

Cálculo del ancho (b) del canal desarenador

De acuerdo con especificación técnica la condición de la velocidad para el tipo de desarenador a diseñar es que la velocidad (V) sea igual a 0.30 m/seg

$$Q = V \times b \times d \quad (5)$$

$$V = 0.30 \text{ m/seg} \times 1 \text{ pie}/0.3048 \text{ m} = 0.98 \text{ pie/seg}$$

$$A = b \times d \text{ (corresponde a una sección rectangular)}$$

despejando b de (5)

$$b = \frac{Q}{V \times d} = \frac{2.82}{(0.98) (0.65)} = 4.42 \text{ pie}$$

$$b = 4.43 \text{ pie} = 1.34 \text{ m}$$

Cálculo de la longitud del canal desarenador con un tiempo de retención (tr) de un (1) minuto = 60 seg (según especificaciones técnicas)

$$L = V \text{ (pie)} \times tr = 0.98 \text{ pie/seg} \times 60 \text{ seg} = 58.80 \text{ pie} = 17.90 \text{ m}$$

$$L = 17.90 \text{ m}$$

cálculo de la pendiente (S) de la sección

$$S = \frac{Q^2 \times n^2}{A^2 \times R^{4/3}} = \quad (6)$$

donde:

$$Q = \text{gasto (en m}^3\text{/seg)}$$

$$n = \text{coeficiente de rugosidad (concreto común)}$$

$$A = d \times b$$

$$R = A/P$$

$$\text{siendo : } P = b + d + d = \text{(forma rectangular)}$$

Reemplazando valores

$$P = 1.72 \text{ m}$$

$$R = \frac{0.25 \text{ m}^2}{1.72 \text{ m}} = 0.14 \text{ m}$$

reemplazando valores en (6)

$$S = 0.00020$$

Cálculo de la pérdida de carga ( $H_f$ ) del desarenador

$$H_f = S \times L$$

donde :

$$S = 0.00020 \text{ (pendiente)}$$

$$L = 17.90 \text{ m (longitud del canal desarenador)}$$

$$H_f = 0.00020 \times 17.90 = 0.00358$$

$$H_f = 0.00358 \text{ mt} = 3.6 \text{ mm} \approx 4 \text{ mm}$$

$$H_f = 4 \text{ mm}$$

<sup>6</sup>c) Cálculo del canal de entrada desde la cámara de captación a la sección de la rejilla o criba del sistema proyectado

De acuerdo con especificación técnica la condición para la corriente de agua desde la cámara de captación hasta la

entrada a la sección de la rejilla o criba del sistema proyectado

es que la velocidad ( $V$ ) sea igual a 0.90 m/seg

cálculo de la sección del canal

$$A = Q/V \tag{7}$$

donde:

---

<sup>6</sup>Especificaciones técnicas y formulas para el calculo del canal de entrada al sistema obtenidas de Días de Morales, (1983)

$A = \text{área (rectangular)}$

$Q = 79.80 \text{ l/seg} = 0.07980 \text{ m}^3/\text{seg}$

$V = 0.90 \text{ m/seg}$

Reemplazando valores en (7)

$A = 0.09 \text{ m}^2$

cálculo de las dimensiones del canal

$A = b \times h$  (8)

donde:

$A = 0.09 \text{ m}^2$  área (rectangular)

$h = 0.19 \text{ m}$  (altura del flujo en el Parshall y en el desarenador)

despejando  $b$  de (8)

$b = A/h$  y reemplazando valores

$b = 0.47 \text{ m}$

La altura del canal será igual a  $(h + 0.51 \text{ m de bordo libre tomado como criterio técnico})$

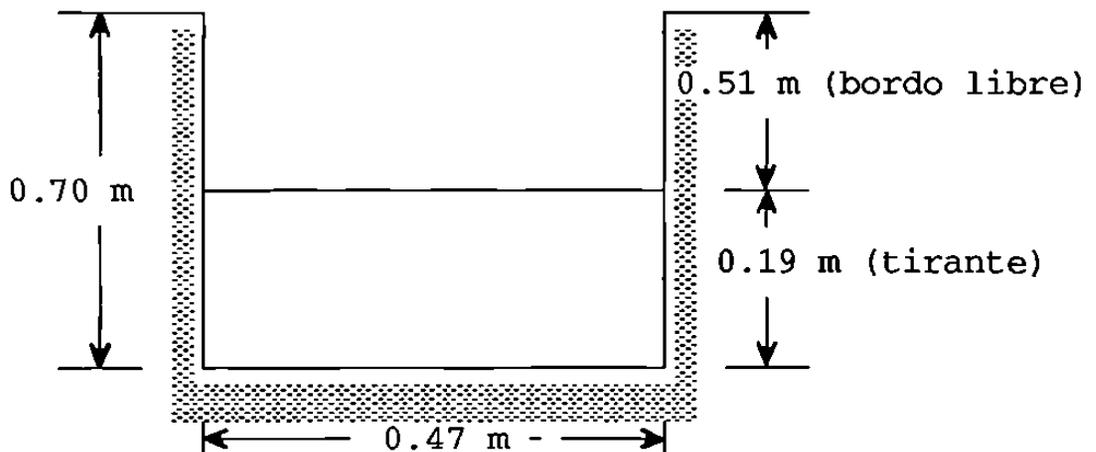


Figura 21. Dimensionamiento del canal de entrada de la cámara de captación a la sección del canal con rejilla

Cálculo de la pendiente del canal

$$S = \frac{Q^2 \times n^2}{A^2 \times R^{4/3}} = \quad (9)$$

donde:

$$Q = 0.07980 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$n = 0.013 \text{ (coeficiente de rugosidad de concreto común)}$$

$$A = 0.09 \text{ mt}^2$$

$$R = A/P \text{ (perímetro mojado)}$$

donde:

$$P = b + d + d \text{ (forma rectangular)}$$

reemplazando valores en (9)

$$S = 0.00062$$

Cálculo de la pérdida de carga  $H_f$  del canal

$$H_f = S \times L \text{ ( se adopta de acuerdo a especificación técnica 2 m)}$$

$$H_f = 0.0012 \text{ m} = 1.2 \text{ mm}$$

$$H_f = 1.2 \text{ mm}$$

d) <sup>7</sup>Cálculo de la sección del canal con rejilla o criba

Tipo de barra (rectangular)

$$\text{Sección de la barra ( 1 1/2'' x 1/4'' ) = (3.81 cm X 0.635 cm)}$$

Separación entre barras :  $\underline{d}$

---

<sup>7</sup>Especificaciones técnicas y formulas para el cálculo de la sección del canal con la rejilla o criba, obtenidas de Jeager, (1976)

según especificaciones técnicas las separaciones entre barras van de 6 mm a 50 mm, se adopta tipo medio con criterio técnico se selecciona 2 cm que es igual a 20 mm (centro a centro) donde:

