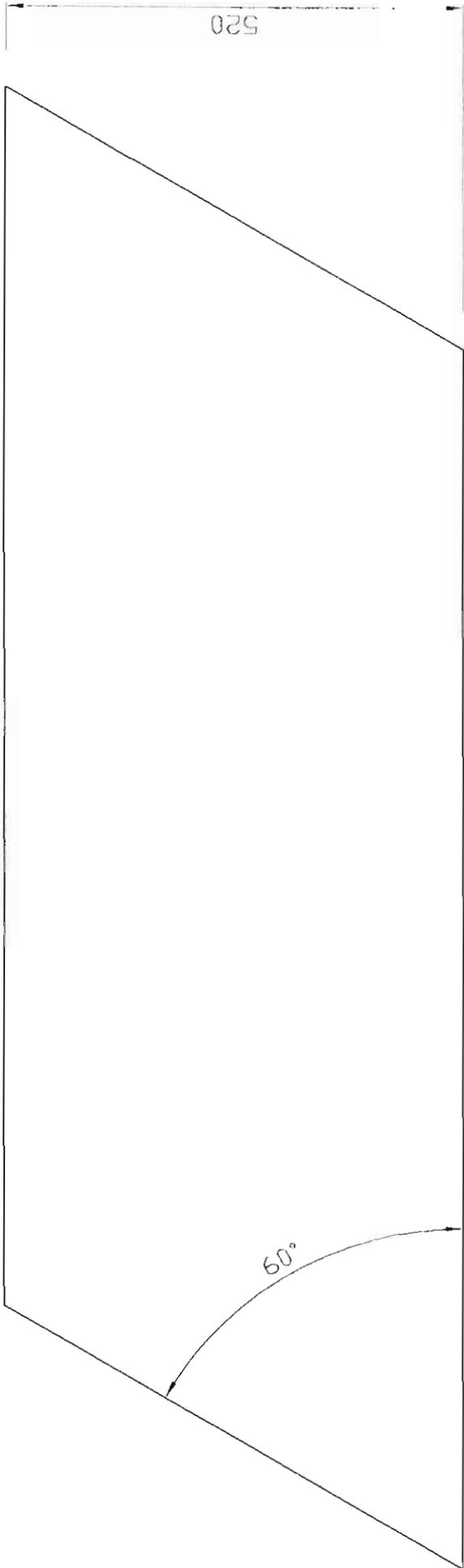


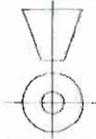
### 2 Canaletas Recolectoras

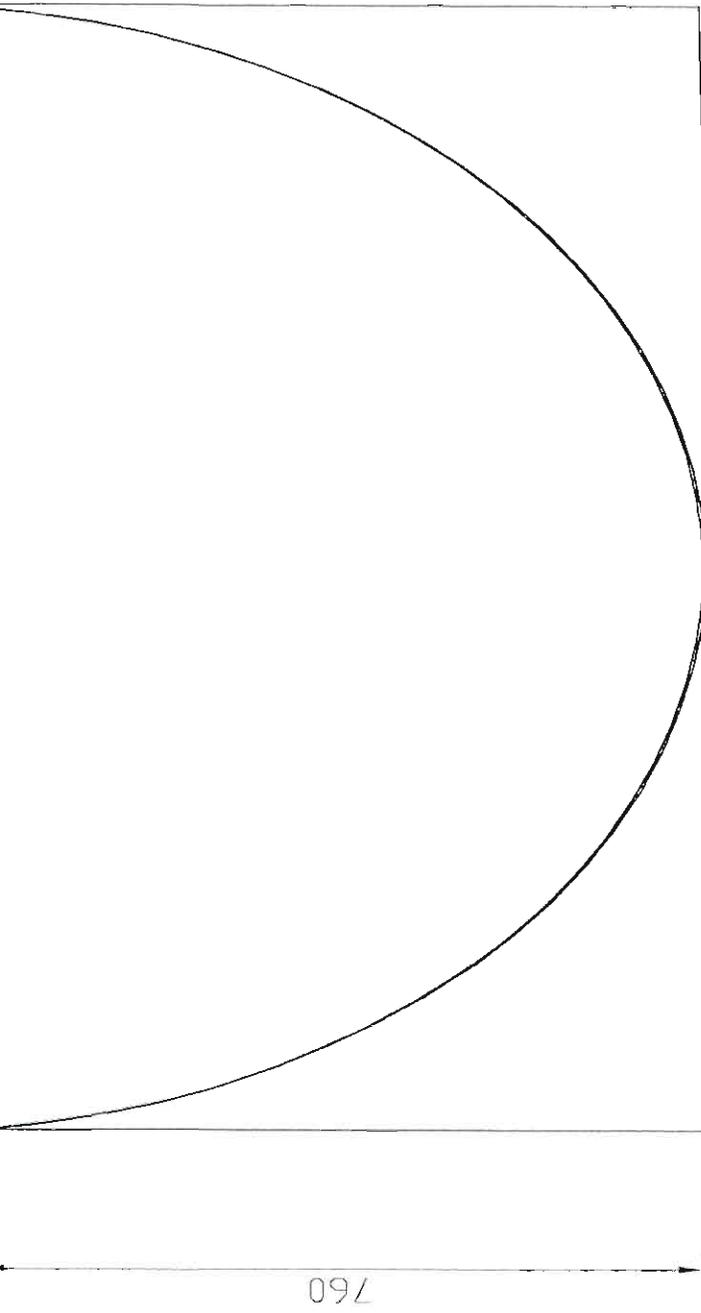


FIMCP - ESPOL		FECHA NOMBRE	
		Dibujó 8/2002 F. Morán	Revisó 8/2002 Ing. Martínez
PROYECTO : Diseño de una planta moduilar de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		PIEZA No	PLANO No
ESCALA	CONTIENE	11	15
	Canaleta recolectora		
	MATERIALES:		
	Canal 100 x 50 x 2 mm	Peso unit. (Kg)	Peso Tot. (Kg)
		3.65	7.3

1400



<b>FIMCP - ESPOL</b>		FECHA	NOMBRE
PROYECTO : Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		Dibujo	F. Martín
CONTIENE : Rigidizador del modulo de placas		Revisó	Ing. Martínez
MATERIALES : Plancha A36 de 3 mm		PIEZA NO	PLANE NO
ESCALA : 	1:7	1215	1714
		Peso Unit. (Kg)	Peso Tot. (Kg)
		1714	1714



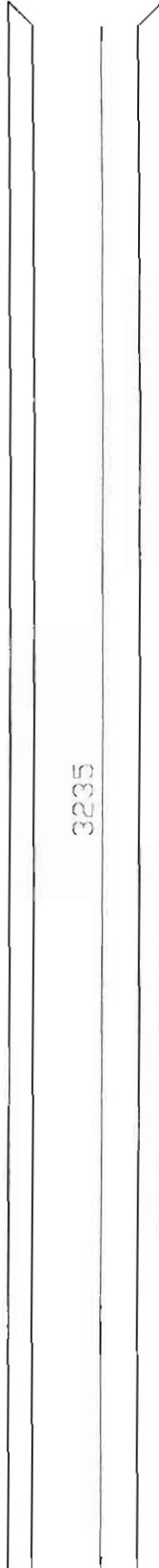
1197

<p><b>FIMCP - ESPOL</b></p>		<p>FECHA</p>	<p>NOMBRE</p>
		<p>Dibujo</p>	<p>F. Morán</p>
<p>PROYECTO: Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m<sup>3</sup>/día</p>		<p>Revisó</p>	<p>Ing. Martínez</p>
		<p>PIEZA No</p>	<p>PLANO No</p>
<p>ESCALA</p>	<p>1:8</p>	<p>13</p>	<p>17</p>
<p>CONTIENE</p>	<p>Placa de unión al Floculador</p>		
<p>MATERIALES:</p>	<p>Plancha A36 de 3 mm</p>		
<p>ESCALA</p>	<p>1:8</p>	<p>10.38</p>	<p>10.38</p>
<p>PIEZA No</p>	<p>PLANO No</p>	<p>Peso Unit. (Kg)</p>	<p>Peso Tot. (Kg)</p>

3285



3235

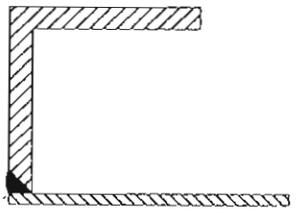
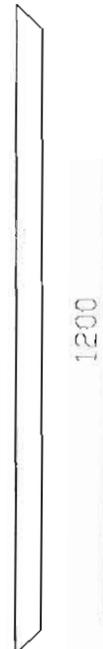


1300



45°

1200



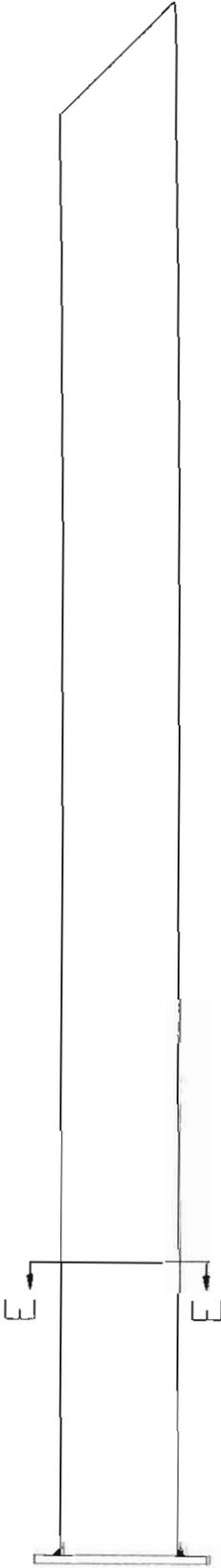
Detalle de unión al tanque

Escala 1 : 2

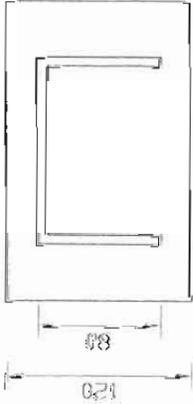
FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujó	8/2002	F. Morán	
Revisó	8/2002	Ing. Martínez	
PROYECTO	Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		PIEZA No
ESCALA	1:15	CONTIENE	1418
		Angulo de rigidez	
		MATERIALES	
		Angulo A36 de 2" x 1/4"	
		Peso Unit. (Kg)	Peso Tot. (Kg)
			37.61

1080

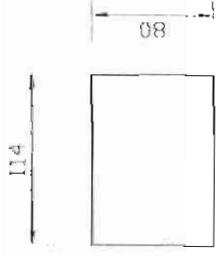
1000



20-40  $\nabla$  3  
20-40  $\nabla$



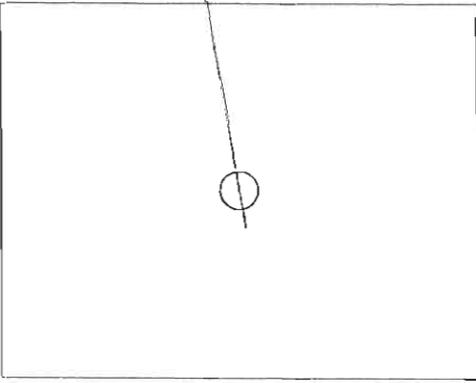
Corte E-E



Placas superiores  
6 Patas

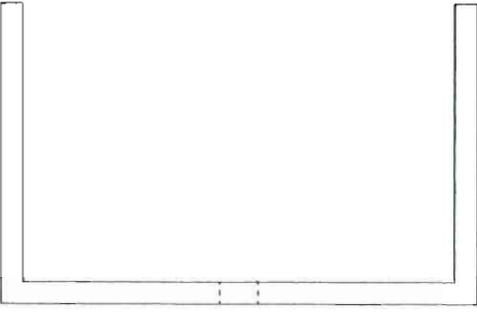
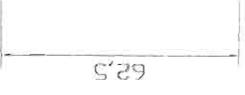
FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujo	8/2002	F. Martín	
Revisión	8/2002	Ing. Martínez	
PROYECTO	Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		PIEZA No
ESCALA	1:5		1519
CONTIENE		Placas del sedimentador	
MATERIALES		Conc. 125 x 80 x 6	
		Peso Unit. (Kg)	Peso Tot. (Kg)
		1533	100

100



50

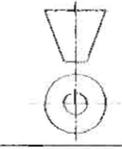
80



125

# FIMCP - ESPOL

PROYECTO: Diseño de una planta moahur de agua potable para una capacidad de 200 m<sup>3</sup>/día



ESCALA: 1:2

CONTIENE:  
Soportes de medidores de nive.

MATERIALES:  
Canal 125 x 80 x 6

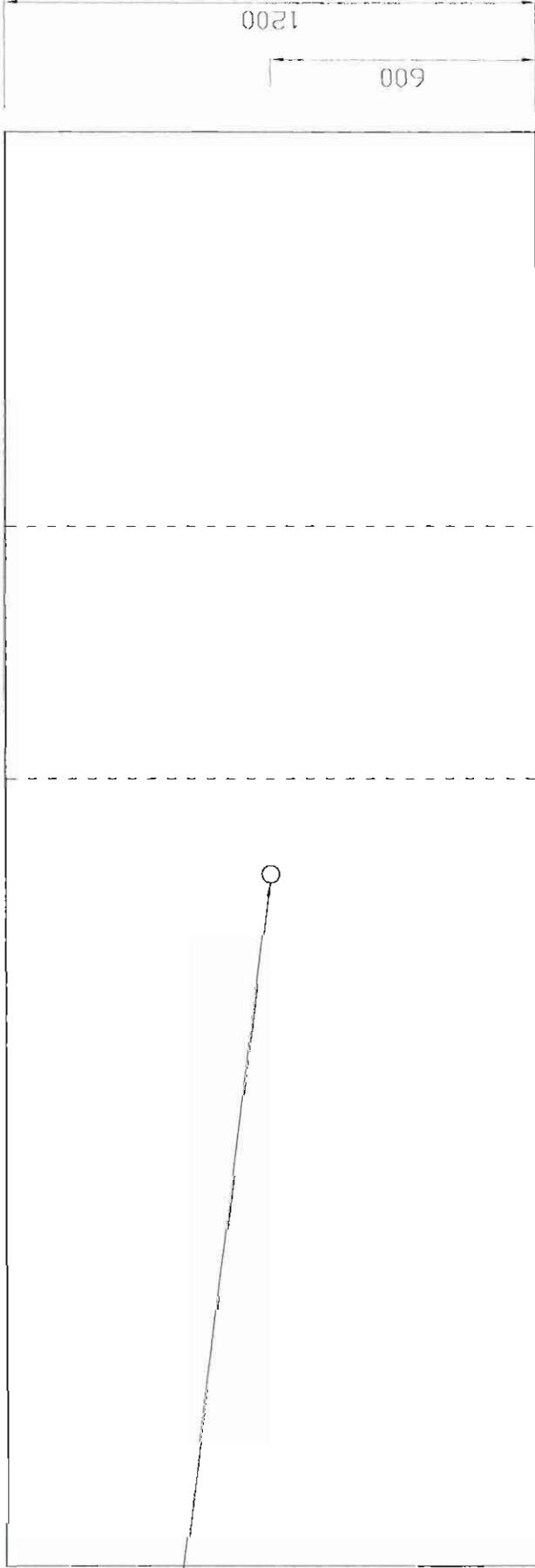
FECHA		NOMBRE	
Diseño	8/2002	F. Morán	
Revisión	8/2002	Ing. Martínez	
PIEZA No		PLANO No	
16		20	
Peso Unit. (kg)		Peso Tot. (kg)	
1.34		2.68	

3280

1800

580

900



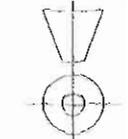
Ø40

1580

-----  
Doble a 500

# FIMCP - ESPOL

PROYECTO Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m<sup>3</sup>/día



ESCALA

1:15

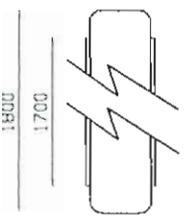
CONTIENE

Tanque de agua sedimentada

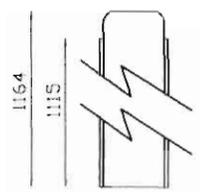
MATERIALES

Plancha A36 de 3 mm

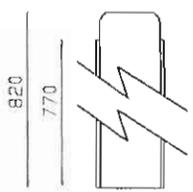
FECHA	NOMBRE
Dibujo 8/2002	F. Morán
Revisó 8/2002	Ing. Nara M. Z
PIEZA No	PLANO No
17	21
Peso unit. (kg)	Peso Tot. (kg)
927	927



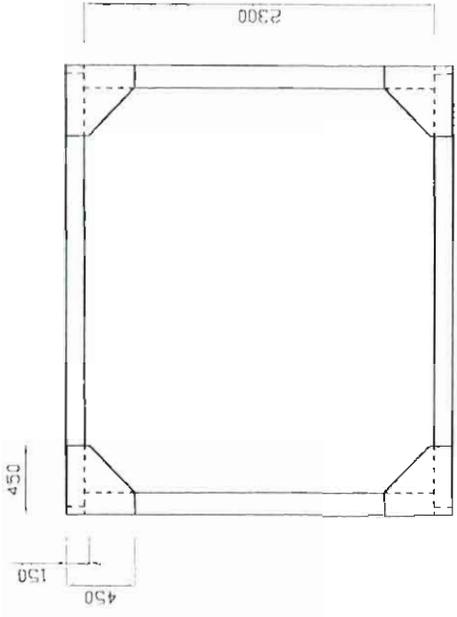
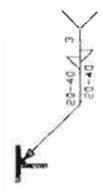
5 Canales



4 Canales



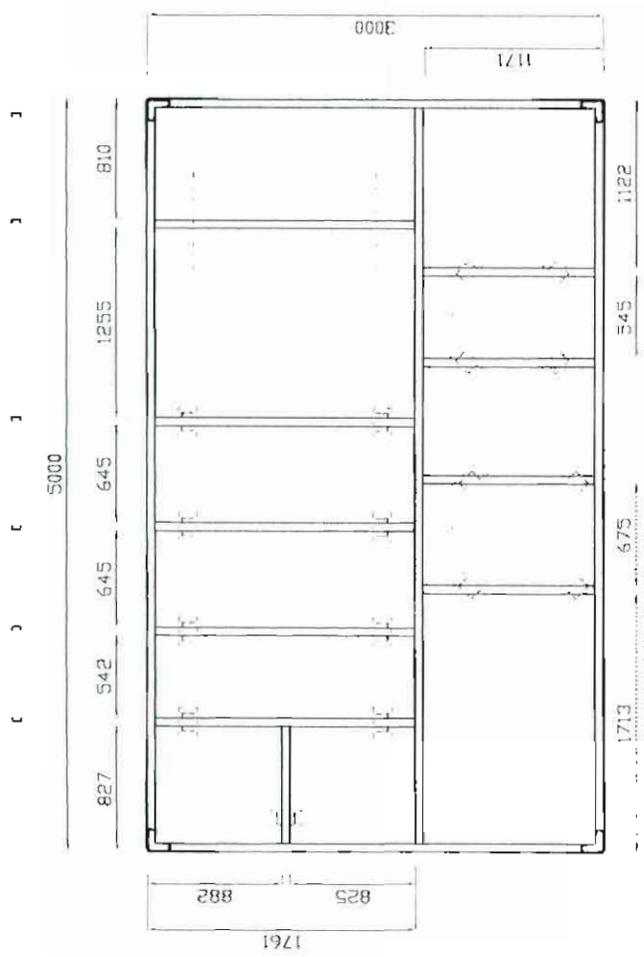
1 Canal



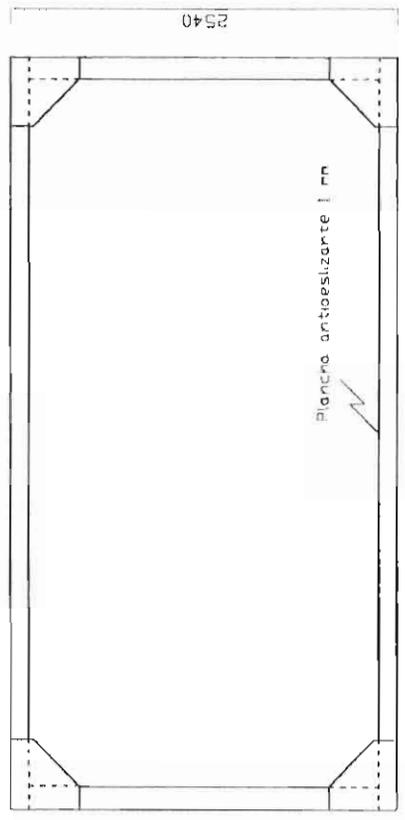
VISTA LATERAL



COLUMNAS ESCALA 1 : 10  
VIGAS ESCALA 1 : 10

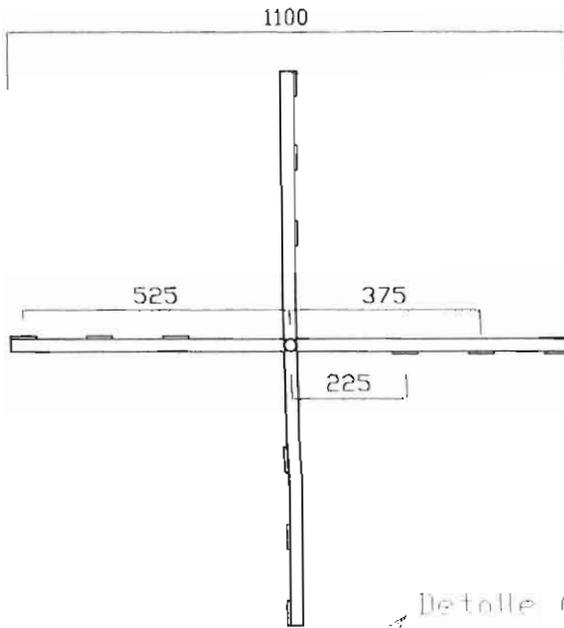


VISTA SUPERIOR

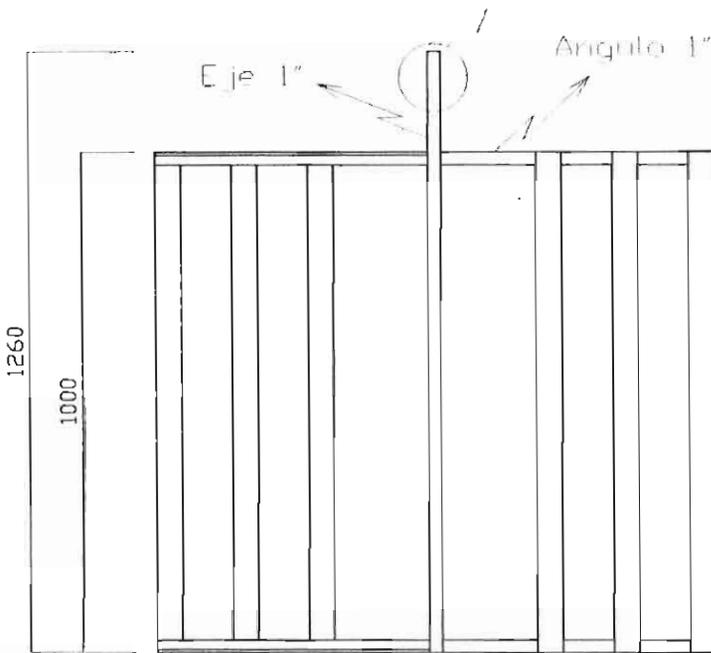


VISTA FRONTAL

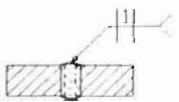
FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
PROYECTO : Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		Dibujo	8/2002 F. Morán
ESCALA : CONTIENE CHASIS DE PLANTA		Revisión	8/2002 Ing. Morán
MATERIALES: PERFILES Y VIGAS DE ACERO		PIEZA No	1822
ESCALA : 1:50		PLANO No	1822
		PESO (Kg)	1100



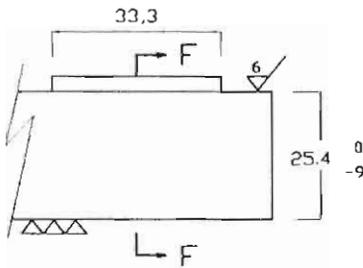
Detalle 4



Platino 2" x 1/8"

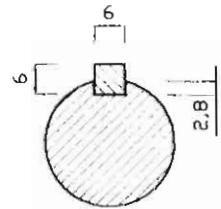


Soldadura a Tope

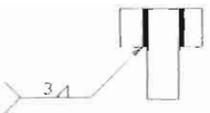


Detalle 6

Escala 1 : 1.5

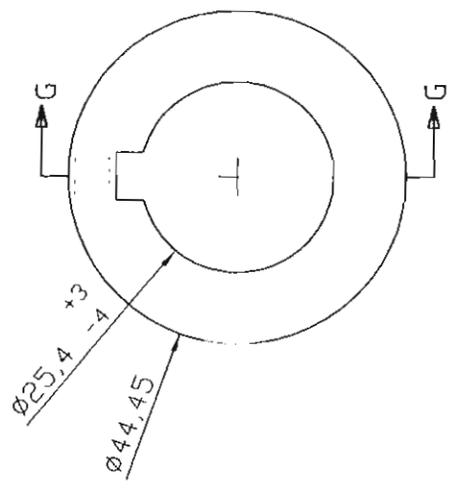
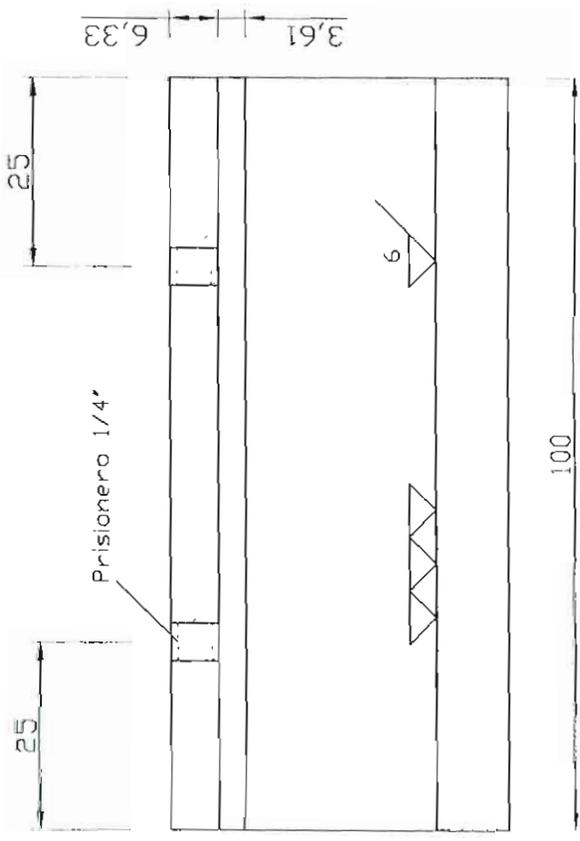


Corte E-E



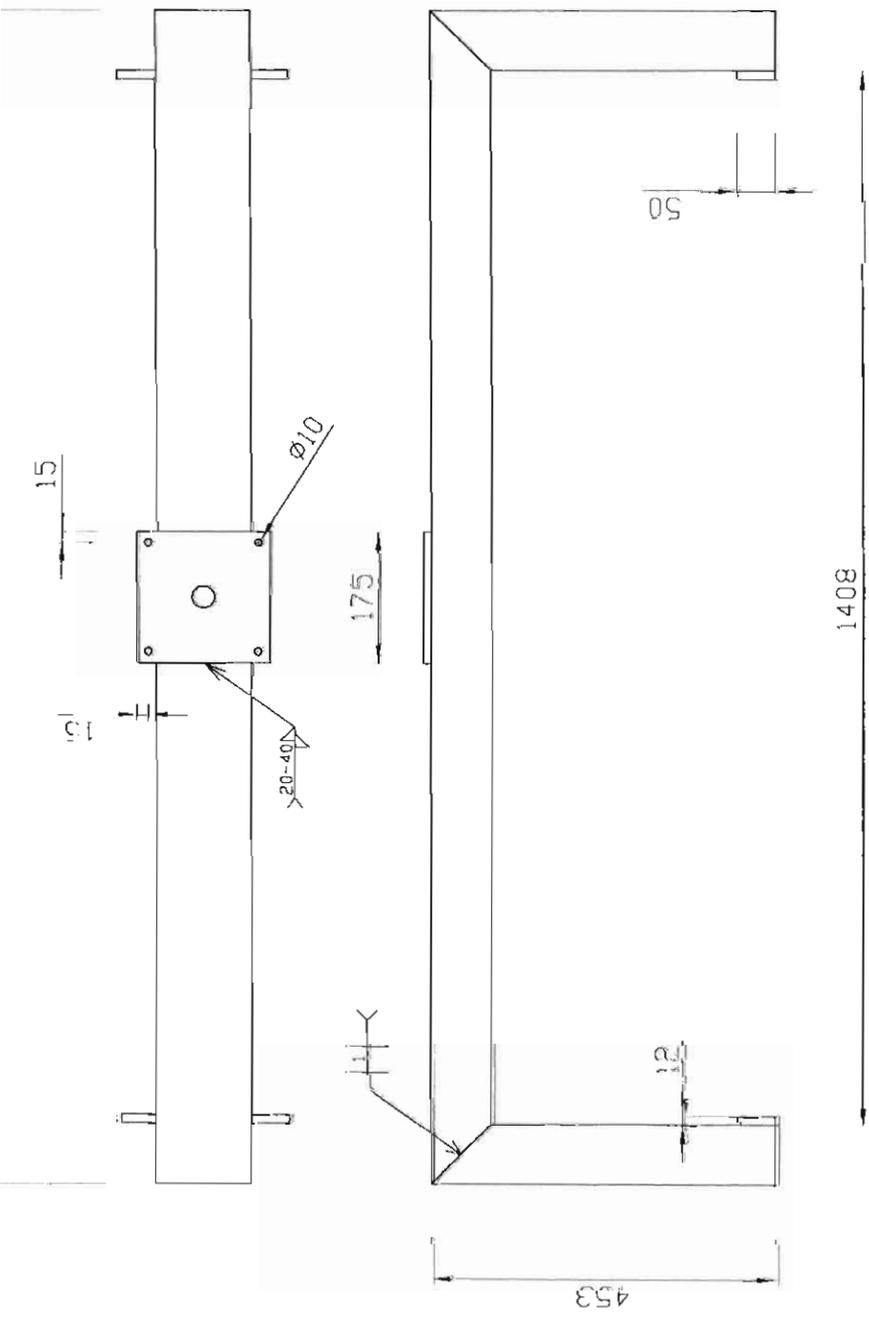
Soldadura de Filete

FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujo		8/2002	F. Morán
Revisó		8/2002	Ing. Martínez
PROYECTO : Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		PIEZA No	PLANO No
ESCALA : 1:15		19	23
CONTIENE : Mezclador de paletas		Peso Unit. (Kg)	Peso Tot. (Kg)
MATERIALES : Angulos, Platinas y Eje		29	29



CORTE G-G

FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujó	8/2002	F. Morán	
Revisó	8/2002	Eng. Martínez	
PIEZA No	2024	PLANO No	2024
PROYECTO: Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día			
ESCALA	1:1	CONTIENE	EMPATE CON MOTOREDUCTOR
MATERIALES:		EJE DE 1 3/4"	
Peso Unit (kg)	0.78	Peso Tot (kg)	0.78



FIMCP - ESPOL		FECHA	NOMBRE
Dibujó	8/2002	F. Morán	
Revisó	8/2002	Ing. Morán	
PIEZA No	2125	PLANO No	2125
PROYECTO · Diseño de una planta modular de agua potable para una capacidad de 200 m <sup>3</sup> /día		CONTIENE · Soporte del mezclador	
ESCALA · 1:10		MATERIALES · Canal 125x60x6	
		PESO (Kg) · 30	

**APÉNDICE B**

**BOMBAS DE CAPTACIÓN**



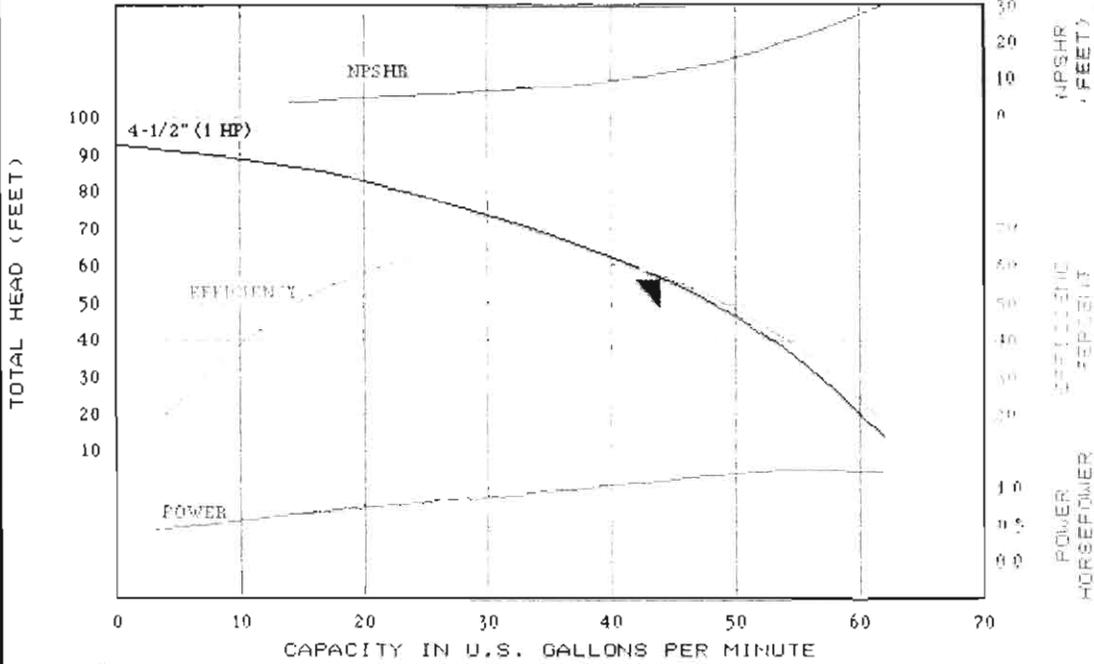
# MOTOR DRIVE

## CB1 1/4 XPS

Nominal RPM 3600

Based on Fresh Water @ 68 deg. F

Impeller Diameter: 4-1/2" (1 HP)



B.E.C. 4.5

### Motor Drive Centrifugal

#### PUMP DESCRIPTION

Pump Model:	CB1 1/4 XPS	Priming Type:	Standard
Impeller Dia.:	4.500 in.	Impeller Material:	Brass
Suction:	1 1/2" NPT	Discharge:	1 1/4" NPT
Shaft Seal:	Mechanical		

#### PUMP PERFORMANCE

Flow:	44.0 GPM	Power:	1.1 BHP
Total Dynamic Head:	56.6 feet	Efficiency:	57.0
Nominal Speed:	3600	NPSHR:	11.5 feet
Shut-Off Head:	92.6 feet	Max Power:	1.3 BHP
Best Eff:	64.5 @ 31.4 GPM		

#### MOTOR

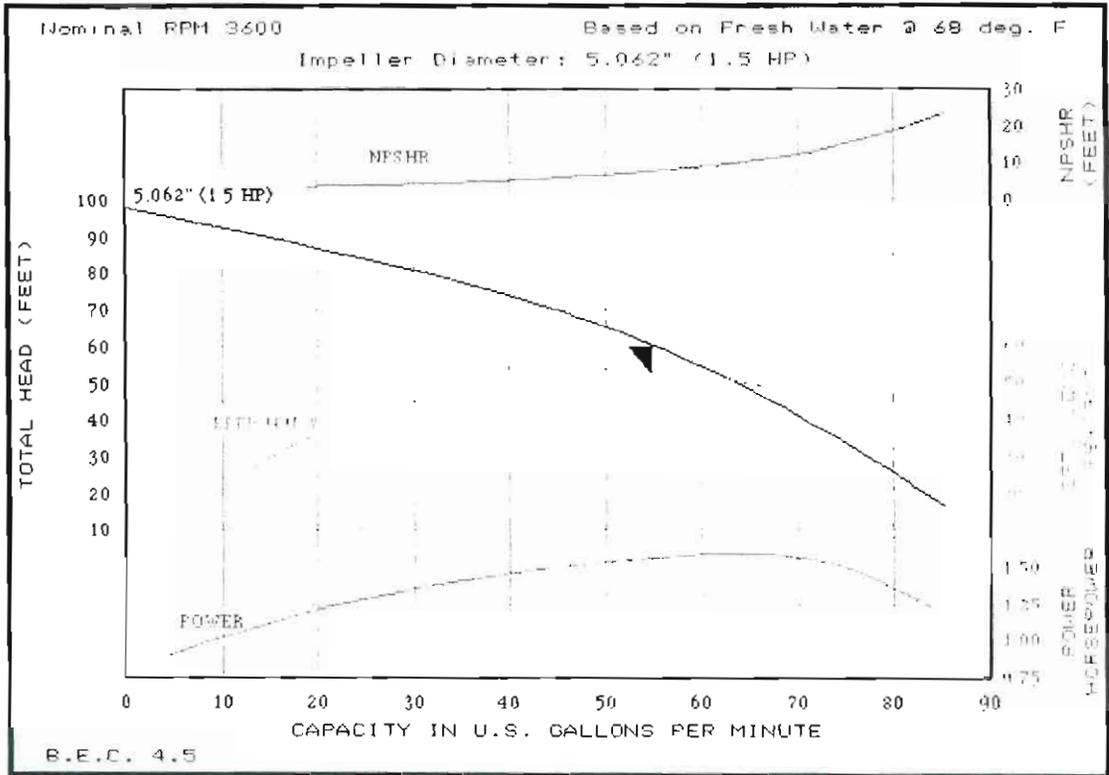
Size:	1 Hp	Enclosure:	ODP
Voltage:	Consult Catalog/Factory	Hz/Phase:	60/1