$$d = 20 \text{ mm} - 6.35 \text{ mm} = 13.65 \text{ mm}$$

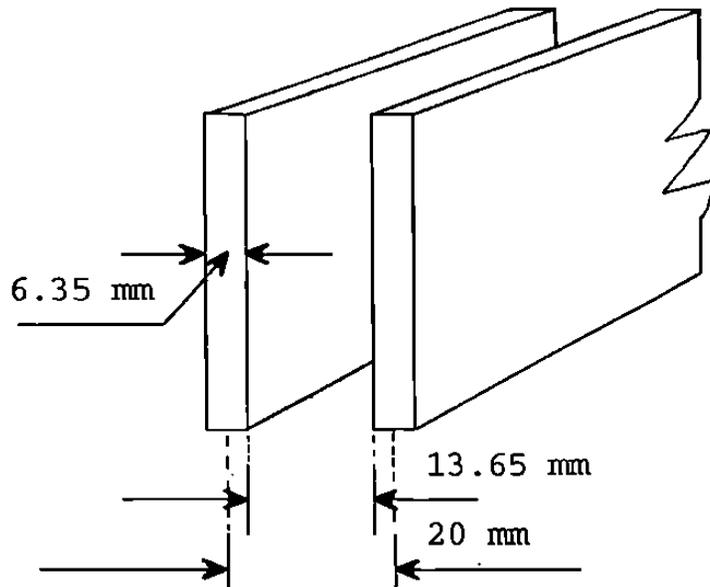


Figura 22. detalle del tipo de barra y separación de las mismas

Inclinación de las barras  $\theta = 45^\circ$  (según especificación técnica)

$$\text{Sen de } 45^\circ = Y/X \quad (10)$$

donde:

$Y = 0.70$  (altura del canal)

$X =$  Longitud requerida para las barras

despejando  $X$  de (10)

$$X = 0.70/0.7071$$

$$x = 0.98 \text{ m}$$

para encontrar  $X_1$   $\text{tag } 45 = Y/X_1$

$$X_1 = 0.70/1 = 0.70 \text{ m}$$

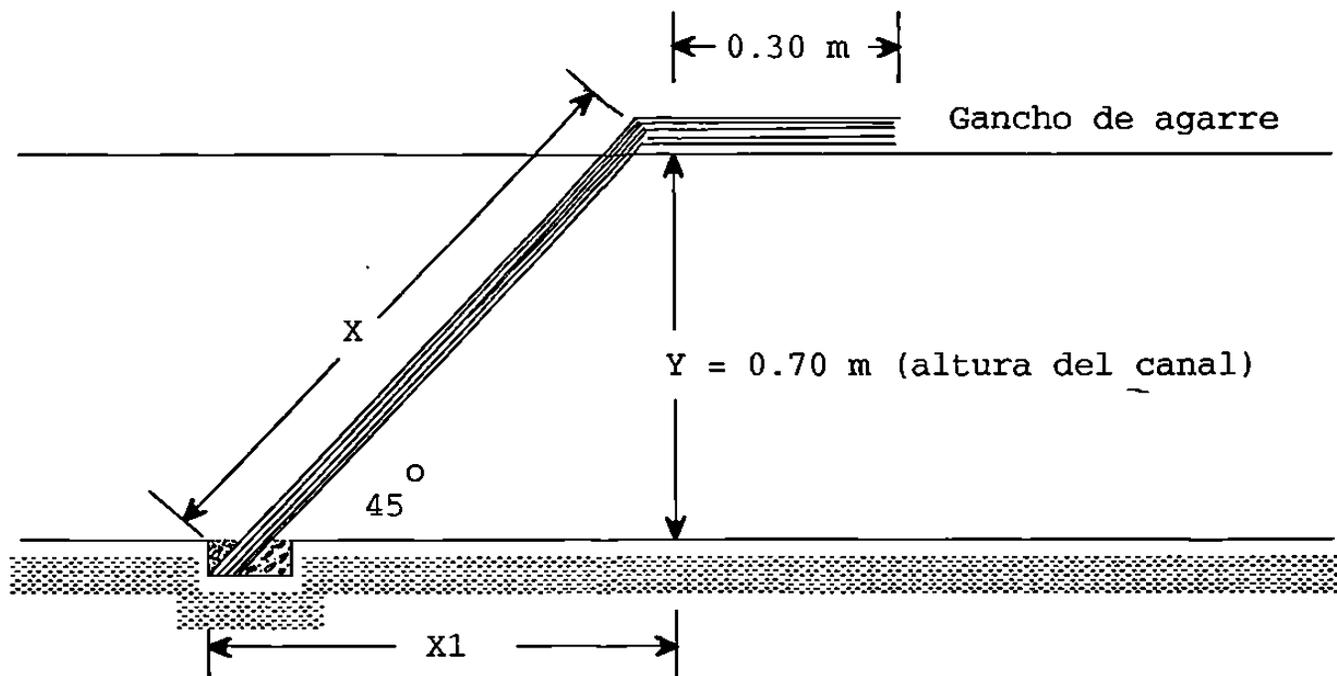


Figura 23. detalle de la longitud e inclinación de las barras.

Longitud de las barras ( $L_r$ )

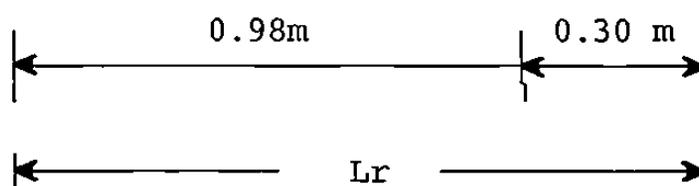


Figura 24 detalle de la longitud de la barra incluido el gancho de agarre.

Longitud de barras  $L_r = 1.28 \text{ m}$

Número de espacios

$b = 0.47 \text{ m}$  (ancho del canal del influente)

De acuerdo a las especificaciones técnicas el ancho del canal (b) con rejilla debe incrementarse de dos (2) a tres (3) veces, para reducir la velocidad a 0.30 m/seg

$$Q = V \times A; \text{ para } V = 0.30 \text{ m/seg} \quad (11)$$

despejando A de (11)

$$b \times h = Q/V = 0.0798/0.30 = 0.26$$

donde:

$$A = b \times h \text{ (tirante d)}$$

despejando b

$$b = A/h = 0.26/0.19 = 1.40 \text{ m}$$

$$b = 1.40 \text{ m}$$

Comprobando de acuerdo con la especificación técnica la reducción de la velocidad del flujo en esta sección del canal con rejilla,  $V = Q/A = 0.0798/1.40 \times 0.19 = 0.299 \text{ m/seg} \approx 0.30 \text{ m/seg}$ ; por lo tanto el valor obtenido de (b) es 2.97 veces el ancho del canal con lo que se da cumplimiento a la especificación técnica.