### BOMBA CON CAPACIDAD DE 44 GPM



# MOTOR DRIVE

## CB1 1/4 XPS



### Motor Drive Centrifugal

#### PUMP DESCRIPTION

Pump Model:	CB1 1/4 XPS	Priming Type:	Standard
Impeller Dia.:	5.062 in.	Impeller Material:	Brass
Suction:	1 1/2" NPT	Discharge:	1 1/2" NPT
Shaft Seal:	Mechanical		

#### PUMP PERFORMANCE

Flow:	55.0 GPM	Power:	1.6 BHP
Total Dynamic Head:	60.4 feet	Efficiency:	53.6
Nominal Speed:	3600	NPSHR:	7.7 feet
Shut-Off Head:	98.1 feet	Max Power:	1.6 BHP
Best Eff:	53.9 @ 51.3 GPM		

#### MOTOR

Size:	1 1/2 Hp	Enclosure:	ODP
Voltage:	Consult Catalog/Factory	Hz/Phase:	60/1

### BOMBA CON CAPACIDAD DE 55 GPM



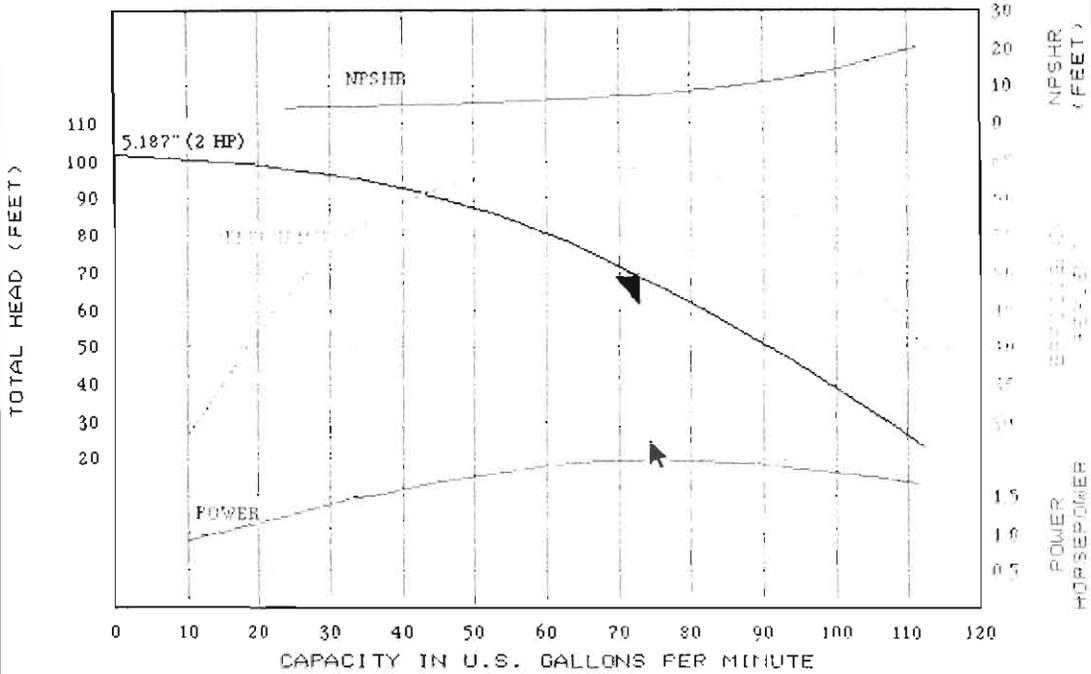
# MOTOR DRIVE

CB1 ¼ XPS

Nominal RPM 3600

Based on Fresh Water @ 68 deg. F

Impeller Diameter: 5.187" (2 HP)



B.E.C. 4.5

## Motor Drive Centrifugal

### PUMP DESCRIPTION

Pump Model:	CB1¼XPS	Priming Type:	Standard
Impeller Dia.:	5.187 in.	Impeller Material:	Brass
Suction:	1½"NPT	Discharge:	1½"NPT
Shaft Seal:	Mechanical		

### PUMP PERFORMANCE

Flow:	73.0 GPM	Power:	2.0 BHP
Total Dynamic Head:	69.2 feet	Efficiency:	64.1
Nominal Speed:	3600	NPSHR:	7.9 feet
Shut-Off Head:	101.7 feet	Max Power:	2.0 BHP
Best Eff:	64.2 @ 69.0 GPM		

### MOTOR

Size:	2 Hp	Enclosure:	ODP
Voltage:	Consult Catalog/Factory	Hz/Phase:	60/1

**BOMBA CON CAPACIDAD DE 73 GPM**



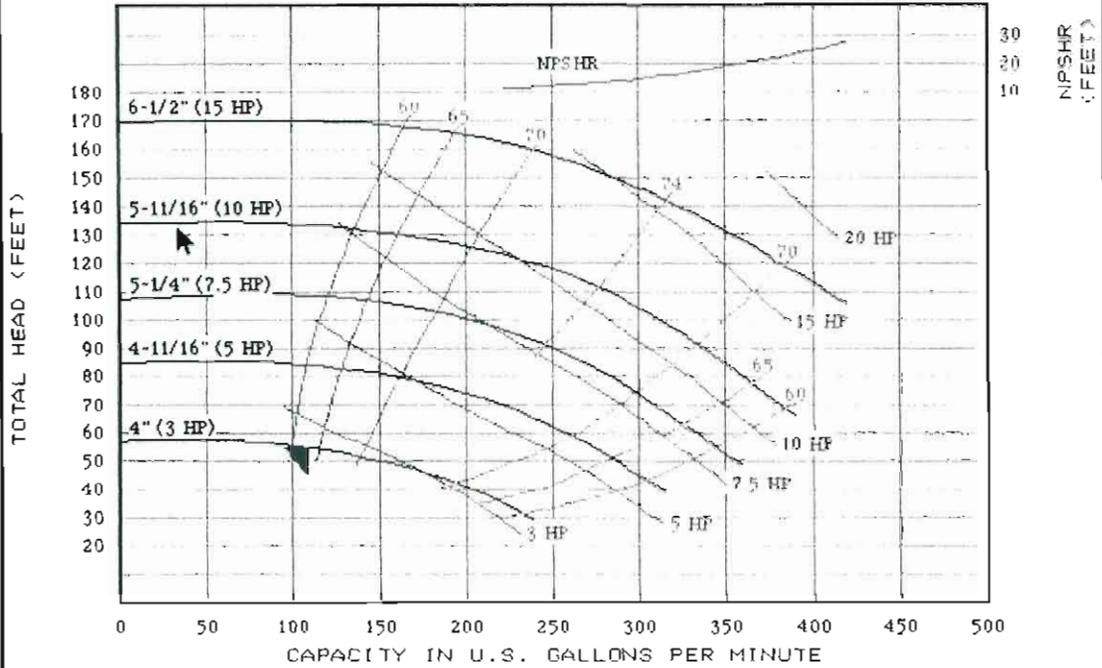
# MOTOR DRIVE

## B2 1/2 TPM

Nominal RPM 3600

Based on Fresh Water @ 68 deg. F

Impeller Diameter: 4" (3 HP)



### Motor Drive Centrifugal

#### PUMP DESCRIPTION

Pump Model:	B2 1/2 TPM	Priming Type:	Standard
Impeller Dia.:	4.000 in.	Impeller Material:	Iron
Suction:	3"NPT	Discharge:	2 1/2"NPT
Shaft Seal:	Packing		

#### PUMP PERFORMANCE

Flow:	110.0 GPM	Power:	2.4 BHP
Total Dynamic Head:	54.9 feet	Efficiency:	62.9
Nominal Speed:	3600	NPSHR:	11.2 feet
Shut-Off Head:	56.9 feet	Max Power:	3.0 BHP
Best Eff:	72.1 @ 165.7 GPM		

#### MOTOR

Size:	3 Hp	Enclosure:	ODP
Voltage:	Consult Catalog/Factory	Hz/Phase:	60/1

BOMBA CON CAPACIDAD DE 110 GPM



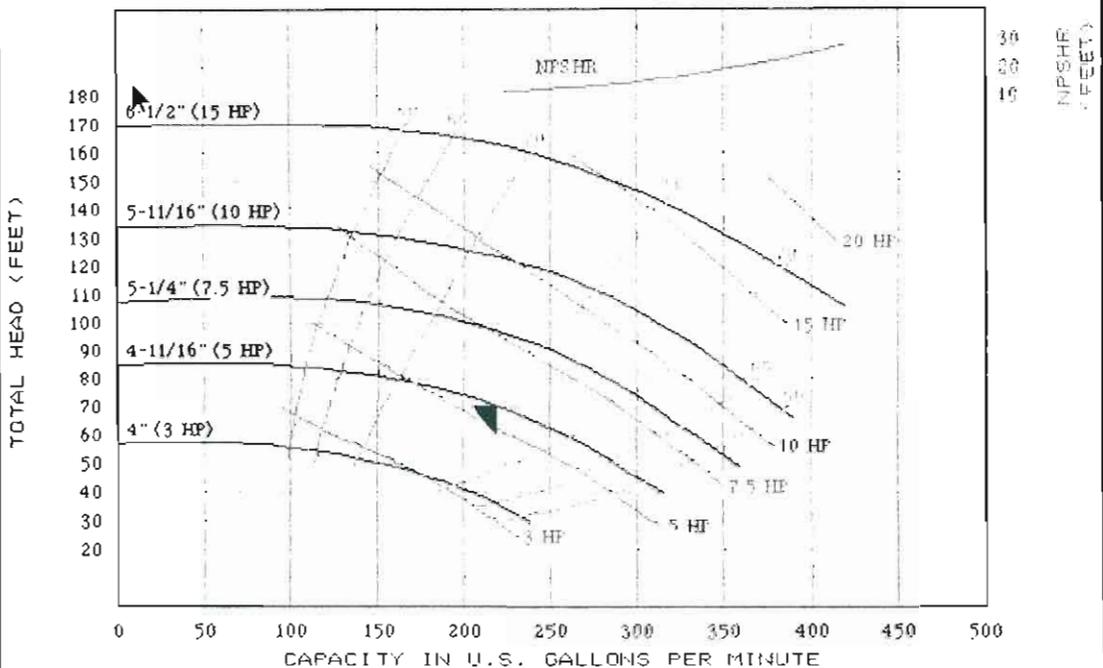
# MOTOR DRIVE

## B2 1/2 TPM

Nominal RPM 3600

Based on Fresh Water @ 68 deg. F

Impeller Diameter: 4-11/16" (5 HP)



B.E.C. 4.5

### Motor Drive Centrifugal

#### PUMP DESCRIPTION

Pump Model:	B2 1/2 TPM	Priming Type:	Standard
Impeller Dia.:	4.688 in.	Impeller Material:	Iron
Suction:	3"NPT	Discharge:	2 1/2"NPT
Shaft Seal:	Packing		

#### PUMP PERFORMANCE

Flow:	220.0 GPM	Power:	5.3 BHP
Total Dynamic Head:	70.2 feet	Efficiency:	73.0
Nominal Speed:	3600	NPSHR:	11.2 feet
Shut-Off Head:	84.5 feet	Max Power:	5.6 BHP
Best Eff:	73.1 @ 212.3 GPM		

#### MOTOR

Size:	5 Hp	Enclosure:	ODP
Voltage:	Consult Catalog/Factory	Hz/Phase:	60/1

### BOMBA CON CAPACIDAD DE 220 GPM



## **APÉNDICE C**

**DATOS DE NORMA SSPC**

**EQUIPOS DE SANDBLASTING**

## Resumen de especificaciones para preparación de superficies metálicas

Especificación SSPC	Descripción
SP 1, limpieza con solvente	Eliminación de aceite, grasa, suciedad, tierra, sales y contaminantes mediante solvente, vapor, álcali, emulsión o vapor.
SP 2, limpieza con herramienta manual	Eliminación de óxido, capa de laminación y pintura (todos sueltos) al grado especificado, mediante burilado manual, raspado, lijado y cepillado con escobilla metálica.
SP 3, limpieza con herramienta eléctrica	Eliminación de óxido, capa de laminación y pintura (todos sueltos) al grado especificado, mediante herramienta eléctrica, decapado, arenado, cepillado con escobilla metálica y esmerilado, herramientas neumáticas.
SP 5, limpieza con chorro abrasivo a grado metal blanco	Eliminación total de óxido, capa de laminación, pintura y materia extraña (todos visibles) mediante limpieza con chorro abrasivo (seco o húmedo) usando arena, gravilla o granalla. (Para atmósferas muy corrosivas en donde se justifique un alto costo de limpieza).
SP 6, limpieza con chorro abrasivo a grado comercial	Limpieza con chorro abrasivo hasta que al menos dos tercios del área de la superficie esté libre de todos los residuos visibles. (Para condiciones en las cuales se requiere una superficie perfectamente limpia).
SP 7, limpieza con chorro abrasivo a grado hasta arenado ligero	Limpieza con chorro abrasivo de todos los residuos (excepto los adheridos firmemente) de capa de laminación, óxido y recubrimientos.
SP 8, limpieza por medios químicos	Eliminación completa de óxido y capa de laminación mediante decapado ácido o decapado electrolítico.
SP 10, limpieza con chorro abrasivo a grado metal casi blanco	Limpieza con chorro cercana a la limpieza a metal blanco, hasta que al menos un 95% del área de la superficie esté libre de todos los residuos visibles. (Para ambientes con alta humedad, atmósfera química, ambientes marinos u otros ambientes corrosivos).
SP 11, limpieza mediante herramienta eléctrica a metal desnudo	Eliminación completa de todo óxido, capa de laminación y pintura mediante herramientas eléctricas, con perfil de superficie resultante.
SP 12, limpieza con chorro de agua a altas presiones	Eliminación completa de pinturas y recubrimientos que se encuentran aplicados sobre superficies metálicas. No produce perfil de anclaje.
Vis 1-89, normal visual para acero limpiado con chorro abrasivo	Fotografías de referencia patrón; complemento recomendado para la especificación SSPC de preparación de superficie SSPC-SP 5,6,7 y 10.
Vis 2. Método estándar para evaluar el grado de oxidación en superficies de acero pintadas	Una escala numérica geométrica para evaluar el grado de oxidación de acero pintado. Ilustrado mediante fotografías en color y diagramas de punto en blanco y negro.

## Grados de limpieza de una superficie

Los principales grados de limpieza de superficies metálicas definidos por algunos de estos comités son:

Tipo de Limpieza	SSPC	NACE	ISO
Solvente	SP1	-	-
Manual	SP2	-	-
Mecánica	SP3	-	-
Abrasivo Metal blanco	SP5	NACE 1	Sa 3
Abrasivo Nivel Comercial	SP6	NACE 3	Sa 2
Abrasivo Ligero	SP7	NACE 4	Sa 1
Química	SP8	-	-
Abrasivo Metal casi blanco	SP10	NACE 2	Sa 2 1/2
Agua a altas presiones	SP12	NACE 5	-

### Limpieza con solventes (SSPC-SP1)



Procedimiento que se utiliza para remover materiales extraños perjudiciales tales como: aceite, grasa, manchas y otras contaminaciones de la superficie del acero mediante el uso de solventes, emulsiones, compuestos limpiadores, limpieza con vapor o materiales y métodos similares, los cuales determinan una acción solvente o limpiadora.

Los solventes para la limpieza, deben ser usados antes de aplicar la pintura y en conjunto con otros métodos especificados para preparación de superficies, para remover la herrumbre, cascarilla de laminación o pintura.

Las siguientes precauciones de seguridad deben ser tomadas en cuenta durante la limpieza con solvente:

- El operario debe utilizar guantes y gafas.
- Se deben utilizar respiradores para la protección contra la inhalación de vapores tóxicos.
- Benceno y tetracloruro de carbono son disolventes venenosos y nunca deben ser utilizados.
- No se debe utilizar gasolina o solventes con bajo punto de inflamación tales como MEK o acetona.
- No se debe fumar durante la operación de limpieza.

### Limpieza con herramientas manuales (SSPC-SP2)

Procedimiento que se utiliza para remover cascarilla de laminación desprendida, herrumbre y pintura descascarada con raspado manual o por la aplicación de estos métodos.

La limpieza manual es especificada bajo las siguientes condiciones:

- Cuando el recubrimiento o pintura existente se encuentra en condiciones levemente aceptables y solamente presenta unas pequeñas áreas degradadas.
- Cuando las áreas a limpiar son inaccesibles para aplicar chorro abrasivo.
- Cuando la preparación con abrasivo u otros métodos no pueden ser aceptados.
- Cuando el área es puntual y menor a 5m<sup>2</sup>.



## Grados de limpieza de una superficie

Los principales grados de limpieza de superficies metálicas definidos por algunos de estos comités son:

Tipo de Limpieza	SSPC	NACE	SSS
Solvente	SP1	-	-
Manual	SP2	-	-
Mecánica	SP3	-	-
Abrasivo Metal blanco	SP5	NACE 1	Sa 3
Abrasivo Nivel Comercial	SP6	NACE 3	Sa 2
Abrasivo Ligero	SP7	NACE 4	Sa 1
Química	SP8	-	-
Abrasivo Metal casi blanco	SP10	NACE 2	Sa 2 1/2
Agua a altas presiones	SP12	NACE 5	-

### Limpieza con solventes (SSPC-SP1)



Procedimiento que se utiliza para remover materiales extraños perjudiciales tales como: aceite, grasa, manchas y otras contaminaciones de la superficie del acero mediante el uso de solventes, emulsiones, compuestos limpiadores, limpieza con vapor o materiales y métodos similares, los cuales determinan una acción solvente o limpiadora.