Cálculo del número de espacios entre barras;

Número de espacios  $n_e = \text{ancho (b)}/\text{separación } \underline{d}$  (centro a centro de la barra)

$$n_e = 1.40 \text{ m}/0.02 \text{ m} = 70 \text{ espacios}$$

$$n_e = 70 \text{ espacios}$$

Cálculo del número de barras ( $n_b$ )

$$n_b = n_e + 1$$

$$n_b = 71 \text{ barras}$$

Cálculo de la longitud de los claros entre barras

$L_c$  = número de espacios x claro de barra a barra

$$L_c = 70 \times 13.65 \text{ mm} = 0.95 \text{ m}$$

$$L_c = 0.95 \text{ m}$$

Cálculo de la longitud que ocupan las barras

$L_{op}$  = espesor de barras x número de barras

$$L_{op} = 0.635 \text{ cm} \times 71 = 45.08$$

$$L_{op} = 45.08 \text{ cm}$$

Cálculo de la pérdida de carga en la rejilla

$$h_v = K \times V^2 / 2g$$

donde:

$h_v$  = altura cinética del flujo, que se aproxima a la reja en metros

$K$  = coeficiente de descarga  $\approx 0.54$  ( forma de la reja)

$$g = 9.81 \text{ m/seg}^2 = 2g = 19.62 \text{ m/seg}^2$$

$V = 0.30 \text{ m/seg}$  (velocidad del agua)

reemplazando valores

$$h_v = 0.0025 \text{ m}$$

La pérdida de carga en las rejillas ( $h_f$ ), estará en función de la forma de la barra, y de la altura cinética ( $h_v$ ) del flujo entre las barras.

<sup>8</sup>Kirschmer propuso la siguiente ecuación

$$h_f = B (W/D)^{4/3} \times h_v \times \text{sen } 45^\circ \quad (12)$$

donde:

$h_f$  = pérdida de carga en las rejillas

---

<sup>8</sup>Kirschmer, citado por Jeager (1976)

B = coeficiente por la calidad del material (2.42) (Cuadro 8)

W = espesor mínimo de barra, frente al flujo (m)

D = separación mínima entre barras 0.00635 m

$h_v$  = altura cinética del flujo entre las barras 0.0025 m

$\text{sen } 45^\circ$  = ángulo de la reja con respecto a la horizontal 0.7071

reemplazando valores en (12)

$h_f = 0.0020 \text{ m} = 2 \text{ mm}$  (por la rejilla)

<sup>9</sup>Cálculo de la pérdida de carga  $h_f$  por el canal

$$h_f = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (13)$$

donde:

$h_f$  = Pérdida de carga

1 = Constante

n = Coeficiente de rugosidad (concreto común)

R = perímetro mojado

S = Pendiente del canal

Sustituyendo valores en (13)

$h_f = 0.00030 = 0.3 \text{ mm}$  (por el canal)

Una vez calculado el desarenador se procede al diseño del mismo, dimensionándolo de acuerdo con los valores obtenidos como se lo puede observar en la Figura 25 y en la Figura 26 se presenta el diseño del cribado con la sección del canal correspondiente, mostrando las características básicas para la construcción.

---

<sup>9</sup> El valor de  $h_f$  por el canal, fue calculado con la fórmula de Maning obtenida de Trueba Coronel (1981)

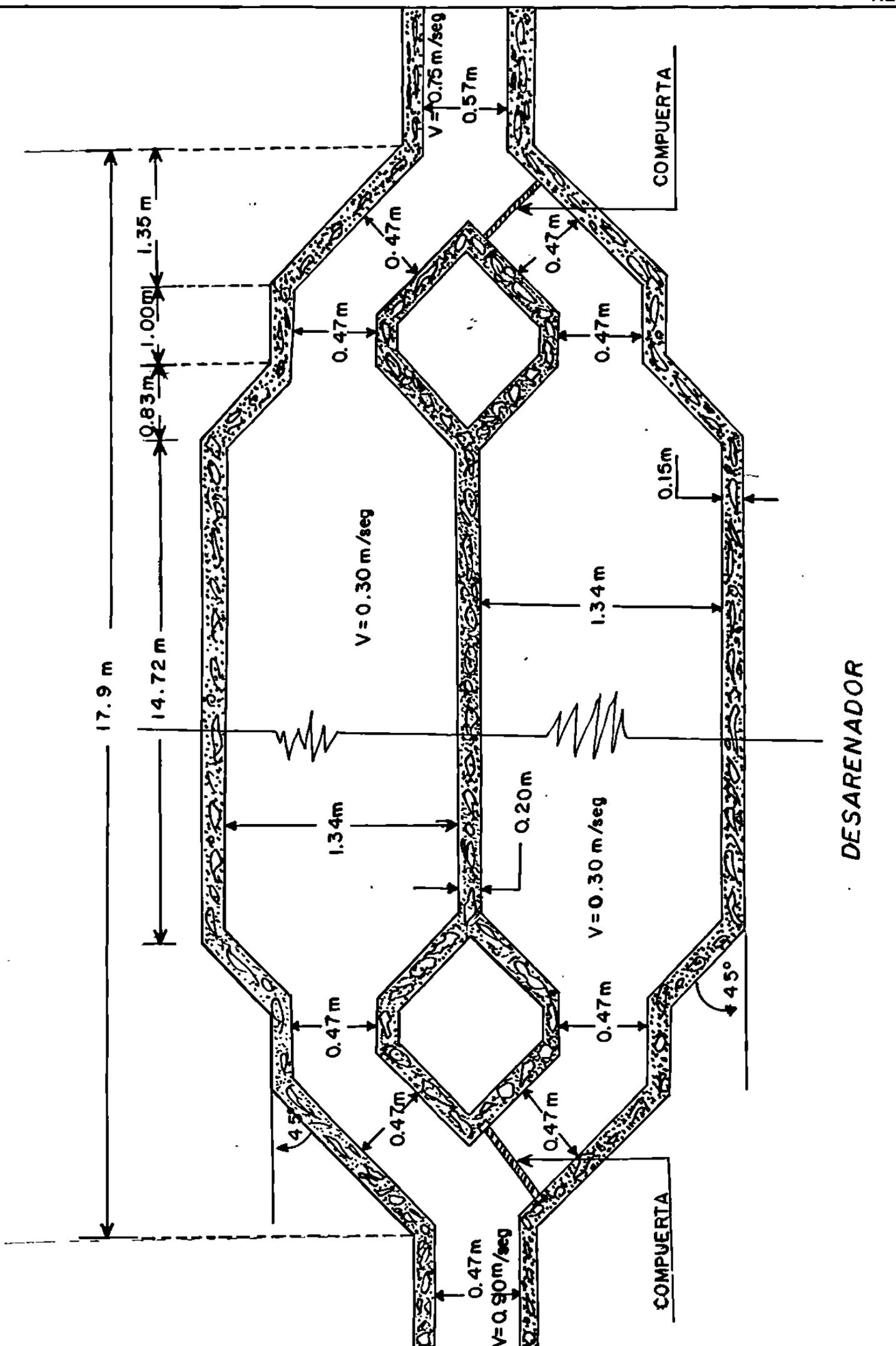


FIGURA . 25 DISEÑO DEL DESARENADOR

EWTC

1993

DESARENADOR

COMPUERTA

COMPUERTA

17.9 m

14.72 m

0.83 m

1.00 m

1.35 m

1.34 m

0.20 m

0.15 m

V = 0.30 m/seg

V = 0.30 m/seg

V = 0.75 m/seg

0.57 m

0.47 m

0.47 m

0.47 m

0.47 m

0.47 m

0.47 m

V = 0.90 m/seg

0.47 m

45°

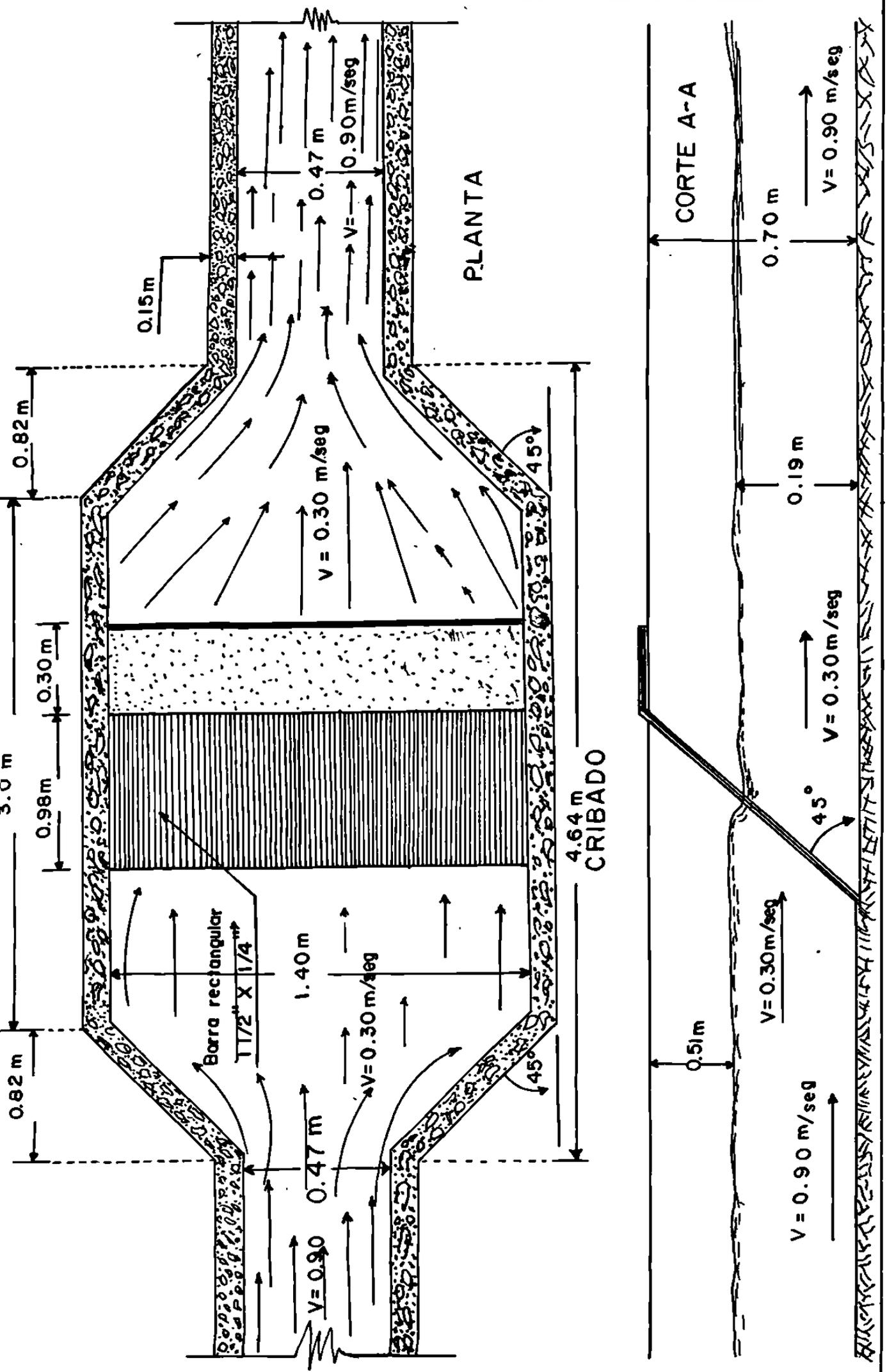


FIGURA 26 DISEÑO DEL CRIBADO

E WTC

#### 4.2.1.2. Proyecto y cálculo hidráulico del tratamiento primario

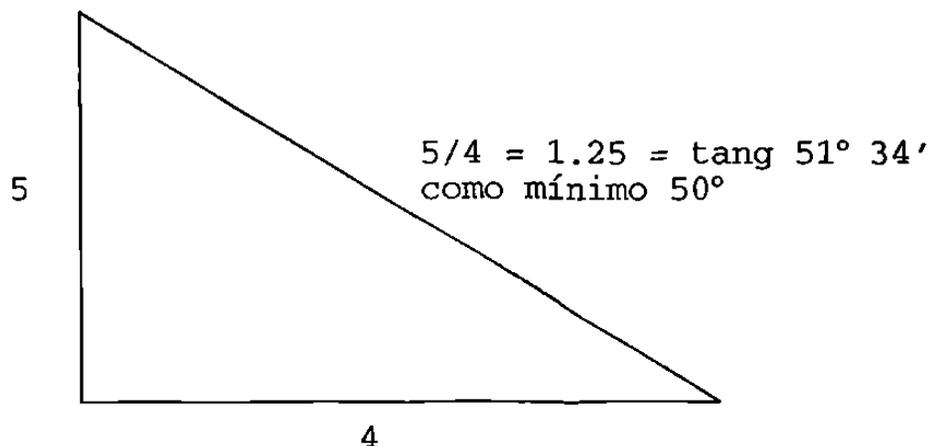
##### a) <sup>10</sup>Cálculo del tanque Imhoff

cálculo del sedimentador del tanque Imhoff

Especificaciones técnicas

Las dimensiones de la cámara de sedimentación están determinadas por: la velocidad del escurrimiento, el período de retención y la cantidad de aguas negras por tratar. El tiempo de retención para aguas negras domésticas es igual de una (1) hora hasta cuatro (4) horas, siendo el tiempo de retención mas comúnmente utilizado es el de dos (2) horas para tratamiento único  $2 \leq t_r \leq 3$  horas.

La recomendación para el diseño de las paredes del fondo de la cámara de sedimentación es que estas deberán tener una pendiente no menor de 5 vertical y 4 horizontal.




---

<sup>10</sup>Especificaciones técnicas y formulas para el cálculo del tanque Imhoff tomados de Barnes (1967), Babbitt y Baumanm (1971) y Steel (1972).