Los solventes para la limpieza, deben ser usados antes de aplicar la pintura y en conjunto con otros métodos especificados para preparación de superficies, para remover la herrumbre, cascarilla de laminación o pintura.

Las siguientes precauciones de seguridad deben ser tomadas en cuenta durante la limpieza con solvente:

- El operario debe utilizar guantes y gafas
- Se deben utilizar respiradores para la protección contra la inhalación de vapores tóxicos
- Benceno y tetracloruro de carbono son disolventes venenosos y nunca deben ser utilizados
- No se debe utilizar gasolina o solventes con bajo punto de inflamación tales como MEK o acetona
- No se debe fumar durante la operación de limpieza

### Limpieza con herramientas manuales (SSPC-SP2)

Procedimiento que se utiliza para remover la cascarilla de laminación desprendida, herrumbre y pintura descascarada con cepillo manual, raspado manual o por la combinación de estos métodos.

La limpieza manual es especificada bajo las siguientes condiciones:

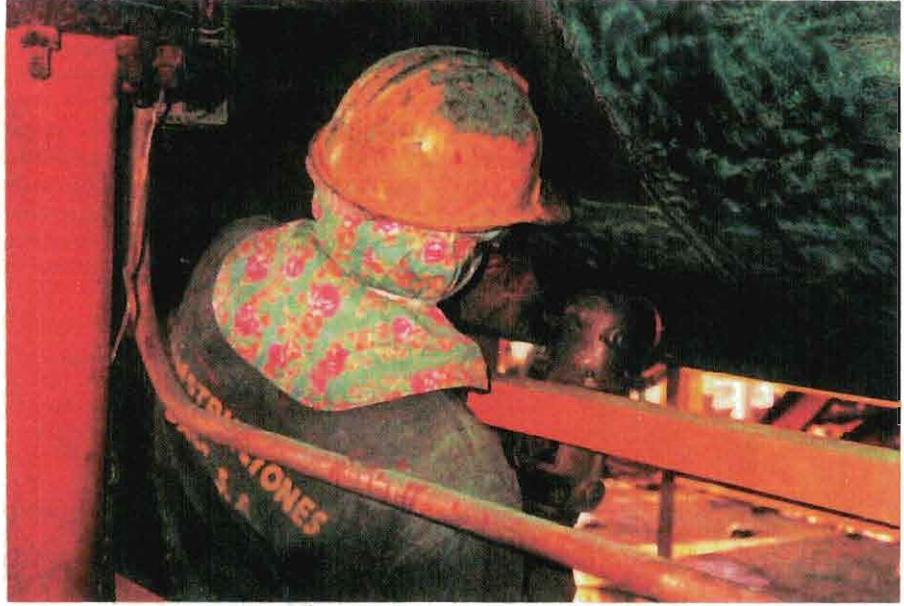
- Cuando el recubrimiento o pintura existente se encuentra en condiciones levemente aceptables y solamente presenta unas pequeñas áreas degradadas
- Cuando las áreas a limpiar son inaccesibles para aplicar chorro abrasivo
- Cuando la preparación con abrasivo u otros métodos no pueden ser aceptados.
- Cuando el área es puntual y menor a 5m<sup>2</sup>



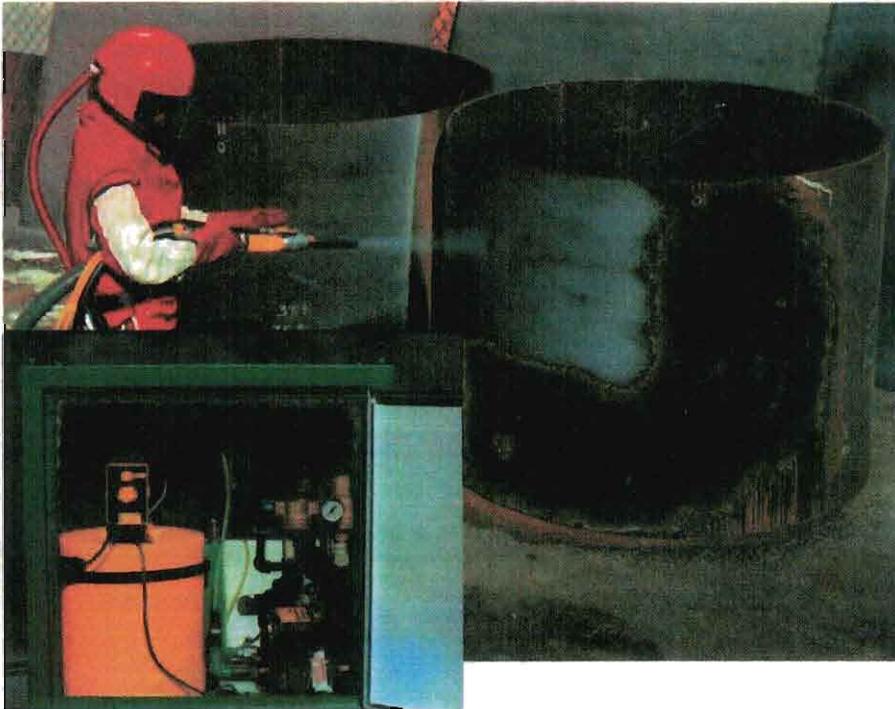
## Limpieza con herramientas eléctricas o neumáticas (SSPC-SP3)

La limpieza con herramientas eléctricas o neumáticas, es un método para remover la cascarilla de laminación desprendida, herrumbre suelta y pintura descascarada con cepillos eléctricos o neumáticos, impacto eléctrico o neumático, esmeril eléctrico o neumático, o por la combinación de estos métodos.

Este tipo de limpieza se efectúa en aquellos elementos donde por su ubicación física es imposible realizar limpieza con chorro abrasivo.



## Limpieza con chorro abrasivo



La limpieza con chorro es una técnica de preparar superficies metálicas para remover toda la cascarilla de laminación, herrumbre, pintura o materias extrañas mediante el uso de un abrasivo impulsado a

través de tobera o por ruedas centrífugas. Los principales elementos que constituyen el soporte para la preparación de superficie con chorro abrasivo son (entre otros):

- Compresor
- Tolva
- Mangueras
- Boquillas
- Otros (acoples, etc.)



Los materiales usados en la fabricación de las boquillas deben ser seleccionados para resistir al abrasivo, generalmente son de carbono de silicio lo cual aumenta la vida útil de la boquilla en más del 25% manteniendo el mismo poder y patrón de distribución del abrasivo. Los casquillos de aluminio dan un refuerzo adicional para proteger la tobera; el exterior de las boquillas generalmente es de uretano para resistir el manejo severo normal en el trabajo.

Hay diferentes tipos de boquillas:

- Cortas: Diseñadas para trabajar cerca de la superficie (menos de 30 cm)
- Largas: Para superficies muy contaminadas, a una distancia de la superficie mayor de 30 cms.

Tipicamente las boquillas con entrada de 1" son más eficaces cuando se usan a una distancia de 30 cms. hasta 60 cms. de la superficie.

Las boquillas con entrada de 1/4" son más eficaces a distancias entre 50 cms. y 70 cms. de la superficie.

Las acoples y portaboquillas deben ser material para uso severo; en general, los acoples deben ser de tipo universal permitiendo la interconexión rápida de diferentes tamaños de mangueras desde 1/2" DI hasta 1 1/2" DI. Los cuerpos de los acop-

les deben ser extralargos para preveer un soporte adicional.

Los portaboquillas deben ser de acople rápido para los tres tipos de base (rosca fina, rosca gruesa y acople rápido sin rosca).

Las mangueras deben ser del tipo liviano y de gran tolerancia de producción para manejar presiones máximas de trabajo.

### Equipo para la limpieza con chorro abrasivo

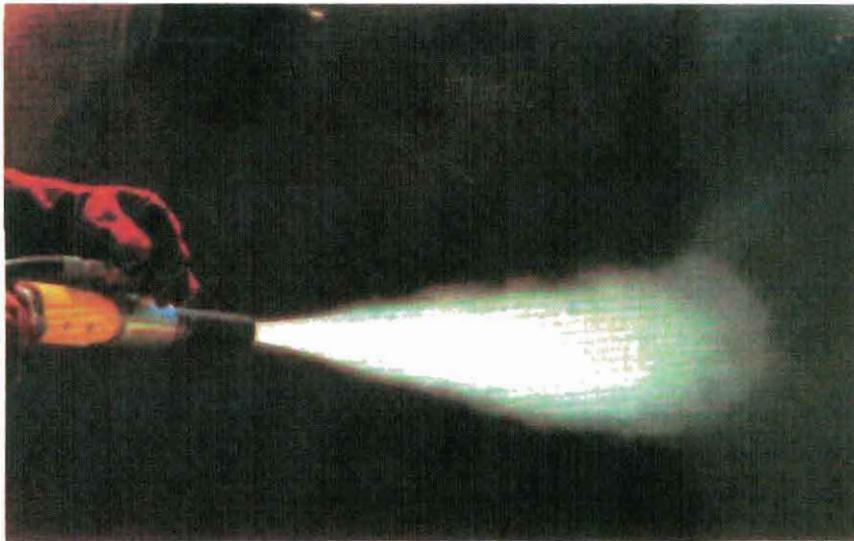


Foto: Cortesía de CLEMCO



Toiva

### Boquillas de Carburo de Silicio

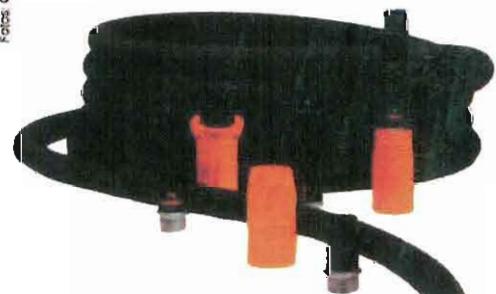


Corte seleccionado de la boquilla



Rosca gruesa

Acople rápido sin rosca



Manguera ultraligera y flexible, boquilla de carburo de silicio con exterior de uretano a la portaboquilla



## Abrasivos no metálicos

- **Chorro de arena:** Usando aire comprimido, toberas y arena seca con un máximo de tamaño de partículas que no pueda pasar por un tamiz de 16 mallas de "US Sieve Series".
- **Chorro de arena húmedo:** Se usa aire comprimido, agua y arena con un máximo de tamaño de partícula que no pueda pasar por un tamiz de 16 mallas "US Sieves series".  
Se debe usar un inhibidor de corrosión para evitar la corrosión instantánea.

## Abrasivos metálicos

En general, hoy en día se utilizan dos tipos de abrasivos metálicos: **granallas y perdigones** que son elementos metálicos utilizados como abrasivos en la preparación de superficies. El **perdigón** tiene una forma esférica mientras que la **granalla** tiene una forma con aristas los cuales producen un corte mayor para la consecución del perfil de rugosidad.

La distribución del tamaño del abrasivo está influenciada por varios factores, tales como:

- Tipo y calidad del abrasivo
- Tamaño y forma original
- Velocidad del abrasivo
- Dureza y densidad
- Angulo de impacto
- Dureza del elemento a pintar

Durante el proceso de limpieza con chorro abrasivo se debe cambiar abrasivo viejo por nuevo para compensar el desgaste del material original.

Los abrasivos metálicos han sido ampliamente utilizados como alternativa para limpieza de superficies metálicas donde se requiere no contaminar el ambiente o atender contra la salud de los aplicadores.

Los abrasivos metálicos se encuentran especificados de acuerdo a normas SAE:

- **SAE Shot Number:** Para perdigones que pasan malla NBC de la número 4 a la número 200.

Estos perdigones se clasifican como: S110, S170, S230, S280, S330, etc, de acuerdo con el porcentaje de material retenido en una malla determinada.

- **SAE Grit Number:** Para granallas que pasan malla NBS de la número 4 a la número 325.

Esta granalla se clasifica como : G10, G12, G14, G16, G25, G50, G80, etc, de acuerdo al porcentaje de material retenido en una malla determinada.

El máximo tamaño permisible del abrasivo **dependerá** de la rugosidad de la superficie o máxima altura del perfil de rugosidad, el cual a la vez es función del espesor de la pintura que se va aplicar.

La máxima altura del perfil de anclaje producido en la superficie, se mide desde el fondo de las más profundas picaduras hasta la parte más alta de los picos.

La máxima altura de perfil producido por un número diferente de abrasivos en operación de limpieza con chorro abrasivo ha sido medido como se indica en la tabla de Abrasivo contra Altura Perfil. (pag.9)

## Datos físicos sobre abrasivos no metálicos

Dureza (Escala de Mohs)	Forma	Color	Grado de empolvamiento	Reutilización
-------------------------	-------	-------	------------------------	---------------

### Abrasivos de ocurrencia natural

ARENAS:					
Silice	5	Redondeado	Blanco	Alto	Pobre
Mineral	5 a 7	Redondeado	Variable	Medio	Buena
Cuarzo		Angular	Lig. Gris	Medio	Buena
Granate		Angular	Rosado	Medio	Buena
Zirconio		Cúbico	Blanco	Bajo	Buena
Novaculita		Angular	Blanco	Bajo	Buena

### Abrasivos de subproductos

ESCORIAS:					
De caldera		Angular	Negro	Alto	Pobre
De cobre		Angular	Negro	Bajo	Buena
De níquel		Angular	Verde	Alto	Pobre
Cáscara de nueces		Cúbicas	Pardo	Bajo	Pobre
Conchas de durazno		Cúbicas	Pardo	Bajo	Pobre
Mazorcas		Angulares	Curtido	Bajo	Buena

### Abrasivos manufacturados

Carburo de silicio		Angular	Negro	Bajo	Buena
Oxido de aluminio		En bloque	Pardo	Bajo	Buena
Cuentas de vidrio		Esféricas	Claro	Bajo	Buena

## Tamaño del Abrasivo contra Altura de Perfil

Abrasivo	Máximo tamaño Partícula	Máxima altura de perfil (mils)
Arena muy fina	A través de malla 80*	1.5
Arena fina	A través de malla 40	2.8
Arena media	A través de malla 18	3.4
Arena gruesa	A través de malla 12	3.8
Steel grit # G-80**	A través de malla 40	1.8
Iron grit # G-50***	A través de malla 30	2.2
Iron grit # G-40	A través de malla 20	3.4
Iron grit # G-25	A través de malla 16	4.6
Iron grit # G-16	A través de malla 12	6.5
Steel shot # S-170**	A través de malla 20	2.8
Iron shot # S-230	A través de malla 18	3.0
Iron shot # S-330	A través de malla 16	3.5
Iron shot # S-390	A través de malla 14	3.8

\* US Sieves Series

\*\* Operating Mixtures

\*\*\* Crushed iron grit

El perfil máximo puede variar con: el ángulo del chorro, la velocidad de la partícula, la dureza de la superficie y la calidad de la limpieza por chorro.

El espesor de la película seca de pintura sobre los picos del perfil, deberá ser igual al espesor conocido que se necesita sobre una superficie uniforme para la deseada protección. Si no es posible usar un

abrasivo de partículas pequeñas suficiente para producir la deseable altura de perfil, el espesor de película seca de pintura deberá aumentarse para permitir un espesor adecuado en los picos.

La superficie limpiada con chorro debe ser tratada o imprimada antes de que se oxide, de otra manera, los beneficios de la limpieza por chorro se perderían. El metal desnudo recientemente expuesto se oxidará rápidamente bajo condiciones de alta humedad, punto de rocío o atmósfera corrosiva. Bajo condiciones atmosféricas

normales y suaves, la mejor práctica es imprimir o tratar químicamente dentro de las 6 horas después de la limpieza. Bajo ninguna circunstancia debe permitirse que el acero se oxide antes de pintarlo para ello se debe tener cuidado con el tiempo que transcurre entre la limpieza y la aplicación del imprimante. El color de la superficie limpiada se afecta con la naturaleza del abrasivo usado.

**Nota: 1 mil = 25,4 micrones**

## Requisitos de aire comprimido y consumo de abrasivo

Los datos suministrados de consumo son referidos a aquellos abrasivos que tienen una densidad de 100 libras por pie cúbico

Diámetro de la boquilla ó tobera	Presión en boquilla (psi)							Requisitos de: Aire y potencia del compresor
	50	60	70	80	90	100	125	
No. 2 1/8"	11	13	15	17	18.5	20	25	Aire (cfm)
	67	77	88	101	112	123	152	Abrasivo (lb/hr)
	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	Compresor (hp)
No. 3 3/16"	26	30	33	38	41	45	55	Aire (cfm)
	150	171	196	216	238	264	319	Abrasivo (lb/hr)
	6	7	8	9	10	10	12	Compresor (hp)
No. 4 1/4"	47	54	61	68	74	81	98	Aire (cfm)
	268	312	354	408	448	494	608	Abrasivo (lb/hr)
	11	12	14	16	17	18	22	Compresor (hp)
No. 5 5/16"	77	89	101	113	126	137	168	Aire (cfm)
	468	534	604	672	740	812	982	Abrasivo (lb/hr)
	18	20	23	26	28	31	37	Compresor (hp)
No. 6 3/8"	108	126	143	161	173	196	237	Aire (cfm)
	668	764	864	960	1052	1152	1393	Abrasivo (lb/hr)
	24	28	32	36	39	44	52	Compresor (hp)
No. 7 7/16"	147	170	194	217	240	254	314	Aire (cfm)
	896	1032	1176	1312	1448	1584	1931	Abrasivo (lb/hr)
	33	38	44	49	54	57	69	Compresor (hp)
No. 8 1/2"	195	224	252	280	309	338	409	Aire (cfm)
	1160	1336	1512	1680	1856	2024	2459	Abrasivo (lb/hr)
	44	50	56	63	69	75	90	Compresor (hp)

## Limpieza con chorro abrasivo grado metal blanco (SSPC-SP5)

La superficie preparada con chorro abrasivo grado metal blanco se define como una superficie con color uniforme gris blanco metálico, ligeramente rugosa y un conveniente perfil de anclaje para la pintura. La superficie quedará libre de aceite, grasa, suciedad, cascarilla de laminación, herrumbre, productos de corrosión, óxidos, pintura o cualquier otra materia extraña. El color de la superficie limpia puede ser afectado por la clase de medio abrasivo usado.