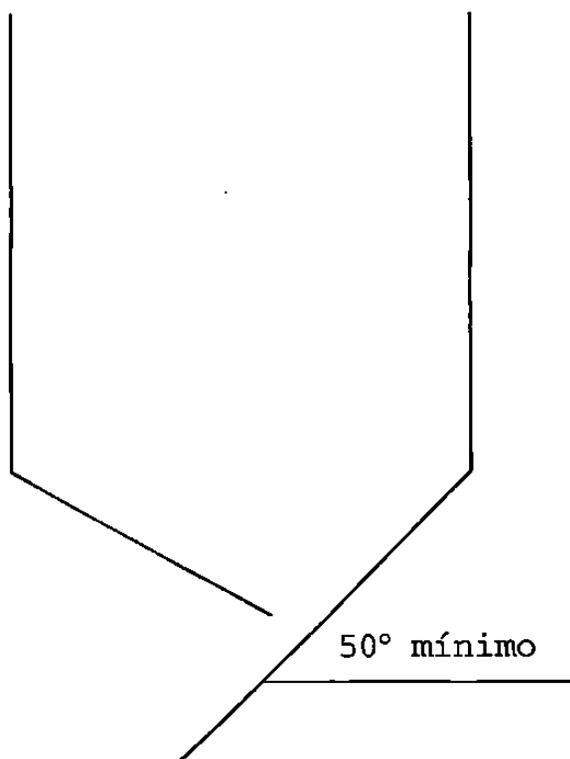


Figura 27 detalle del dimensionamiento de la cámara de sedimentación del tanque Imhoff

Los resultados obtenidos de sólidos suspendidos totales de 180 mg/l y Demanda Bioquímica de Oxígeno ( $DBO_5$ ) de 265 mg/l serán reducidos en el proceso de remoción de materia orgánica en la cámara de sedimentación la que se determina, de acuerdo a la figura 211 de Steel (1972) (apéndice) el efecto del período de sedimentación y de la concentración sobre los porcentajes de la materia en suspensión y de DBO eliminados, por lo que se encuentra el tanto por ciento de materia orgánica separada o el porcentaje de eficiencia en la separación de esta materia orgánica que en este caso corresponde del 50 al 68 % con un período de retención de  $1 \leq t_r \leq 4$  horas, por lo que se adopta con criterio técnico un tiempo de retención de tres (3) horas que corresponde a ciento ochenta

(180) minutos debido a que cuando la unidad este trabajando a su máxima capacidad, habrá mayor cantidad de flujo, por lo tanto será menor el tiempo de retención en la unidad correspondiente al tanque Imhoff y laguna de estabilización.

Cálculo del volumen de la cámara de sedimentación

$$V = (Q_p \text{ m}^3/\text{seg}) (t_r) \quad (14)$$

donde:

$$Q_p = 0.064 \text{ m}^3/\text{seg} \text{ (gasto requerido para el proyecto)}$$

$$t_r = 3 \text{ horas (tiempo de retención)}$$

Sustituyendo valores en (14)

$$V = 691 \text{ m}^3 \text{ (cámara de sedimentación)}$$

Cálculo de la superficie de la cámara de sedimentación

Según Esteel cuadro 2 del apéndice el régimen de decantación

( $R_d$ ) en galones por pie cuadrado por día (gal/pie<sup>2</sup>/día) para tanque Imhoff es igual a seicientos galones por pie cuadrado por día. (600 gal/pie<sup>2</sup>/día)

donde:

$$R_d = (600 \text{ gal/pie}^2/\text{día}) (3.785 \text{ l/gal}) ( \text{m}^3/1000 \text{ l}) (\text{pie}^2/0.092 \text{ m}^2)$$

$$R_d = 24.45 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día} \text{ (régimen de decantación)}$$

Cálculo del área de la cámara de sedimentación

$$A = Q_p/R_d = \quad (15)$$

donde:

$$Q_p = 64 \text{ l}$$

$$R_d = 24.45 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$$

reemplazando valores en (15)

$$A = 269.9 \text{ m}^2 \text{ (superficie de la cámara)}$$

Cálculo de la profundidad media  $h_{1/2}$  en la cámara de sedimentación

$h_{1/2}$  = volumen de la cámara de sedimentación / el área de la cámara

$$h_{1/2} = 2.50 \text{ m}$$

Dimensionamiento de la cámara de sedimentación del tanque Imhoff

La relación de la longitud puede variar entre 5 : 1 y 3 : 1 de lo cual se seleccionará  $L = 3a$  (anchos), donde:

$$\text{Area} = L \times a = 3a = 3a^2$$

$$a = \sqrt{A/3} = 9.48 \text{ m}$$

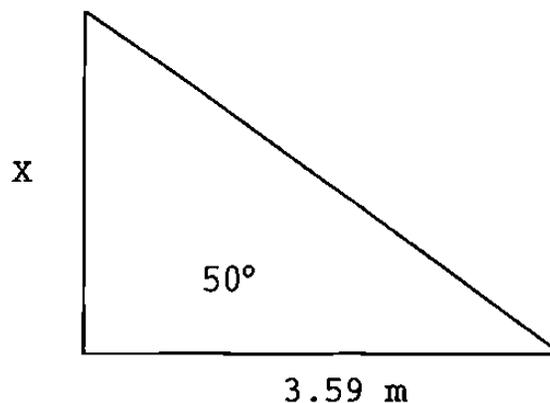
donde:

$$A = 269.9 \text{ m}^2 \text{ area (superficie de la cámara)}$$

$$a \text{ (ancho)} = 9.48 \text{ m}$$

$$L \text{ (largo)} = A/a$$

$$L = 28.47 \text{ m}$$



$$\text{tang } 50^\circ = x/3.59$$

$$x = 3.59 (\text{tang } 50^\circ); \quad x = 4.27$$

$$x/2 = 2.13 \text{ m}$$

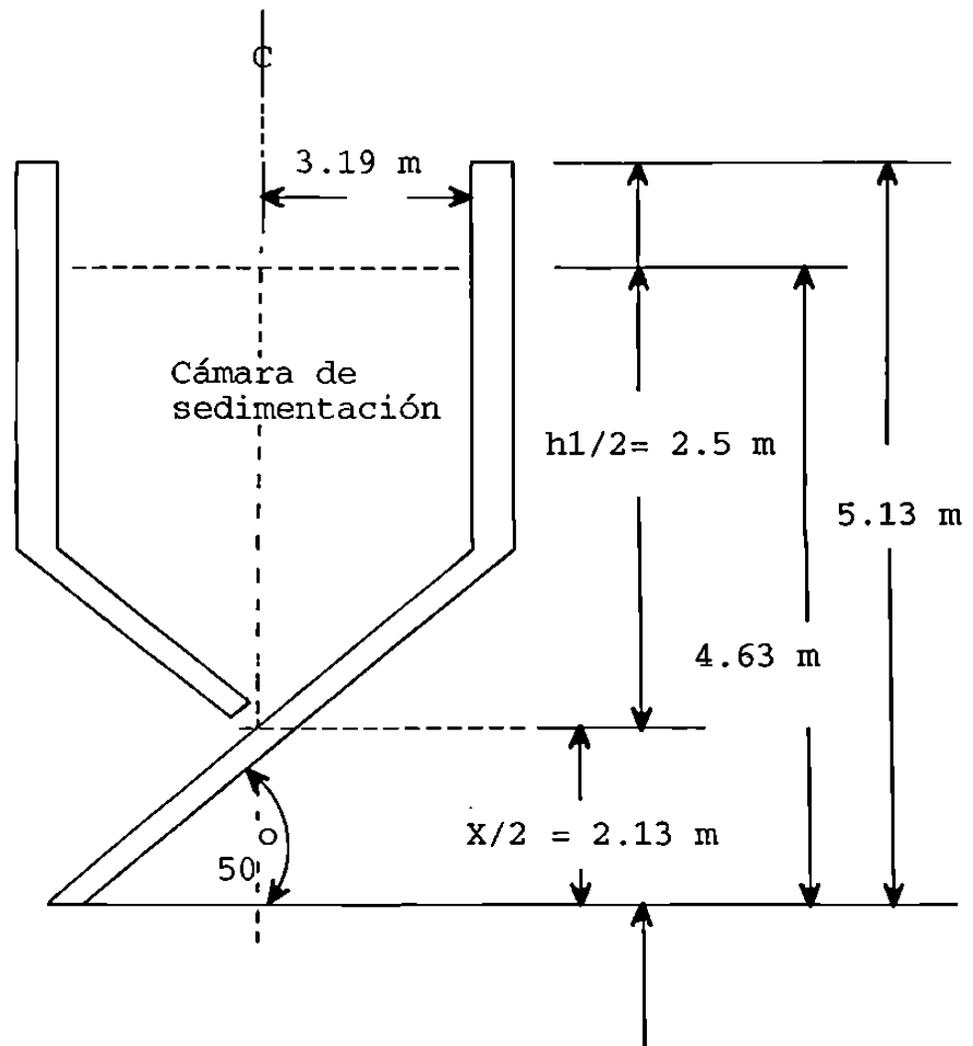


Figura 28. dimensiones de la cámara de sedimentación del tanque Imhoff

### Cálculo de la cámara de digestión

La cámara de digestión se diseñara de modo que pueda almacenarse el lodo de 6 a 12 meses en períodos calurosos, pueden

ser satisfactorios períodos mas cortos

Las recomendaciones o requisitos de diversas juntas estatales de sanidad indican capacidades de 56 a 200 l/hab servido, siendo la capacidad mas común para este caso de 90 a 150 l/hab servido la capacidad necesaria puede ser menor en los períodos calurosos, por lo que bajo criterio técnico se adopta una capacidad de 50 a 80 l/hab servido o lo que resulta el volumen de lodos acumulados para un tiempo de digestión en las condiciones ambientales de Marín de 35 a 45 días y tomando los resultados promedios de los siguientes parámetros de diseño que se utilizarán para el cálculo de esta sección de la unidad (tanque Imhoff).

Sólidos suspendidos totales	= 180.00 mg/l
Sólidos suspendidos volátiles	= 100.36 mg/l
Sólidos suspendidos fijos	= 49.35 mg/l
sólidos sedimentables	= 3.94 ml/l
DBO <sub>5</sub>	= 265.00 mg/l
DQO	= 372.09 mg/l
pH	= 7.9

Se calcula:

El volumen de la cámara de digestión del tanque Imhoff donde se realizará la digestión orgánica de los lodos

Vol = (población proyecto) (capacidad)

Vol = (9702.0 hab) (50 l/hab) = 485,100 l

$$\text{Vol} = 495.1 \text{ m}^3$$

### <sup>11</sup>Cálculo del los volumen de lodo en la cámara de digestión

Para la realización de este cálculo se hace uso de las siguientes

referencias:

$$1 \text{ m}^3 \text{ de lodo seco pesa} = 1,030 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso específico de lodo seco} = 1.03 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso específico de lodo seco} = 1,030 \text{ Kg/m}^3$$

Y se aplica la siguiente formula:

$$V_{1s} = \frac{(\text{SSV}) (Q_p) (\% \text{ remoción}) (\text{tiempo de digestión})}{\text{peso específico}} \quad (16)$$

donde:

$V_{1s}$  = Volumen de lodo seco a determinar

SSV = 100.36 mg/l Sólidos suspendidos volátiles (resultado)

$Q_p$  =  $6.89 \times 10^6$  l/día

% de remoción = 0.56 (juntas estatales de sanidad)

$t_d$  = 45 días (Tiempo de digestión de acuerdo a las condiciones ambientales de Marín).

---

<sup>11</sup>Los valores de referencia para el cálculo del volumen seco y volumen húmedo de lodos en la cámara de sedimentación del tanque Imhoff fueron adoptados en base a la experiencia utilizada en el cálculo de plantas de tratamiento por la Universidad Autónoma de Nuevo León

$P_s = 1.03 \text{ gr/cm}^3$  Peso específico (valor de referencia)

Reemplazando valores en (16)

$$V_{1s} = 16.69 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen húmedo de lodo ( $V_w$ )

El lodo tiene el 95 % de humedad (W)

El volumen de lodo seco encontrado corresponde al 5% estableciendo la relación de porcentaje.

$$V_w = 333.9 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen de la cámara de digestión con lodos ( $V_{cw}$ )

Bajo criterio técnico se toma un tiempo de retención de 90 días

Carga de lodo húmedo =  $V_w/t_d = 0.37 \text{ m}^3/\text{día} \times 100/5 = 7.41 \text{ m}^3/\text{día}$

$$V_{cw} = (\text{carga de lodo húmedo}) (t_r) =$$

$$V_{cw} = 667 \text{ m}^3$$

Cálculo de la superficie de la cámara de digestión

El ancho de la cámara de espumas se lo dimensiona de un metro (1) en cada lado (para que entre un hombre) el grosor del muro de la cámara de sedimentación será de 0.15 metros; y la pared exterior del tanque Imhoff será de 0.20 mt, haciéndose mas ancho hacia abajo

Cálculo del área o superficie

$$A = \text{Ancho} \times \text{largo} =$$

$$A = 9.48 \times 28.47$$

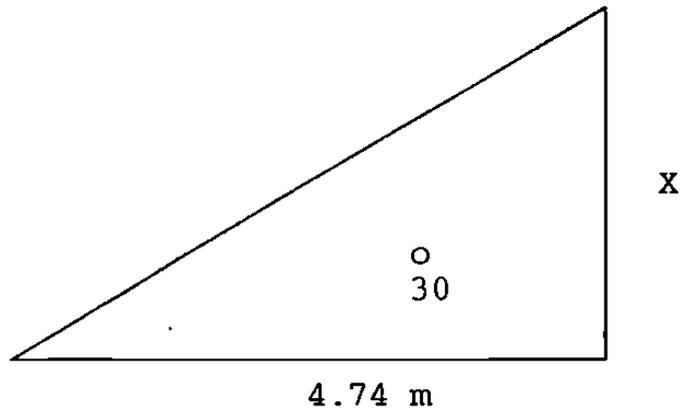
$$A = 269.89 \text{ m}^2 \text{ (superficie)}$$

Cálculo de la profundidad media ( $h_{1/2}$ ) de los lodos en la cámara de digestión.

$$h_{1/2} = \text{volumen de lodos } (V_w) / \text{Area}$$

$$h_{1/2} = 667.6/269.89 = 2.47$$

$$h_{1/2} = 2.47$$



$$\text{tang de } 30^\circ = X/4.74 \text{ (0.577)}$$

despejando X

$$X = 2.73$$

$$X/2 + 1.36 \text{ m}$$

Altura del nivel de los lodos la cámara de sedimentación

$$h = h_{1/2} + X/2$$

$$h = 3.83$$

Altura total de la cámara de sedimentación

$$h_t = h + 0.36 = 4.19 \text{ m}$$

$$h_t = 4.19 \text{ m}$$

Cálculo del área o superficie de la cámara de espumas expuesta a la

atmósfera del tanque Imhoff.