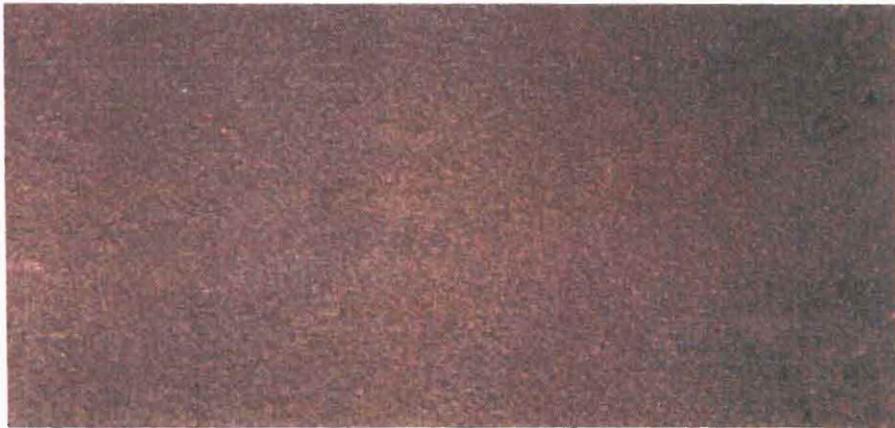
Fotografías u otros estándares visuales de la preparación de la superficie pueden ser usados para definir el grado de limpieza de las superficies.

Este método de limpieza se debe emplear cuando en la especificación del sistema de pintura no se permite la presencia de óxido ni de pintura anterior.

Es el mejor método de preparación de superficie.

Se debe tener en cuenta que:

- Si se ha hecho limpieza con chorro seco, la superficie debe ser cepillada (con cepillos de pelo, cerda o fibra), soplada con aire comprimido (seco y sin aceite), o limpiada al vacío con el propósito de remover las trazas de productos de la superficie así como remover el abrasivo de cavidades y esquinas.
- Si se ha hecho limpieza con chorro húmedo, la superficie debe ser limpiada con agua fresca a la cual se le ha agre-



Superficie grado metal blanco

gado una cantidad suficiente de inhibidor para prevenir la herrumbre, o con agua fresca seguida de un tratamiento de inhibidores. Esta limpieza debe ser complementada con un cepillado, para remover residuos, si es necesario.

- El aire comprimido usado en la limpieza con chorro debe estar libre de agua condensada y aceite. Debe preverse un separador adecuado o una trampa.
- La operación de limpieza por chorro debe hacerse de tal manera que no se produzcan daños en áreas adyacentes al trabajo.
- El "chorreado" seco no debe darse en superficies que pueden humedecerse

después de la limpieza y antes de pintarse o cuando las condiciones ambientales son tales que aparece una visible oxidación antes de pintar.

- Si se forma herrumbre después del chorreado, la superficie debe ser limpiada nuevamente antes de pintar. (SSPC-SP7)
- La superficie limpiada con chorro debe ser examinada. Si hay trazas de aceite, grasa u hollín, deberán ser removidos según especificaciones de limpieza con solventes".
- Donde puedan ocurrir contaminaciones químicas de la superficie, el acero debe ser pintado tan pronto como sea posible después de limpieza con chorro.

## Limpieza con chorro abrasivo grado comercial (SSPC-SP6)

Método para preparar superficies metálicas para remover cascarilla de laminación, herrumbre, pintura o materias extrañas con el uso de abrasivos impulsados a través de toberas por aire comprimido o por una rueda centrífuga.

*Esta limpieza es aquella en la cual todo el aceite, grasa, suciedad, cascarilla de laminación y materias extrañas han sido completamente eliminadas de la superficie, excepto ligeras sombras, rayas, o decoloraciones causadas por manchas de herrumbre, ligeras cascarillas de laminaciones, delgados residuos de pintura; si la superficie está picada, ligeros residuos de herrumbre y pintura pueden encontrarse en el fondo de las picaduras; por lo menos 2/3 de cada metro<sup>2</sup> de superficie estará libre de residuos visibles y el resto estará limitado por ligeras decoloraciones, ligeras sombras o residuos mencionados antes.*



Superficie grado comercial

Fotografías u otros estándares visuales de preparación de superficies pueden ser utilizados para definir el grado de las superficies de preparación.

El aire comprimido usado en la limpieza con chorro, debe estar libre de aceite y cantidades perjudiciales de agua condensada. Debe preverse un separador adecuado o una trampa.

El chorro seco no debe usarse en superficies que puedan humedecerse después de la limpieza y antes de pintarse, o cuando las condiciones ambientales son tales que aparece una visible oxidación antes de pintar.

Si se forma herrumbre después de la limpieza con chorro, la superficie debe ser limpiada nuevamente antes de pintar.

La superficie con chorro debe ser examinada. Si hay trazas de aceite, grasa u hollín, deberán ser removidas según "Limpieza con solventes" (pag. 5).

La humedad se condensa en cualquier superficie que esté más fría que el punto de rocío del aire a su alrededor. Por consiguiente no se recomienda usar el chorro seco, cuando la temperatura de la superficie del acero sea menor de (4°C) respecto del punto de rocío.



El intervalo de tiempo permisible entre la limpieza por chorro y la aplicación del imprimante puede variar mucho (de minutos a días) dependiendo del tipo de am-

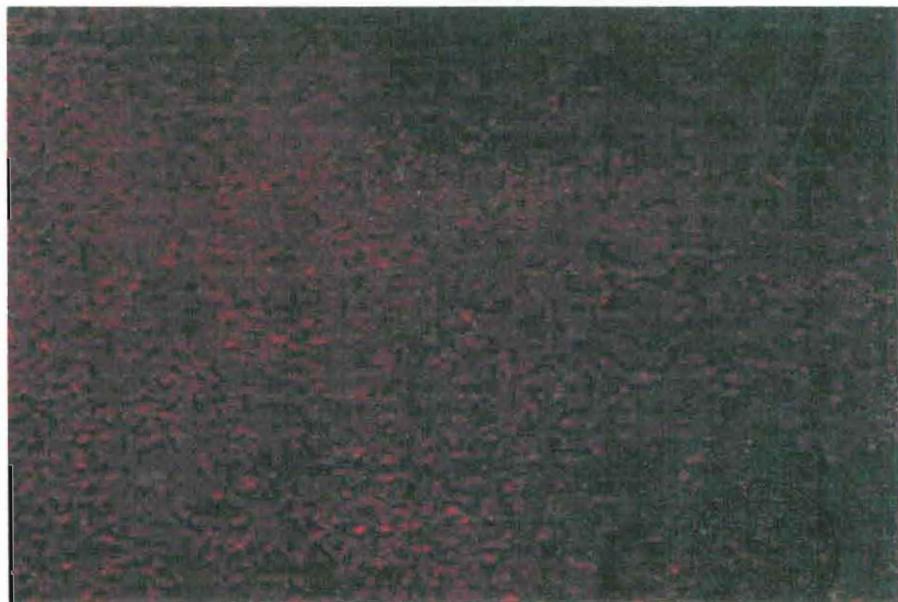
biente, en tal forma que garantice que la superficie permanezca libre de corrosión, aceite, etc.

## Limpieza con chorro arenado ligero (SSPC-SP7)

La limpieza con chorro arenado ligero (también conocido como "Brush-Off") es un método de preparar una superficie de metal para pintarla por rápida remoción de la cascarilla de laminación, herrumbre y pintura desprendida, hasta el grado antes

especificado, por impacto con abrasivos impulsados a través de una tobera por aire comprimido o por una rueda centrifuga. Este método de limpieza se utiliza en especial para eliminar la oxidación prematura (flash-rust) que se ha formado en los

momentos anteriores a la preparación de superficie. También se utiliza para reactivar capas de recubrimientos demasiado curados (epóxicos, uretanos).



Superficie limpiada con chorro arenado ligero

## Limpeza con chorro abrasivo grado metal casi blanco (SSPC-SP10)

La limpieza con chorro abrasivo grado metal casi blanco, es un método de preparación de superficies metálicas para remover casi toda la cascarilla de laminación, la herrumbre, la pintura y las materias extrañas, por medio de un abrasivo impulsado a través de una tobera o por una centrifuga, hasta el grado aquí especificado.

**El acabado final de una superficie limpiada con chorro grado casi blanco, se define como aquella en la cual todo aceite, grasa, suciedad, cascarilla de laminación, herrumbre, productos de corrosión, pintura y otras materias extrañas han sido completamente removidas de la superficie, excepto ligeras sombras, rayas o ligeras decoloraciones causadas por manchas de herrumbre, ligeras cascarillas de laminación y delgados residuos de pintura. Por lo menos un 95% de cada metro cuadrado de superficie estará libre de residuos visibles y el resto se limita a las ligeras decoloraciones mencionadas antes.**

Fotografías u otros estándares visuales de preparación de superficies pueden ser usados para modificar y definir el grado de preparación de las superficies.

Si se forma herrumbre después de la limpieza, la superficie debe ser limpiada de nuevo antes de pintar.

Donde puedan ocurrir contaminaciones químicas de la superficie, el acero debe ser pintado tan pronto como sea posible después de la limpieza con chorro.



Superficie grado metal casi blanco

## Preparación de superficie con chorro abrasivo húmedo (Wet Blast)

Es de conocimiento universal que el chorreado con abrasivos secos es la técnica más eficiente y económica para la limpieza de estructuras metálicas en las aplicaciones industriales.

La unidad de chorro abrasivo desarrolla una alta velocidad e impacto superficial el cual elimina óxido, pinturas viejas y adicionalmente promueve rugosidad a la base metálica para facilitar una excelente adherencia.

El chorreado que utiliza arena como abrasivo seco ha sido restringido durante los últimos años debido a varios factores:

- Atenta contra la salud (Silicosis) al inhalarse el polvo residual durante la operación de limpieza
- Disminución en la calidad del aire afectando la visibilidad de la operación
- Las partículas suspendidas en el ambiente
- La contaminación con polvo a las máquinas, equipos y aire acondicionados, válvulas, etc.

Por tal motivo se está implementando una modificación conocida como Chorreado Húmedo o Hidrotratamiento el cual consiste en mojar las partículas de arena con

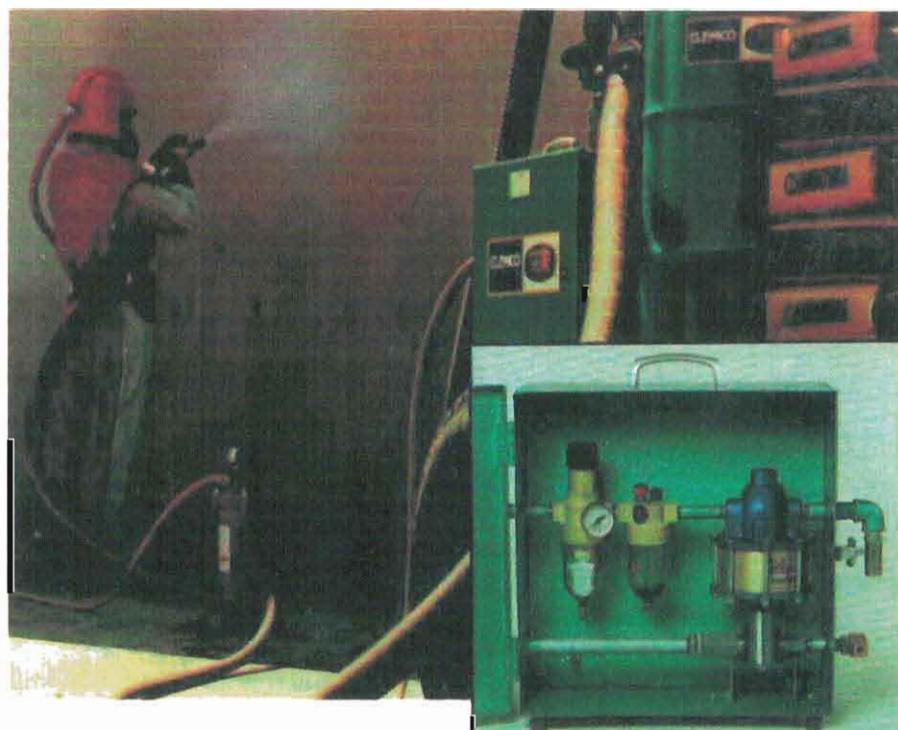


Foto: Cortesía de CLEMCO

Sistema Wetblast

agua, de manera que se disminuye en gran medida la generación de finos causantes de silicosis.

Adicionalmente, hay regulaciones para el manejo de los desechos especialmente cuando tienen compuestos de plomo, cromatos o de otros materiales tóxicos provenientes de recubrimientos anteriores.

Como alternativas a la preparación de superficie con abrasivo seco se incluye:

- Abrasivo libre de sílice o de baja producción de polvo
- Chorreado con arena húmeda: mezcla de agua y arena

Al utilizar las alternativas donde interviene el agua, se debe utilizar un inhibidor de

corrosión con el fin de evitar la producción de óxido por acción del agua sobre la superficie metálica (flash-rust): corrosión instantánea.

Se debe tener en cuenta en la escogencia del inhibidor de corrosión que éste sea compatible con el recubrimiento (pintura) que se va a aplicar puesto que en muchas

circunstancias se puede producir pérdida de adherencia de la pintura con la superficie metálica y adicionalmente ampolamiento y otros defectos.

Por tanto se recomienda antes de la operación efectuar los ensayos necesarios de compatibilidad entre el inhibidor y el recubrimiento (pintura). Los inhibidores utilizados deben ser de tipo ecológico.



Ilustración: Cortesía de CENCO

## Otros métodos de preparación de superficies

### Limpieza con chorro de agua a altas presiones (SSPC-SP12)

En 1996, un comité conformado por la SSPC y la NACE elaboró una norma para «Limpieza de superficies metálicas y otros materiales rígidos con ayuda de chorro de agua a altas presiones» antes de aplicar el recubrimiento o pintura.

De acuerdo a esta norma, el chorro de agua (waterjetting) es enviado a presiones superiores a 70 MPa (10,000 psi).

La limpieza con chorro de agua no produce perfil de anclaje: lo que se obtiene es la reutilización del perfil de anclaje que actualmente tiene la superficie.

Esta norma define cuatro tipos de limpieza usando agua, basados en la presión de

salida del agua (en unidades métricas se refiere a Megapascuales, o MPa y en unidades americanas se refiere a libras por pulgada cuadrada o psi):

- Limpieza con agua a baja presión: menor que 34 MPa (menor a 5,000 psi)
- Limpieza con agua a presión: entre 34 MPa y 70 MPa (5,000 a 10,000 psi)
- Limpieza con agua a presión: entre 70 MPa y 170 MPa (10,000 psi y 25,000 psi)
- Limpieza con agua a altísima presión (ultra-high): por encima de 170 MPa (por encima de 25,000 psi)

Los equipos utilizados por este tipo de limpieza se pueden clasificar en:

- Manuales
  - Automáticos (robotizados)
- los cuales requieren esencialmente de una fuente de agua, bomba para presurizar el agua, mangueras, toberas y válvulas de control.

Las toberas que se utilizan son de diferente tipo dependiendo de si la remoción del recubrimiento es en forma parcial o en forma total o para limpieza de configuraciones especiales tales como platinas, exterior o interior de tuberías, etc.

### Preparación de superficies de metales no ferrosos

Para superficies galvanizadas, aluminio, cinc, cobre, etc, se recomienda una limpieza mínima con solvente, según SSPC-SP1, seguida de lijado suave sin deteriorar el material.

Es recomendable la exposición de este tipo de superficies al medio ambiente por unos seis meses antes de pintarlas.



## Limpieza por medios químicos (SSPC-SP8)

La limpieza por medios químicos o «Pickling» es un método de preparación de superficies metálicas para remover la herrumbre, por reacción química, por electrolisis o por los dos métodos.

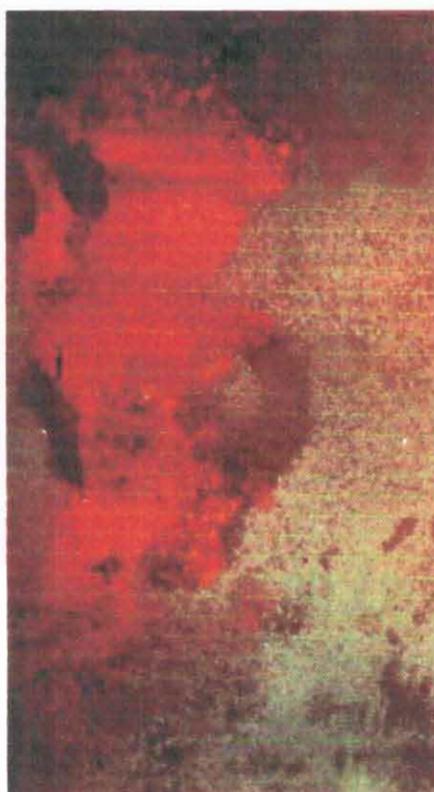
*Se entiende que una superficie limpia por medios químicos deberá estar completamente libre de toda cascarilla de laminación, herrumbre y materias extrañas. Aún más, la superficie deberá estar libre de ácidos o álcalis inactivos o peligrosos y de tizne.*

El acero preparado debe ser posteriormente tratado o imprimado. Es importante que la superficie esté completamente seca antes de aplicar el recubrimiento. Si se especifica un tratamiento químico, debe ser realizado antes de que ocurra una corrosión visible.

Este método de limpieza se utiliza donde por razones de alcance físico no se permite realizar otro método de limpieza (Ej. manual, mecánico, abrasivo).

Se debe tener un gran cuidado en el manejo de estos elementos químicos: son materiales que atacan la piel, los ojos y el órgano olfativo.

Se deben usar gafas y guantes.



Metal antes de la limpieza



Metal después de la limpieza

## Preparación mínima de la superficie de acuerdo con el sistema de pintura

Sistemas de pintura	Preparación mínima de la superficie
Alquídico	Limpieza con chorro comercial (superficies nuevas) (SSPC-SP 6) o SSPC-SP 2 ó SP 3: Mantenimiento (SSPC-SP 8)
Fenólico	Limpieza con chorro comercial (SSPC-SP 6) o decapado (SSPC-SP 8)
Vinílico	Limpieza con chorro comercial (SSPC-SP 5) o decapado (SSPC-SP 8)
Epoxi alquitrán de hulla	Limpieza con chorro comercial (SSPC-SP 6)
Imprimante rico en cinc	Limpieza con chorro metal blanco (SSPC-SP 5)
Epoxi poliamida	Limpieza con chorro comercial (SSPC-SP 6) o decapado (SSPC-SP 8)
Caucho clorado	Limpieza con chorro comercial (SSPC-SP 6) o decapado (SSPC-SP 8)
Uretano	Limpieza con chorro comercial (SSPC-SP 6) o decapado (SSPC-SP 8)

**APÉNDICE D**

**DATOS DE NORMA SIS**

**LA RUGOSIDAD Y EL ABRASIVO**



## Preparación de superficies de acero

### ACERO SIN PINTAR

Antes de pintar una superficie de acero, debe procederse a una minuciosa preparación de la misma, consistente en:

— Eliminar contaminantes: óxido y otros subproductos de corrosión, sales y polucionantes atmosféricos, grasa, suciedad, etc.

— Subsanan defectos de construcción: cantos vivos, grietas, exfoliaciones, cordones irregulares de soldadura, etc. (Fig. 1).

— Eliminar la cascarilla de laminación o calamina (Fig. 2).

Esta limpieza tiene por finalidad conseguir un contacto lo más íntimo posible entre el acero y el recubrimiento, asegurando la adherencia entre ambos e impidiendo la formación de corrosiones prematuras.

— Para la eliminación de las **sales solubles**, principalmente cloruros y sulfatos de hierro (subproductos de corrosión en ambientes marinos e industriales), que son higroscópicas y pueden inducir la aparición posterior de ampollas, debe procederse a un lavado con agua dulce, preferiblemente a presión.

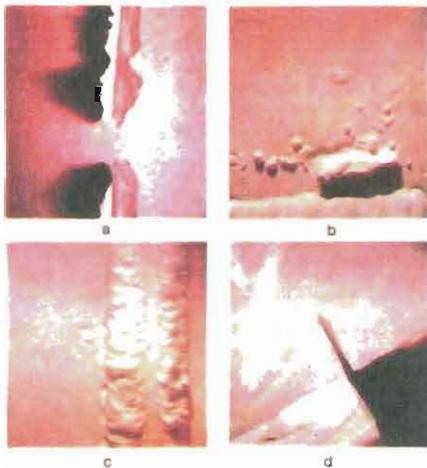
— **Aceite, grasa y suciedad** en general, requieren un lavado con detergentes como nuestro HEMPEL'S NAVI WASH 9933 y posterior aclarado con agua dulce.

— Los **cantos vivos, cordones de soldadura** y otros defectos, deben redondearse o eliminarse por procedimientos mecánicos (muela de esmeril, disco abrasivo, etc.)

— El **óxido** puede eliminarse mediante cepillado, rasqueteado o picado manual o mecánico, o mejor aún, por chorreado abrasivo.

— La **calamina** sólo puede eliminarse por chorreado abrasivo.

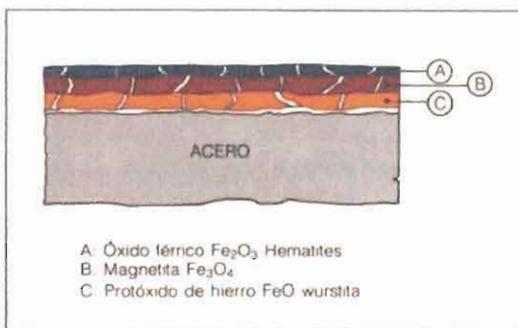
Otros métodos de preparación, tales como limpieza con ácidos, fosfatado, pasivado, etc., son sólo practicables en el tratamiento de objetos relativamente pequeños, en taller o en cadena (electrodomésticos, automóviles, etc.). Aquí sólo trataremos de grandes superficies de acero a la intemperie.



**Fig. 1.** Defectos a reparar antes de chorrear.  
a) Exfoliaciones del acero  
b) Pegotes y proyecciones de soldadura  
c) Cordones de soldadura  
d) Cortes en el acero



**Fig. 2.** CALAMINA  
Aspecto



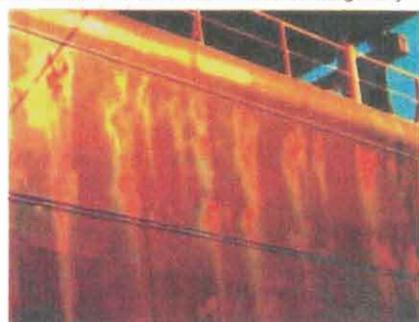
A. Óxido térrico  $Fe_2O_3$  Hematites  
B. Magnetita  $Fe_3O_4$   
C. Protóxido de hierro  $FeO$  wurstita

Composición.

La CALAMINA es una película de color negro azulado, dura y bien adherida al acero, que está formada por varias capas de distintos óxidos de hierro y que se forma espontáneamente durante el proceso de laminación en caliente. (El acero laminado en frío no presenta cascarilla de laminación o calamina.)

Al tener un coeficiente de dilatación distinto al del acero, la calamina se resquebraja al enfriarse las planchas y perfiles a la salida del tren de laminación, dejando penetrar humedad, oxígeno y polucionantes que inducen la corrosión del acero, proceso que se ve acelerado por la naturaleza catódica de la calamina con respecto al metal.

Las planchas y perfiles nuevos presentan la calamina en estado prácticamente intacto aunque el proceso de corrosión del acero subyacente va provocando la rotura y desconchamiento gradual de la calamina (a diferente velocidad, según la agresividad del ambiente), hasta su completa desaparición. Es preciso eliminar completamente la calamina por chorreado abrasivo ya que su presencia provocaría una mala adherencia del recubrimiento y la aparición prematura de puntos de corrosión (Fig. 3).



**Fig. 3.** Corrosiones prematuras debidas a la presencia de fragmentos de CALAMINA.

### ACERO RECUBIERTO

El **acero previamente pintado** puede presentar los mismos contaminantes que el acero nuevo, excepto la calamina, que había sido eliminada anteriormente, o se ha caído con el tiempo, arrastrando consigo fragmentos de pintura. En los pintados de mantenimiento suelen encontrarse superficies sucias de diferentes contaminantes, con zonas corroidas y con zonas recubiertas de pintura en buen o mal estado. La pintura en buen estado sólo debe limpiarse superficialmente, mientras que si está en mal estado debe eliminarse como si de un contaminante se tratara.

### ACERO

#### Preparación de superficies - contaminantes

Contaminante	Acero nuevo	Acero recubierto	MÉTODO
Calamina	+	—	Chorreado abrasivo
Óxido	+	+	Métodos mecánicos Chorreado abrasivo
Acete y grasa	+	+	Detergentes/emulsionantes Posterior aclarado
Sales	+	+	Agua dulce abundante
Pintura vieja en mal estado	—	+	Rasqueteado Cepillado Chorreado abrasivo Decapantes
Polvo	+	+	Soplado/cepillado/aspiración

# Grados de limpieza: Normas ISO 8501-1 - SIS 055900

Los grados de limpieza a obtener vienen definidos por una serie de normas, la más divulgada de las cuales es la norma SIS 055900 del SWEDISH STANDARDS INSTITUTION, que ha sido recientemente transformada en norma ISO 8501-1 . 1988, en las que los grados de preparación están en función del estado inicial del acero a pintar. Estas normas contemplan solamente acero más o menos envejecido, pero que nunca ha sido pintado

Estados iniciales definidos por ambas normas:

- A - Superficie de acero completamente recubierta con cascarilla de laminación o calamina y con trazas de óxido. (El grado A es normalmente el que presenta el acero poco tiempo después de su laminación en caliente.)
- B - Superficie de acero que ha iniciado su corrosión y de la que ha empezado a desprenderse la cascarilla de laminación. (El grado B es normalmente el estado de una superficie de acero laminado en caliente después de haber permanecido expuesta a la intemperie, sin protección, en una atmósfera medianamente corrosiva, durante 2 ó 3 meses.)
- C - Superficie de acero de la que la corrosión ha hecho saltar la totalidad de la cascarilla de laminación, pero que todavía no presenta picaduras detectables a simple vista. (El grado C es normalmente el estado de una superficie de acero que ha sido expuesta a la intemperie, sin protección, en una atmósfera medianamente corrosiva, durante 1 año, aproximadamente.)
- D - Superficie de acero de la que se ha desprendido la totalidad de la cascarilla de laminación y en la que se observan picaduras a simple vista. (El grado D corresponde al estado de una superficie de acero después de su exposición a la intemperie, sin protección, en una atmósfera medianamente corrosiva durante unos 3 años.)

GRADOS DE PREPARACIÓN: A partir de cada uno de los estados iniciales se definen varios grados de preparación, denominados con las siglas St, Sa o Fl.

St = Rascado, cepillado, picado, etc., por medios manuales o mecánicos.

Sa = Chorreado abrasivo.

Fl = Limpieza a la llama (flameado). (Sólo incluido en la ISO 8501-1).

El estado inicial A sólo admite preparación por chorreado abrasivo (Sa), único método que permite eliminar la calamina.

En lo sucesivo sólo se considerarán los grados St y Sa, ya que el flameado se utiliza muy poco en la práctica.

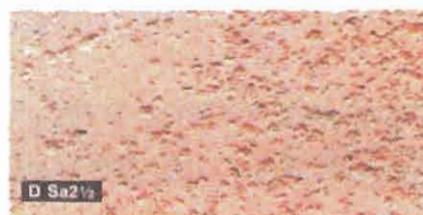
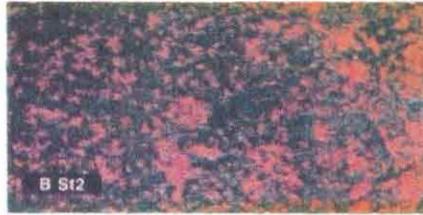
Los grados más usualmente recomendados son los siguientes:

Norma sueca	Descripción	Equivalencia con otras normas	
ISO 8501-1 SIS 055900 Sa3	Eliminar la totalidad del óxido visible, cascarilla de laminación, pintura vieja y cualquier materia extraña. Limpieza por chorreado hasta <b>metal blanco</b> . El chorro se pasa sobre la superficie durante el tiempo necesario para eliminar <b>la totalidad</b> de la cascarilla de laminación, herrumbre y materias extrañas. Finalmente, la superficie se limpia con un aspirador, aire comprimido limpio y seco o con un cepillo limpio, para eliminar los residuos de polvo de abrasivo. Debe entonces quedar con un color metálico uniforme.	SSPC-SP-5	Chorreado a metal blanco
		BS 4232:	Primera calidad.
ISO 8501-1 SIS 055900 Sa2½	Chorreado abrasivo hasta <b>metal casi blanco</b> , a fin de conseguir que por lo menos el 95% de cada porción de la superficie total quede libre de cualquier residuo visible. Chorreado muy cuidadoso. El chorro se mantiene sobre la superficie el tiempo necesario para asegurar que la cascarilla de laminación, herrumbre y materias extrañas son eliminados de tal forma que cualquier residuo eparezca sólo como ligeras sombras o manchas en la superficie. Finalmente, se elimina el polvo de abrasivo con un aspirador, con aire comprimido limpio y seco o con un cepillo limpio.	SSPC-SP-10	Chorreado a metal casi blanco
		BS 4232:	Segunda calidad
ISO 8501-1 SIS 055900 Sa2	Chorreado hasta que al menos los 2/3 de cualquier porción de la superficie total estén libres de todo residuo visible. Chorreado cuidadoso. El chorro se pasa sobre la superficie durante el tiempo suficiente para eliminar la casi totalidad de cascarilla de laminación, herrumbre y materias extrañas. Finalmente, se elimina el polvo de abrasivo con un aspirador, con aire comprimido limpio y seco o con un cepillo limpio. La superficie debe quedar de color grisáceo.	SSPC-SP-6	Chorreado comercial
		BS 4232	Tercera calidad.
ISO 8501-1 SIS 055900 St3	Rascado con rasquetas de metal duro y cepillado con cepillo de alambre, muy cuidadoso. El rascado y cepillado deben realizarse en primer lugar en una dirección y después en sentido perpendicular. Una vez eliminado el polvo, la superficie debe mostrar un pronunciado aspecto metálico.	SSPC-SP-3	Limpieza mecánica.
		BS 4232	No tiene equivalente.
ISO 8501-1 SIS 055900 St2	Rascado cuidadoso con rasquetas de metal duro y cepillado con cepillo de alambre. El rascado y cepillado deben realizarse en primer lugar en una dirección y después en sentido perpendicular. Una vez eliminado el polvo, la superficie debe mostrar aspecto metálico.	SSPC-SP-2	Limpieza manual.
		BS 4232:	No tiene equivalente.

Existe también el grado Sa1, que corresponde a un chorreado ligero o soplado con abrasivo, pero en la práctica se usa muy poco

# Patrones fotográficos

Patrones orientativos. Los únicos oficialmente válidos son los que figuran en las normas ISO 8501-1 · SIS 055900.



# La rugosidad y el abrasivo

## Rugosidad superficial

Cuando se chorrea una superficie de acero, no sólo se limpia sino que además se le confiere una cierta rugosidad superficial, lo cual ayuda a conseguir un buen anclaje de la pintura, especificándose para según qué tipos de recubrimientos unos valores mínimos de rugosidad (Fig. 4).

Se define como rugosidad la distancia media existente entre los picos y los valles de un perfil, y es un parámetro muy difícil de medir en campo, dado que no se dispone de aparatos suficientemente perfeccionados para ello.

Los instrumentos más utilizados en obra son el Rugotest n.º 3 (Fig. 5) y el Keane-Tator, que se basan en una comparación visual y táctil entre unas superficies patrón y aquella cuya rugosidad se pretende medir.

Los parámetros de definición de una rugosidad son fundamentalmente dos, que conviene no confundir:

**R<sub>a</sub> = Rugosidad media**, que es la distancia entre el eje del perfil y la línea imaginaria que dividiría por la mitad la suma de las superficies de los picos y los valles.

**R<sub>z</sub> = Rugosidad máxima**, promedio entre los 5 picos más altos y los 5 valles más profundos. Aproximadamente  $R_z = 6 \times R_a$

La rugosidad aumenta la superficie real a pintar ya que ésta deja de ser plana para tomar un perfil anfractuoso. Si la pintura a aplicar es delgada y de secado rápido, se distribuye siguiendo, de una forma aproximada, el perfil de la rugosidad, produciéndose un incremento de consumo debido al aumento de superficie a cubrir. Si por el contrario, la pintura es de capa gruesa, y se nivela por encima de los picos de rugosidad, se produce también un consumo extra debido a la pintura que se emplea en rellenar el «volumen muerto» provocado por la rugosidad.

Rugosidad media en micras (R <sub>a</sub> )	Aumento de la superficie en %	Volumen muerto en l/100 m <sup>2</sup>
5	6	0,2
10	10	0,7
15	14	1,2
20	18	1,7
25	22	2,2

A la hora de efectuar cálculos de consumo, deben realizarse las correcciones necesarias de acuerdo con los datos de la tabla. Si se trata de una pintura de capa fina, se incrementará la superficie total en el porcentaje indicado en la columna central, y en caso de un recubrimiento de capa gruesa, se sumará al consumo calculado la cifra correspondiente de la columna de la derecha, que da el aumento de consumo por cada 100 m<sup>2</sup> de superficie.

## Tipos de abrasivos

El abrasivo es el material utilizado en la limpieza por chorreado, siendo uno de los elementos más importantes del proceso. Debe seleccionarse cuidadosamente, atendiendo al estado inicial de la superficie, grado de limpieza a alcanzar, rugosidad a obtener, etc.

El abrasivo debe estar limpio de polvo y sales solubles, debe ser suficientemente duro y su forma y tamaño de partícula son definitorios, junto con la presión de proyección, de la rugosidad que se obtenga.

Los abrasivos más utilizados son (Fig. 6):

- |                      |   |
|----------------------|---|
| a) ARENA DE SILICE   | Para chorro abierto sin recuperación de abrasivo. Partícula angular que produce alta rugosidad. La escoria deja superficies más oscuras que la arena. |
| b) ESCORIA DE COBRE  |   |
| c) GRANALLA DE ACERO | Para chorro en máquina de circuito cerrado, con recuperación de abrasivo. La esférica produce rugosidad baja y perfil más redondeado.                 |
| d) ESFÉRICA          |   |
| d) ANGULAR           |   |



Fig. 4. Fotografía al microscopio electrónico de una superficie chorreada con abrasivo angular.

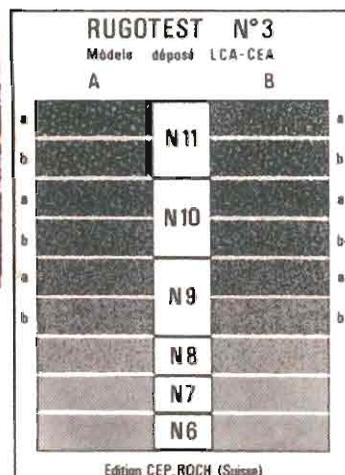


Fig. 5. Medición de rugosidad Rugotest n.º 3.

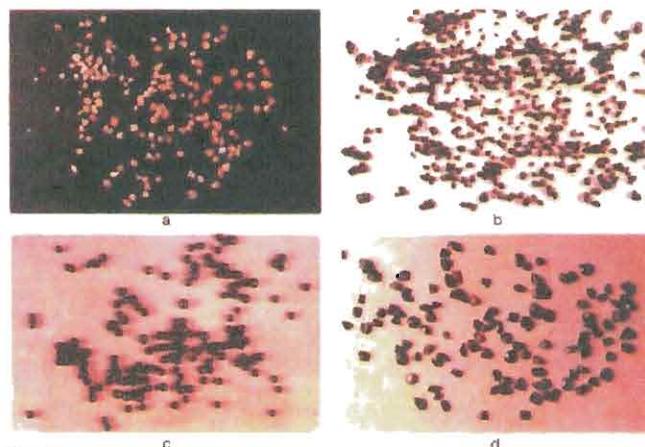
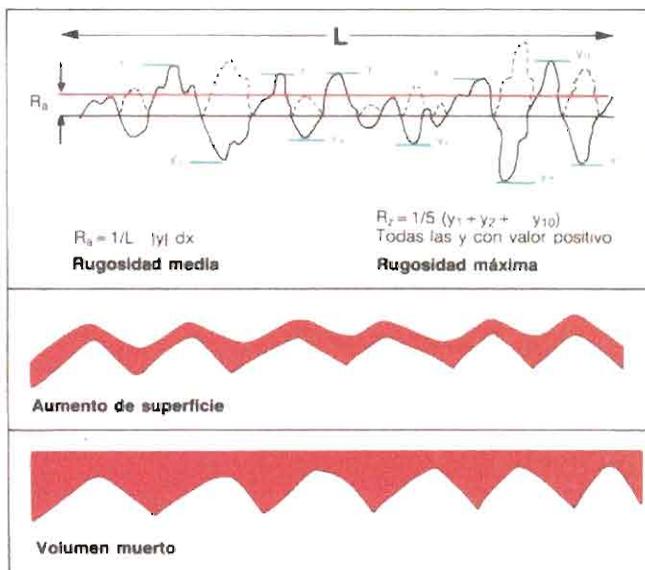


Fig. 6.