De acuerdo a especificaciones técnicas el cálculo del área o superficie de la cámara de espumas expuestas a la atmósfera, debe ser del 20 al 25 % de la proyección horizontal correspondiente a la parte superior de la cámara de digestión.

$$A_{ea} = 2 \times L \quad (17)$$

donde:

2 = Número de áreas expuestas a la atmósfera

L = 28.47 (Largo de la cámara de sedimentación)

Sustituyendo valores en (17)

$$A_{ea} = 2 \times 28.47 \text{ m}$$

$$A_{ea} = 56.94 \text{ m}^2$$

La superficie igual a 269.89 es igual al área horizontal de la parte superior de la cámara de digestión, por lo que estableciendo la relación porcentual se obtiene el 21.16 % de la proyección horizontal, por lo tanto el diseño está de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas, donde:

$A_{ea} = 56.94 \text{ m}^2$  corresponde al 21.16 % de la proyección horizontal del tanque Imhoff.

En la Figura 29 se muestra el diseño del tanque Imhoff con sus respectivas secciones, dimensionadas de manera que se pueda facilitar su construcción; por este motivo es importante efectuar los cortes de visualización tal como se indica en la Figura 30.

# TANQUE IMHOFF

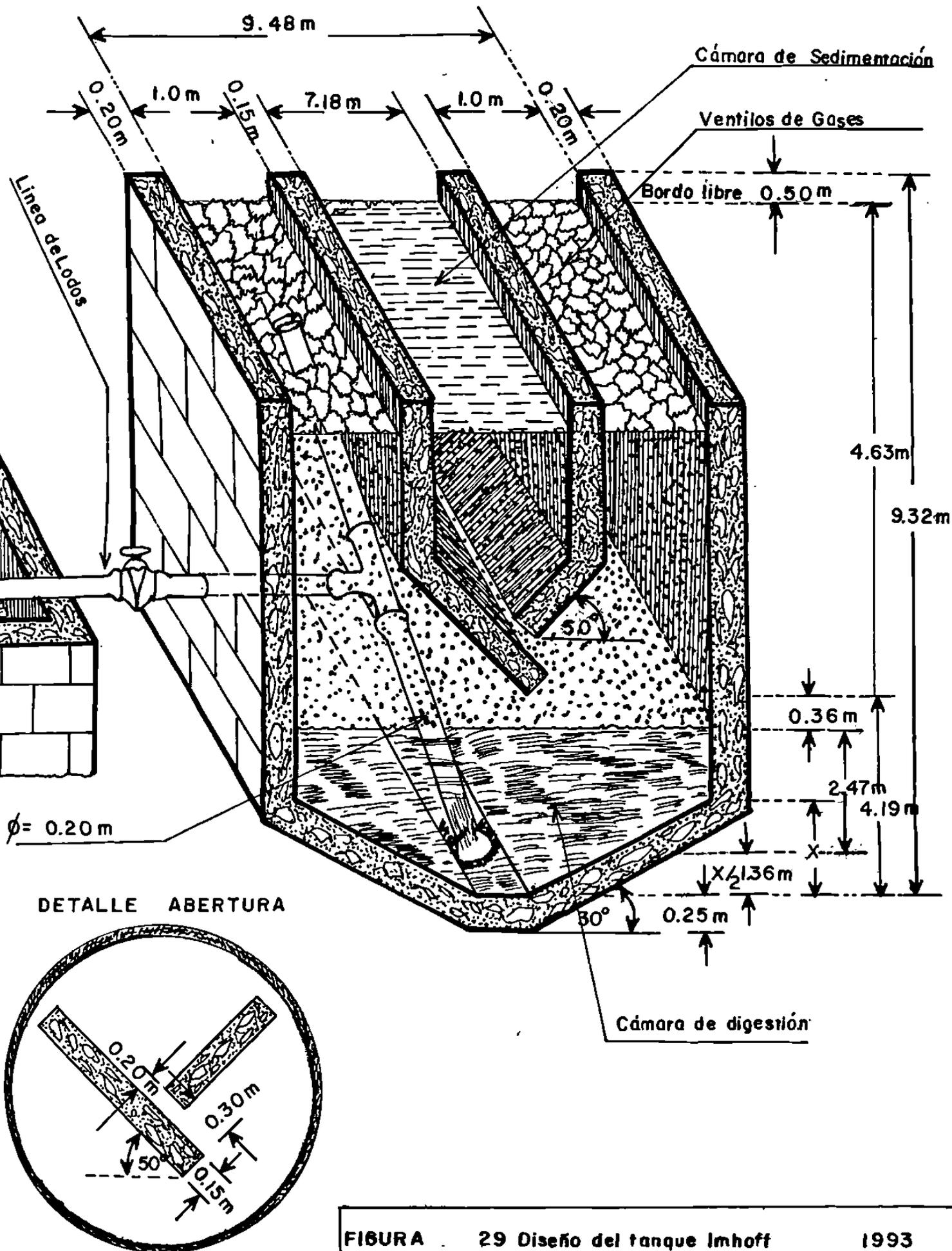
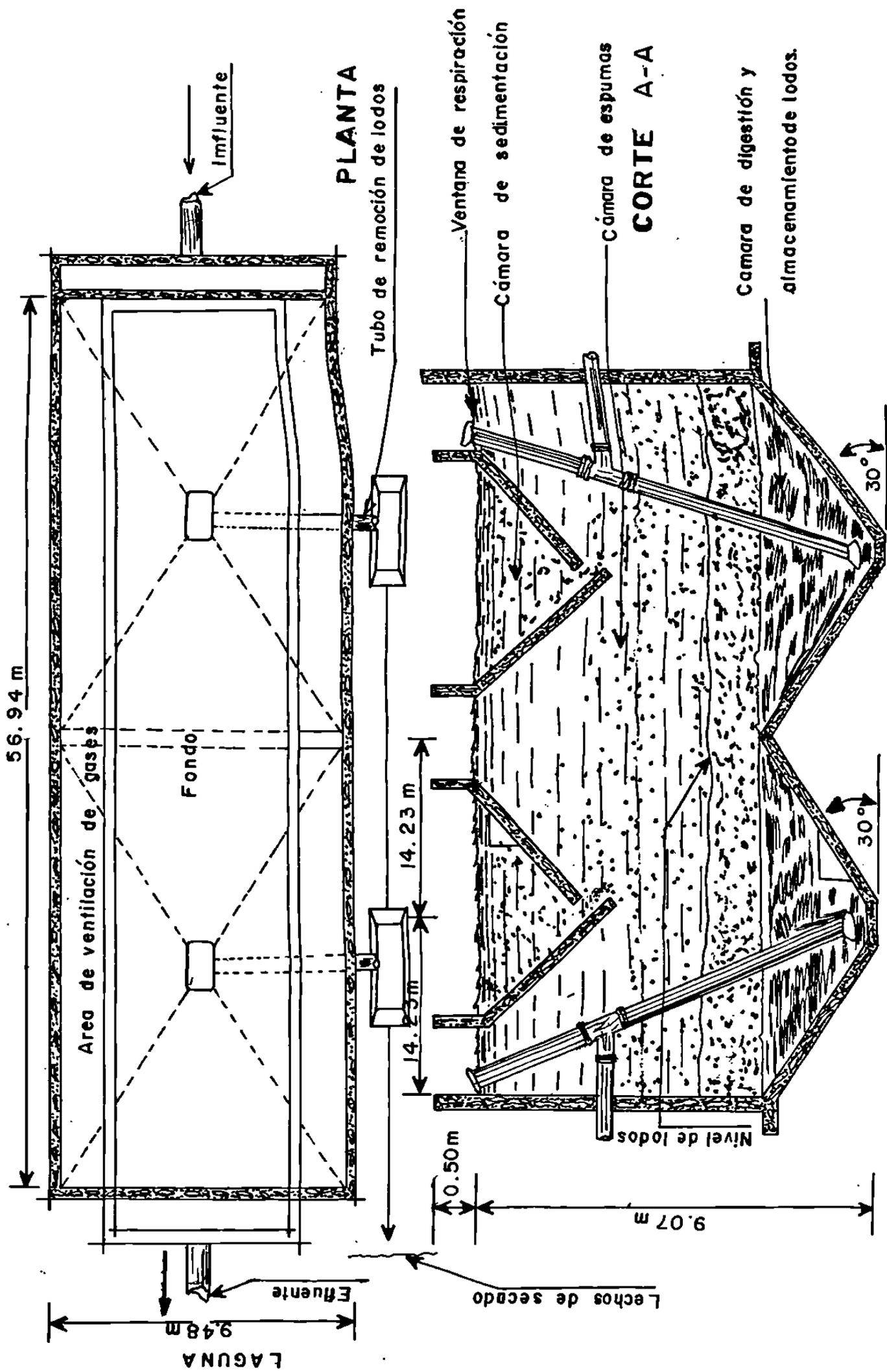