**APÉNDICE E**

**DATOS DE LA PINTURA**



## INTRODUCCION

Desde el año 1973 bajo el lema de "CALIDAD Y SERVICIO EN TODO EL MUNDO", PINTURAS MARINAS HEMPEL DEL ECUADOR S.A. ha dedicado sus esfuerzos a servir al sector marino con pinturas de elevada calidad. Dirigida y controlada por el grupo HEMPEL'S MARINE PAINTS fundado desde 1915, nuestra empresa es líder en el mercado local en la fabricación de pinturas marinas e industriales.

En cualquier punto del mundo en que se encuentren sus buques HEMPEL nunca está lejos.

Pero HEMPEL significa para usted bastante más que el simple suministro de pinturas en el momento y lugar en que usted las precise. Con plena conciencia de que la pintura no se compra por lo que es en sí misma, sino por los resultados que se esperan de ella una vez aplicada, HEMPEL le ofrece el servicio adicional de asesoramiento a fin de que usted obtenga el máximo provecho de nuestros productos, tanto en resultados como en economía.

El SERVICIO TÉCNICO de HEMPEL, en estrecha colaboración con nuestro DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO, le proporciona asesoramiento técnico actualizado, junto a las recomendaciones necesarias para la selección de los sistemas más idóneos y su correcta aplicación. Con más de 200 especialistas en todo el mundo, cada uno de ellos con un profundo conocimiento de las condiciones locales de su área de acción, nuestro Servicio Técnico está perfectamente capacitado para elaborar especificaciones de pinturas hechas a medida de cada paso particular, sean nuevas construcciones, diqueados o reparaciones importantes. El Servicio Técnico de HEMPEL está también a su disposición para asistirle sobre el terreno, proporcionando una adecuada supervisión e inspección de la aplicación de la pintura y la preparación previa de la superficie, en nuevas construcciones, en dique seco, a flote, y en cualquier circunstancia en que usted lo solicite.

El SISTEMA HEMPEL es un nuevo concepto de servicios integrados, especialmente destinado a ayudar al armador a reducir los costos de mantenimiento a base de:

- Traducir la política de los armadores en programas de mantenimiento práctico, adecuados a cada buque en particular y a sus condiciones de trabajo.
- Cooperar en la confección de planos y presupuestos adecuados, con seguimiento y control de los mismos por computadora.
- Preparar manuales de mantenimiento individuales para cada buque, asegurando que, a pesar de los cambios de oficialidad y personal técnico, el mantenimiento pueda continuar ejercitándose de acuerdo con la planificación establecida, siempre a mano para su consulta.
- Facilitar inspecciones previas al diqueado, así como las recomendaciones oportunas para orientar el mantenimiento de forma que sea posible anticiparse a los problemas y evitar su aparición.

HEMPEL organiza CURSOS Y SEMINARIOS para sus CLIENTES, con el objeto de comunicar a los mismos los conocimientos fundamentales sobre la protección del acero. Tanto si la finalidad de una pintura es la protección del acero en un ambiente agresivo, o el evitar las incrustaciones en la obra viva de los buques, o simplemente decorativa, la consecución de buenos resultados depende no sólo de la selección del sistema de pintura adecuado para cada caso, sino también de la atención prestada para evitar o minimizar las posibles fuentes de fallas. Los cursos se ofrecen a los clientes de HEMPEL a diferentes niveles, desde el equipo directivo hasta las tripulaciones. Nuestra intención no es formar expertos en corrosión o pintado, sino proporcionar a los asistentes los conocimientos básicos necesarios para evitar errores y obtener resultados óptimos del empleo de nuestros productos.

No dude en consultar la Oficina o Agencia de HEMPEL más próxima a fin de satisfacer sus requerimientos de pinturas y servicios adicionales. A su solicitud podemos facilitarle una completa y actualizada lista de las direcciones de nuestras Fábricas, Oficinas y Agencias: la GUIA HEMPEL.





## INDICE SEGUN EL TIPO DE PINTURA

NO. REF. HOJA DE CARACTERISTICAS TECNICAS

<b>PRODUCTOS BITUMINOSOS</b>	10390				
<b>PRODUCTOS OLEO-RESINOSOS Y ALQUIDICOS</b>					
Imprimaciones	12050				
Capas intermedias/acabado	42460				
Capas de acabado	52140	51560	51600	53240	
Barnices	02220				
<b>PRODUCTOS DE SILICONA ALTA TEMPERATURA</b>	16900	56900	56910		
<b>PRODUCTOS EPOXICOS</b>					
Imprimaciones	15300	15360	15400	15500	15570
	17360	45141	45143	45150	
Capas intermedias/acabado	45200	45881	45882		
Brea-Epóxica	15100	15130	35670		
Barniz	05340				
<b>PRODUCTOS CAUCHO CLORADOS</b>					
Imprimaciones intermedia y acabados	46330	16300			
<b>PRODUCTOS ACRILICOS</b>					
Imprimaciones/acabado	26660	46410			
Capas de acabado	46660	56360			
<b>PRODUCTOS VINILICOS</b>	16280				
<b>ANTI-INCRUSTANTES</b>	74030	76900	79051	79070	81900
<b>POLIURETANOS (acabados)</b>	55100	55210	55910		
Barniz	09010				
<b>ZINC SILICATO INORGANICO</b>	15700				
<b>DILUYENTES</b>	08080	08230	08450	08460	08700
<b>PRODUCTOS AUXILIARES</b>	99330	99590	99610		
<b>PRODUCTOS VARIOS</b>	00500	67500			

## NOTAS EXPLICATIVAS PARA LA MEJOR COMPRESION DE LAS FICHAS TECNICAS DE LOS PRODUCTOS

Las fichas técnicas de los productos contienen una descripción de cada uno de ellos, datos específicos de sus características, instrucciones y recomendaciones de cara a su empleo y aplicación, con el propósito de que el usuario pueda sacar el máximo provecho de su utilización en cada caso concreto.

### DENOMINACION, NUMERO DE CALIDAD Y NUMERO DE COLOR

#### DENOMINACION

Por regla general, el nombre propio de cada uno de los productos HEMPEL indica el grupo al cual pertenece y el tipo de pintura de que se trata.

Pinturas de secado físico:

HEMPATEX: Clorocaucho o acrílicas con disolvente  
 HEMPANYL: Copolímeros vinílicos  
 HEMUCRYL: Acrílicas al agua

Pinturas de curado químico:

HEMPALIN: Alquídicas y alquídicas modificadas (curado por oxidación)  
 HEMPADUR: Epóxicas y epóxicas modificadas  
 HEMPATANE: Poliuretano  
 GALVOSIL: Zinc-silicatos

Cuando un producto no puede ser incluido en ninguno de los grupos genéricos anteriormente indicados, se le aplica la denominación HEMPEL'S.

#### NUMERO DE CALIDAD

Cada producto HEMPEL está identificado con un número de 5 cifras, las dos primeras de las cuales indican su función principal y la familia química a la que pertenece. El tercero y cuarto dígitos son números de serie. El quinto dígito identifica la fórmula estándar corporativa.

Primera cifra	Función	Segunda cifra	Tipo de producto
0---	Barniz transparente o diluyente	-0---	Bituminosos
1---	Imprimación para acero u otros metales	-1---	Al aceite o alquídicas largas en aceite
2---	Imprimación para sustratos no metálicos	-2---	Alquídicas medias o largas en aceite
3---	Recubrimientos de alta viscosidad o bien elevado contenido en sólidos	-3---	Alquídicas cortas en aceite, estirenadas, siliconadas o uretanadas. Epoxiéster
4---	Capa intermedia, de fondo o de alto espesor para emplear con o sin capas de acabado	-4---	Varios
		-5---	Pintura de acabado
6---	Varios	-5---	Productos de 1 ó 2 componentes
7---	Anti-incrustante	-6---	Productos de secado físico no bituminosos
8---	Varios	-7---	Varios
9---	Varios	-8---	Pinturas al agua, diluyentes
		-9---	Productos auxiliares

**Ejemplo: HEMPATEX PRIMER 1632**  
 1— Imprimación para acero  
 -6— Secado físico  
 -320 Cifras de serie

#### NUMERO DE COLOR

Los productos HEMPEL se suministran en diferentes colores que se identifican también con un número de 5 cifras, de acuerdo con la siguiente relación:

Blanco	10000
Grisés	10010-19980
Negro	19990

Amarillos y cremas	20010-29990
Azules y violetas	30010-39990
Verdes	40010-49990
Rojos, naranjas y rosas	50010-59990
Marrones	60010-69990

**Ejemplo: HEMPALIN PRIMER 12050-50410: 50410 = color rojo**

Los números de color de HEMPEL no coinciden con los de ninguna norma o carta estándar de colores. Sin embargo, sí que existe correlación entre algunos de los colores como tales y ciertas tonalidades concretas de normas o cartas estándar.

HEMPEL dispone de cartas de colores propias en las que se incluyen los más utilizados en los diferentes tipos de pinturas del catálogo.

**Nota:** Los colores de las imprimaciones y de las pinturas anti-incrustantes pueden fluctuar de una fabricación a otra y no corresponderse exactamente con los de las cartas de colores, ya que no se ajusta el color por ser ésta una característica que carece de importancia en estos tipos de pinturas.

## PRODUCTOS DE DESARROLLO LOCAL

Todo lo dicho anteriormente se refiere a los productos que el GRUPO HEMPEL ha desarrollado para su utilización en todo el mundo, y constituyen la gama corporativa.

En muchas ocasiones es necesario desarrollar productos complementarios que se adapten al mercado y condiciones específicas de cada país, o bien para satisfacer demandas concretas de clientes de ámbito nacional. En estos casos, las diferentes fábricas del GRUPO HEMPEL están autorizadas para incorporar a la gama corporativa aquellos productos que consideren necesarios, adjudicándoles una identificación especial consistente en un número de 3 ó de 5 cifras seguido de la letra correspondiente al código automovilístico del país (E para España, F para Francia, EC para Ecuador, etc..) El número de color debe ser, asimismo, de 3 ó de 5 cifras, si se trata de un color no coincidente con ninguno de los existentes en el surtido del GRUPO HEMPEL, o bien de 5 cifras en el caso contrario.

Estos productos de desarrollo local son para uso restringido en el país de origen, aunque pueden utilizarse en otros países previa autorización del GRUPO HEMPEL.

No debe interpretarse que los productos de desarrollo local son para uso restringido en el país de origen, aunque pueden utilizarse en otros países previa autorización del GRUPO HEMPEL.

En Ecuador, los productos formulados en los Laboratorios de PINTURAS MARINAS HEMPEL DEL ECUADOR S.A. son identificados con las siglas EC al final.

En la asignación de los números se acostumbra a seguir la pauta general del GRUPO, aunque ello no siempre es posible. Todos los productos de desarrollo local llevan la denominación HEMPEL'S.

## GUIA PARA LAS HOJAS DE CARACTERISITICAS TECNICAS

### DESCRIPCION

Breve descripción del producto, con especial mención de su tipo genérico, pigmentos que contiene y principales propiedades y limitaciones.

### USO RECOMENDADO

Se indica la finalidad específica para la cual el producto ha sido formulado o está especialmente indicado. Ello no debe interpretarse como una limitación, ya que el producto puede emplearse para otras aplicaciones, o bien en otros sistemas que oportunamente se especifiquen por el Departamento Técnico.

**Acabado**

Indica el aspecto de la película de pintura una vez seca, definido como: brillante, semi-brillante, semi-mate o mate. El aspecto final depende no sólo del propio producto, sino también de su correcta aplicación y secado o curado.

**Color y número**

Se indican los colores en que normalmente se fabrica el producto, con su número de identificación correspondiente (ver COLOR). Algunas constantes físicas pueden variar de un color a otro.

**Tonalidad y número**

Se indican los colores en que normalmente se fabrica el producto, con su número de identificación correspondiente (ver COLOR). Algunas constantes físicas pueden variar de una tonalidad a otra.

**Volumen de sólidos**

La mayoría de pinturas contienen componentes volátiles, por lo que cuando se aplican a un determinado espesor de película recién aplicada (denominado espesor de película "húmeda"), experimentan al secar una disminución de espesor debido a la evaporación de estos componentes volátiles, resultando un espesor de película seca inferior al originalmente aplicado.

El volumen de sólidos expresa, de forma porcentual, la relación entre ambos espesores:

$$V.S.= \frac{\text{Espesor de película seca}}{\text{Espesor de película húmeda}} \times 100$$

La cifra incluida en la ficha técnica ha sido determinada aplicando la pintura a los espesores recomendados, sobre especímenes lisos y no absorbentes, y sin pérdidas de producto, todo ello bajo condiciones controladas de laboratorio. El método empleado sigue las indicaciones fundamentales de las normas ISO 3233 y ASTM D 2697, dejando secar los especímenes a 20°C/68°F.

Las propias normas mencionadas admiten tales variaciones.

Los valores así determinados por lo general difieren ligeramente de los valores calculados numéricamente a partir de las fórmulas de los diferentes productos, ya que en la práctica acostumbra a quedar retenidas pequeñas porciones de disolventes, el empaquetamiento de los diferentes compuestos nunca es totalmente compacto, y en ciertos casos como los zinc-silicatos, suelen quedar vacuolas de aire retenidas en la película. Por todo ello, los valores de volumen de sólidos determinados en el laboratorio están más en consonancia con lo que sucede en la práctica que los valores obtenidos por cálculo numérico.

**Rendimiento**

El rendimiento teórico de una pintura, a un espesor de película seca determinado, aplicada sobre una superficie lisa y no absorbente, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento en m}^2/\text{l} = \frac{\text{Volumen de sólidos \%} \times 10}{\text{Espesor de película seca en micras}}$$

En las fichas técnicas, el rendimiento teórico se da al espesor de película seca (d.f.t.) que acostumbra a recomendarse para el producto en cuestión. Cuando se especifican espesores distintos del recomendado en la ficha técnica, el rendimiento teórico varía en forma inversamente proporcional al espesor. Para productos destinados a saturar o sellar sustratos porosos, como hormigón o madera, no se puede dar un rendimiento teórico.

En la ficha técnica no se indica ningún rendimiento práctico, ya que pueden presentarse importantes variaciones en el mismo, según las condiciones de aplicación.

El consumo práctico puede estimarse multiplicando el teórico por un Factor de Consumo (FC), que tampoco se da en las fichas técnicas debido a la posibilidad de grandes variaciones en función de las condiciones de aplicación.

La variación del Factor de Consumo es debida principalmente a:

1) Las irregularidades de la superficie a pintar y las del espesor de la propia película de pintura, ambas producidas durante la aplicación, tienden a aumentar el consumo, a fin de asegurar la consecución del espesor mínimo de pintura especificado.

2) La rugosidad propia de la superficie, especialmente si se ha chorreado, conduce a un consumo adicional de pintura para rellenar los valles de la rugosidad, cuyo volumen total se denomina "volumen muerto", o bien a un aumento de la superficie real específica a recubrir, en el caso particular de imprimaciones de capa fina y secaje muy rápido, que siguen muy aproximadamente la rugosidad del perfil (por ejemplo, shopprimers).

3) Pérdidas de pintura, tales como residuos que quedan en los envases, mezclas que han excedido al tiempo de vida útil, arrastre por el viento al pintar a pistola, pintura que queda en los circuitos del equipo de aplicación, etc.

El rendimiento práctico depende, pues, del método de aplicación, la habilidad del pintor, la forma del objeto a pintar, la textura de la superficie, el espesor total de película y las condiciones ambientales de trabajo. Por lo tanto, no es posible dar una cifra concreta.

De todas formas, como regla general cabe decir que no conviene en ningún caso "estirar" excesivamente la pintura, sino que debe procurarse siempre conseguir el espesor de película especificado de la manera más uniforme posible sobre la totalidad de la superficie.

### **Punto de inflamación**

Es la mínima temperatura a la cual un líquido libera una cantidad de vapores suficiente para formar sobre su superficie una mezcla tal con el aire que, en presencia de una fuente de fuego (chispa, llama, etc.) puede inflamarse espontáneamente dando una pequeña llama instantánea, aunque sin propagación del fuego.

Las cifras que se dan en las fichas técnicas están medidas de acuerdo con el método de copa cerrada Abel Pensky.

Para productos de dos componentes, el valor corresponde a la mezcla de ambos. Los datos que se indican corresponden a valores promedio y se dan como orientación de cara a la legislación local, para prevenir incendios durante el almacenaje, transporte y utilización. Los cambios sustanciales debidos a reformulación del producto darán origen a una nueva hoja de características.

La adición de diluyente a la pintura puede alterar considerablemente el punto de inflamación dado.

### **Peso específico**

Es el peso en Kgs. de 1 litro de pintura a 25°C/77°F de temperatura. Para los productos de dos componentes, se da el peso específico de la mezcla de ambos.

A menos que se indique otra cosa, el dato de la ficha técnica corresponde al secaje al tacto, a una temperatura de 20°C/68°F y con ventilación adecuada.

"Seco al tacto": La pintura ya no está pegajosa a una ligera presión con un dedo, ni éste deja ninguna marca en la película.

"Seco para manipular": La película de pintura está lo suficientemente consistente como para que el objeto pintado pueda manipularse con cuidado sin dañarla.



La cantidad de diluyente a añadir depende de la temperatura y el método de aplicación. Para cada método se indican los porcentajes de dilución máxima recomendados. Si se estima necesaria la adición de mayores porcentajes de diluyente bajo circunstancias especiales, consultar la oficina HEMPEL más cercana.

La adición de pequeñas cantidades de diluyente no da alteraciones apreciables en el espesor de película que se aplique, pero hay casos en que es necesario proceder a una dilución más considerable. En estas ocasiones, debe tenerse en cuenta que la adición de THINNER aumenta la cantidad de pintura líquida, pero sin aportar sólidos a la misma, con lo que obtiene un producto de menor contenido en volumen de sólidos, siendo entonces necesario aplicar un mayor espesor de película "húmeda" para obtener el espesor de película seca especificado, con el riesgo adicional de que se produzcan descuelgues por insuficiente viscosidad.

$$\text{V.S. después de diluir} + \frac{\text{V.S. \%} \times 100}{\% \text{ THINNER añadido} + 100}$$

**Nota:** Evitar diluciones que, aunque se hubieran convertido en habituales, no sean estrictamente necesarias.

#### Vida de la mezcla

La vida de la mezcla se da a 20°C/68°F y depende, en gran manera, de la temperatura. Se dobla por una disminución de 10°C/18°F de la temperatura y se reduce a la mitad por un aumento de 10°C/18°F.

La vida de la mezcla de los productos HEMPADUR suele ser más corta para aplicaciones a pistola sin aire que a brocha. Ello es debido a que la capacidad anti-descolgante de estos productos se va perdiendo gradualmente a medida que transcurre el tiempo. En consecuencia, los elevados espesores, usualmente especificados para aplicación a pistola sin aire, pueden sólo obtenerse dentro del tiempo de vida de la mezcla indicado para aplicación a pistola sin aire.

**Nota:** La vida de la mezcla no puede ser extendida por dilución.

#### Boquilla (diámetro y presión)

Los datos más usuales para aplicación a pistola sin aire, se incluyen a título orientativo y deben ajustarse en cada caso particular.

#### Limpieza de equipo

En general, el propio diluyente o THINNER de la pintura, u otros disolventes similares, sirven para la limpieza. Cuando se requieran productos especiales, ello se indica en la ficha técnica.

#### Espesor de película recomendado

**Húmedo:** Corresponde al espesor de la película de la pintura inmediatamente después de la aplicación, antes de que se inicie el proceso de secado, y se indica en múltiplos de 25 micras, a fin de facilitar las mediciones prácticas, que se efectúan con peines especiales que dan la lectura en intervalos de 25 inmediatamente superior al valor exacto que corresponde al espesor de película seca recomendado.

**Seco:** Es el espesor que normalmente acostumbra a especificarse para cada producto concreto, una vez que la película de pintura ha secado y curado completamente.

**Nota:** El espesor de película seca recomendado no debe interpretarse como el único a aplicar en todos los casos, ya que la mayoría de los productos pueden especificarse a espesores diferentes, en función del objeto a pintar, y de cuál sea el resto de capas del sistema.

Las mediciones de espesor de película seca se llevan a cabo con instrumentos previamente calibrados sobre superficies completamente lisas, excepto los shopprimers, para los que existen procedimientos especiales que conviene consultar en cada caso a través del Servicio Técnico HEMPEL.

### **Intervalo de repintado Mínimo:**

Se aplica el tiempo requerido o permitido que debe dejarse transcurrir a una temperatura de 20°C/68°F, antes de repintar el producto en cuestión consigo mismo o con otra pintura compatible.

Los intervalos están relacionados a la temperatura, espesor de película, número de capas, tipo de exposición.

Las pinturas de secado físico no tienen intervalo máximo de repintado. En cambio, las de secado químico (oxidables y de dos componentes) tienen un intervalo máximo de repintado que debe respetarse, ya que, de lo contrario, muy probablemente se producirían fallos de adherencia entre capas.

Para algunos productos los intervalos de repintado son más críticos que para otros en lo que respecta a la adhesión de las capas subsiguientes a aplicar.

En el caso de que se exceda el intervalo máximo de repintado, puede ser necesario dar rugosidad a la superficie de la película de la pintura seca para asegurar la adherencia de la capa siguiente.

Debe tenerse en cuenta que nunca debe dejarse una superficie pintada con una sola capa de imprimación por un período de tiempo prolongado, ya que las imprimaciones acostumbran a ser poco compactas y es muy probable que se produzcan corrosiones prematuras (a no ser que se trate de un shopprimer o imprimación de taller).

La variación de la temperatura influye sobre los intervalos de repintado, en forma parecida a como lo hace sobre los tiempos de secado y curado.

En cualquier caso, deben respetarse los intervalos indicados en la especificación técnica de pintado.

## **PREPARACION DE SUPERFICIES**

Indica el grado a que debe limpiarse el acero anteriormente al pintado, con referencia a la ISO 8501-1:1988 patrones fotográficos de preparación de superficies de acero previa a su pintado, a menos que se indique otra cosa.

Para algunos productos se exige un cierto grado de rugosidad superficial, que se indica con referencia a uno o varios de los patrones existentes: Rugostest No. 3, Keane-Tator Comparator, o ISO Comparator. También se indica el método y grado de limpieza para superficies previamente pintadas.

## **CONDICIONES DE APLICACION**

Bajo este epígrafe se indican las condiciones requeridas para la aplicación de la pintura, siempre que sean superiores a las que normalmente se exigen para un buen pintado. Como norma general, nunca debe aplicarse pintura en condiciones atmosféricas adversas ni sobre superficies húmedas o mojadas. Incluso, aunque el tiempo parezca adecuado para pintar, pueden haberse producido condensaciones sobre la superficie, siempre que la temperatura de la misma esté por debajo del punto de rocío (temperatura a la cual la humedad atmosférica condensa sobre la superficie). Para compensar las fluctuaciones que puedan producirse durante la jornada de trabajo, es conveniente que la temperatura de la superficie se encuentre unos pocos grados por encima del punto de rocío al dar comienzo el pintado. 3°C/5°F de margen suele ser suficiente.

En espacios cerrados, es necesario eliminar los vapores de los disolventes, (o del agua), durante la aplicación y el secado, por medio de ventilación forzada, tanto por razones de seguridad, como para facilitar la evaporación de los componentes volátiles y el secado de la pintura.

Dado que los vapores de los disolventes son más densos que el aire, la extracción debe realizarse lo más próxima posible al suelo, y la entrada de aire limpio por la parte superior.

## CAPAS PRECEDENTES

Se indican las capas de pintura precedentes que son compatibles con el producto en cuestión, sin que ello represente una limitación o restricción. Pueden también especificarse otros productos, según la finalidad.

Los shopprimers se consideran parte integrante de la preparación de superficies y no del sistema o esquema total de la pintura.

## CAPAS SUBSIGUIENTES

Se indican las pinturas que se recomiendan como capas subsiguientes o que son compatibles con el producto en cuestión, sin que ello suponga una limitación o restricción. Pueden también especificarse otros productos, según la finalidad.

## OBSERVACIONES

Se detalla:

Las temperaturas de servicio las cuales indican la temperatura máxima que se puede utilizar sin tener efectos dañinos en la pintura.

Una lista de certificados y aprobaciones oficiales y semi-oficiales.

## SEGURIDAD

Se dan las indicaciones y recomendaciones de las medidas de seguridad a tomar cuando se maneja o aplica el producto. Los envases van provistos de etiquetas con las normas generales de seguridad que deben observarse. Deben tenerse en cuenta, además las normativas nacionales y locales respecto a seguridad e higiene.

## FECHA DE EDICION

Indica la fecha en que se ha editado la ficha técnica.

## EXPLICACION Y DEFINICIONES ADICIONALES DE CIERTAS EXPRESIONES UTILIZADAS EN LAS FICHAS TECNICAS

### LIMPIEZA DE SUPERFICIES

Regado/Limpieza con agua dulce a presión:	hasta 60 atm
Regado con agua dulce a alta presión:	60-200 atm
Limpieza con agua dulce a alta presión:	200-350 atm
Chorroado con agua dulce a alta presión:	350-1000 atm
Hidrolimpieza con agua dulce a muy alta presión:	más de 1000 atm

**Nota:** El chorroado en húmedo o con agua puede realizarse a baja presión cuando se incorpora al agua una cierta cantidad de abrasivo, añadiendo en algunos casos una pequeña cantidad de inhibidores a fin de evitar la reoxidación rápida del acero.

Una imprimación de chorroado o "blast primer" es una pintura que se emplea para la protección temporal a corto plazo de estructuras de acero recién chorroadas. En este contexto, los "blast primers" se consideran a menudo como parte integrante de la preparación de superficies, no del sistema o esquema global de pintura.

Un "**holding primer**" es una pintura que se aplica para prolongar la vida útil de protección de un shopprimer hasta que se pueda aplicar debidamente el sistema o esquema final de pintura.

La aplicación de una "**mist coat**" o "**flash coat**" constituye un procedimiento en dos fases que se utiliza para evitar o minimizar la formación de burbujas en una capa de pintura aplicada sobre un

sustrato poroso. En primera fase, se aplica a pistola una pasada rápida de la pintura muy diluida, a fin de dejar una película muy fina que penetre en el sustrato y desaloje el aire. A continuación, se aplica el resto de la película con la dilución aconsejada, a fin de obtener el espesor total especificado.

Un "**tie coat**" es una capa de pintura cuya finalidad es la de mejorar la adherencia entre productos de diferente naturaleza, por ejemplo entre pinturas convencionales y avanzadas, o bien entre pinturas epóxicas y clorocauchos o acrílicas de secado físico.

Una "**pintura selladora**" es un producto que se aplica para sellar o rellenar la porosidad de superficies porosas, tales como las de zinc-silicatos o las películas porosas de resina insoluble que dejan ciertos tipos de pinturas anti-incrustantes.

En otros casos, las pinturas selladoras se emplean para sellar sustratos porosos como la madera y el hormigón y evitar así el ampollamiento de las pinturas de acabado.

Cuando se dice que una pintura resiste las "**salpicaduras y derrames**" de ciertos productos, químicos o de disolventes, debe entenderse cuando éstos se producen de forma esporádica y la superficie de la pintura se limpia lo más rápidamente posible, antes de transcurridos uno o dos días.

Los datos, recomendaciones e instrucciones que se dan en esta hoja de características corresponden a los resultados obtenidos en ensayos de Laboratorio y en la utilización práctica del producto en circunstancias controladas o específicamente definidas.

No se garantiza la completa reproductibilidad de los mismos en cada utilización concreta. El suministro de nuestros productos y la prestación de asistencia técnica quedan sujetos a nuestras **CONDICIONES GENERALES DE VENTA, ENTREGA Y SERVICIO**, y, a menos que se hayan tomado otros acuerdos específicos por escrito, el fabricante y el vendedor no asumen otras responsabilidades que las allí señaladas por los resultados obtenidos, perjuicios, daños directos o indirectos, producidos por el uso de los productos de acuerdo con nuestras recomendaciones.

Las hojas de características pueden ser modificadas sin previo aviso y quedan caducadas automáticamente después de cinco años de su emisión.

\*Marca registrada por HEMPEL

Diciembre, 2001



## HEMPADUR 15400

CURING AGENT 95100

<b>DESCRIPCION</b>	Pintura epoxi de dos componentes curada con aducto de amina, resistente a una amplia gama de productos químicos, descritos en el Cargo Protection Guides.	
<b>USO RECOMENDADO</b>	Recubrimiento para interior de tanques y depósitos. Como imprimación en sistemas HEMPADUR, según la especificación.	
Temperatura de servicio	En exposición atmosférica, máximo 140°C. En inmersión (sin gradiente de temperatura) 50°C.	
Certificados	Cumple con la Section 175.300 de U.S. Federal Regulations respecto al transporte de cargas secas y húmedas de alimentos. Aprobado por el Lloyd's Register of Shipping como recubrimiento anticorrosivo. Aprobado por las autoridades de Kuwait, China y Noruega para tanques de agua potable. Aprobado como no-contaminante de cargas de grano por el Newcastle Occupational Health, Gran Bretaña. Aprobado como no tóxico para los humos de soldadura por el Danish Welding Institute. Cumple con la norma INTA 16 44 02/MIL-C-4556 D.	
<b>DATOS TECNICOS</b>	<b>Aspecto</b> Semimate <b>Color</b> Rojo claro 50900, rojo oscuro 50890, Blanco 10000 <b>Volumen de sólidos</b> 48±2% <b>Rendimiento teórico</b> 6 m <sup>2</sup> /litro a 80 micras <b>Punto de inflamación</b> 26°C Setaflash <b>Peso específico</b> 1.4 Kg/litro <b>Secaje al tacto</b> 8-10 horas a 20°C con buena ventilación <b>Curado</b> 7 días aprox. a 20°C <b>VOC</b> 465 g/litro <b>Almacenaje</b> 1 años desde la fecha de fabricación. Según las condiciones de almacenaje, es posible que el producto necesite ser removido antes de usar.	
<b>APLICACION</b>	<b>Método</b>	<b>Dilución</b>
	Pistola sin aire	5% máx
	Brocha (parcheos)	5% máx
Proporción de mezcla	BASE 15409 : CURING AGENT 95100 - 4:1 en volumen	
Vida de la mezcla	2 horas a 20°C (pistola sin aire) 4 horas a 20°C (brocha)	
Diluyente	THINNER 08450	
Espesor recomendado	Húmedo: 175 micras Seco: 80 micras (Ver OBSERVACIONES)	
Intervalo de repintado	Mín: 10 horas a 20°C Máx: 21 días a 20°C (Ver OBSERVACIONES)	
Limpieza	HEMPEL'S TOOL CLEANER 99610	
Pistola sin aire	Boquilla: 0.021" - Presión: 200 atm	

## PREPARACION DE LA SUPERFICIE Y ESQUEMA RECOMENDADO

Chorro abrasivo al grado Sa 2½ de la norma ISO 8501-1 con una rugosidad media BN10b del Rugotest N° 3 o rugosidad media (G) del ISO Comparator. (Ver Notas en OBSERVACIONES).

## CONDICIONES DE APLICACION

Utilizar el producto sólo cuando la aplicación y el curado puedan tener lugar a temperaturas superiores a los 10°C. La temperatura de la superficie y la de la pintura deben encontrarse también dentro de los mencionados límites. Los resultados se obtienen a temperaturas de 15-25°C. Aplicar solamente sobre superficies limpias y secas cuya temperatura se encuentre por encima del punto rocío, a fin de evitar condensaciones. Facilitar la ventilación en espacios durante la aplicación y el secaje. La humedad relativa máxima tolerada es del preferiblemente entre 40 y 60%.

## PASOS PRECEDENTES

Ninguna o de acuerdo con la especificación.

## PASOS SUBSIGUIENTES

Ninguna o de acuerdo con la especificación.

## OBSERVACIONES

esores

Puede especificarse en espesores de película distintos que los indicados según el uso y la zona a recubrir. Ello influirá sobre el tiempo de secaje y el intervalo de repintado. El espesor recomendado se encuentra entre las 80-125 micras.

Intervalo de repintado

Si se sobrepasa el intervalo de repintado, es necesario proporcionar rugosidad a la superficie para asegurar la adherencia entre capas.

Curado

No poner los tanques en servicio hasta que el recubrimiento se encuentre completamente curado. Si los tanques deben contener agua potable, debe asegurarse la total evaporación de disolventes y el curado total del recubrimiento, antes de ponerlos en servicio. Además se recomienda, llenar el tanque dos veces con agua dulce, dejando el agua en el interior un tiempo mínimo de 24 horas cada vez, baldeando al final con agua potable.

Notas:

Los datos que se facilitan en la presente hoja son únicamente para información general. Disponemos de completas Instrucciones de Aplicación, que recomendamos solicitar antes de realizar cualquier trabajo, siguiéndolas meticulosamente durante el mismo, así como la correspondiente Especificación de Pintado

HEMPADUR 15400 es sólo para uso profesional.

## SEGURIDAD

Los envases llevan las correspondientes etiquetas de seguridad, cuyas indicaciones deben ser observadas. Además, deben seguirse las exigencias de la legislación nacional o local. Como regla general, debe evitarse la inhalación de los vapores de disolventes y de la neblina de pintura, así como el contacto de la pintura líquida con la piel y los ojos. Cuando se aplica pintura en espacios cerrados debe facilitarse ventilación forzada, acompañada de la adecuada protección respiratoria, de la piel y de los ojos, especialmente cuando se aplica a pistola.

FECHA

(G) Enero, 2000

(15400-50900-CO012)

Para la correcta interpretación de esta hoja, ver la "Guía para las Hojas de Características Técnicas". Los datos, recomendaciones e Instrucciones que se dan en esta hoja de características corresponden a los resultados obtenidos en ensayos de Laboratorio y en la utilización práctica del producto en circunstancias controladas o específicamente definidas. No se garantiza la completa reproducibilidad de los mismos en cada utilización concreta. El Ministerio de nuestros productos y la prestación de asistencia técnica quedan sujetos a nuestras CONDICIONES GENERALES DE VENTA, ENTREGA Y SERVICIO, y, a menos que se hayan tomado otros acuerdos específicos por escrito, el fabricante y el vendedor no asumen otras responsabilidades que las señaladas por los resultados obtenidos, perjuicios, daños directos o indirectos, producidos por el uso de los productos de acuerdo con nuestras recomendaciones. Las hojas de características pueden ser modificadas sin previo aviso. \*Marca registrada por HEMPEL.



# **BIBLIOGRAFÍA**

1. Ing. José M. Pérez – Ing. Lidia Canepa de Vargas , “ Guía para Diseño de Plantas de Filtración Lenta para el Medio Rural”, CEPIS, 1990.
2. Ing. Jorge Arboleda V. , Teoría y Práctica de los sedimentadores de placas inclinadas paralelas” , 1992.
3. CEPIS, “ Filtración Rápida, Criterios de Selección ”, Tomo 1, Lima-Perú 1992.
4. CEPIS, “ Criterios de Diseño para la Dosificación y Mezcla Rápida “ Tomo 2, 1993.
5. CEPIS, “ Criterios de Diseño para Floculadores y Decantadores “ , Tomo 3,1993.

6. Ing. Luiz Di Bernardo, " Diseño de Sistemas de Filtración para Tratamiento de Aguas de Abastecimiento ", 1988.
7. WTA's World Wide Water, " Coagulation, Floaculation / Secuindary Sedimentation, Filtration " 2001.
8. Greensboro NC. " Water Treatment Process " 2001.
9. <http://www.cepis.org.pe/eswww/proyecto/rapidise/publica/hdt/hdt013.html>. " Uso de Datos de Laboratorio para Diseño de Floculadores " , CEPIS, 2001.
10. ECUAPET, " Potabilización del Agua ", Publicación, 2000.
11. <http://www.geocities.com/hasx1/Asososca/potabilización.htm>, " Procesos de Potabilización del Agua " , Publicación, 2002.
12. <http://members.tripod.com/Arturobola/turbi.htm>, " Determinación de Turbidez " , Publicación, 2002.