FIGURA 29 Diseño del tanque Imhoff  
E WTC



4.2.1.3. <sup>12</sup>Cálculo del lecho de secado donde serán depositados los lodos digeridos en la cámara de digestión del tanque Imhoff.

$$AL = A_r \times N \quad (18)$$

donde:

AL = Area del lecho de secado

$A_r$  = Area réquerida 0.093 m<sup>2</sup> (base de diseño)

N = Número de habitantes

Sustituyendo valores en (18)

$$AL = 0.093 \text{ m}^2 \times 9702.0$$

$$AL = 902.28 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud} = 23.2 \text{ m}$$

$$\text{Ancho} = 6 \text{ mt}$$

$$\text{Profundidad} = 0.40 \text{ m}$$

Capa de arena 10 cm y capa de grava graduada 10 cm que hace una capa de material graduado para filtración de 20 cm Número de unidades = 6

---

<sup>12</sup>Recomendaciones técnicas y formulas para el cálculo de lechos de secado obtenidos de la Secretaria de Recursos Hidráulicos Subsecretaría de Planeación Informe de la tercera etapa de estudios sobre el reuso del agua en la Agricultura (1976) cuadro No.12

4.2.1.4. <sup>13</sup>Cálculo de la dosis óptima de cloro que se aplicará en la laguna de estabilización y almacenamiento para reutilizar el agua en riego agrícola

$$P = Q \times D \times T \quad (19)$$

donde:

P = Dosis óptima de cloro

Q = Gasto o caudal actual m<sup>3</sup>/hr (promedio de los resultados)

D = dosis adoptada (cloro líquido)

T = Tiempo de servicio del dosificador en hrs/día

Sustituyendo valores en (19)

$$P = (90 \text{ m}^3/\text{hr}) (9 \text{ g/m}^3) (24 \text{ hrs/día})$$

$$P = 19.44 \text{ Kg/día de cloro líquido}$$

Elección del equipo para la dosificación

Con el valor P (Kg/día) se escoge en los folletos de cloradores de los distribuidores existentes en el mercado y se obtiene sus límites de funcionamiento y dimensiones.

Una vez diseñada la planta de tratamiento se realiza el cálculo de costos unitarios del pre-tratamiento y tanque Imhoff para una población de 10000 habitantes; los precios unitarios aplicados se obtuvieron de cotizaciones realizadas en la zona del proyecto. No se incluyen costo de terreno y tratamiento secundario por contar con la disponibilidad de los mismos.

---

<sup>13</sup>Formula para el cálculo de la dosis óptima de cloro obtenida de Painter (1979) las recomendaciones y criterios técnicos emitidos por el Ing. Ernesto W. Torres Cáceres

Los materiales requeridos así como el importe de los mismos se presenta en el Cuadro 12 donde se reporta la suma de estos importes más el porcentaje de imprevistos con el total de inversión.

A partir de las inversión calculada se determinaron las erogaciones anuales considerando un período de amortización de 15 años y una tasa de interés del 12% y se sumaron a las erogaciones por operación y mantenimiento, suponiendo una persona trabajando ocho horas por día con un salario de \$N 29.33/día (sueldo promedio más prestaciones como trabajador de la FAUANL) dando como resultado la erogación anual total. En función del volumen anual tratado se calcularon luego los costos unitarios en nuevos pesos incluidos en el Cuadro No 13 el mismo que presenta los costos unitarios de tratamiento por año, incluido el costo mensual por habitante con una tasa de interés al 12% anual con un período de amortización de 15 años

CUADRO 14 inversión en pre-tratamiento y en tanques imhoff

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio por Unidad
			N\$	N\$
Barra rectangular				
1 1/2'' x 1/4''	m	100	5.68	568
Muros y piso concreto				
espesor 0.20 m f'c =				
217 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	1767	5.5	1718.5
Varilla (1/2'')	ton	10	1500	15000
Tubo de fierro de 0.20 m				
de diámetro	m	30	113.5	3405
S u m a				28691.5
20% de Imprevistos				5738.3
T o t a l				34429.8

CUADRO 15 cálculo de costos unitarios de tratamiento

Inversiones	N\$	Amortización	Operación y	Costo anual	Costo mensual
		de la inversión	mantenimiento	total	por habitante
Obra civil	Total	(N\$/Año)	(N\$/Año)	(N\$/Año)	(N\$/hab)
34429.8	34429.8	5164.47	10705.45	11269.92	0.094

Nota: Los costos se obtuvieron a la fecha con una tasa de interés al 12% anual con un período de amortización de 15 años

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las pruebas experimentales desarrolladas en la caracterización del agua residual doméstica de la población de Marín, N. L. resultaron adecuadas para obtener la información necesaria con el propósito de desarrollar la investigación que se aplicó a la tecnología apropiada, la cual confirmó el grado de tratamiento que se le deberá dar al agua residual doméstica de Marín para reusarla como agua de riego agrícola promoviendo de esta manera el incremento en el rendimiento de los cultivos en la zona y en los campos experimentales de la FAUANL.

Con el cálculo y diseño de la planta de tratamiento que consta de un pre-tratamiento, tratamiento primario y secundario, proyectados, calculados y diseñados de manera que minimizan los costos y se maximiza la utilización de los recursos existentes en la zona dentro de las recomendaciones para la aplicación de la ley de preservación del ambiente y uso del suelo, lo que permite establecer las siguientes conclusiones.

1. La calidad del efluente que produce el municipio de Marín puede ser tratado mediante un proceso sistemático operacional como el que proporcionará la planta de tratamiento Proyectada mediante las operaciones unitarias que se realizarán.
2. En el área de estudio se encontró una estructura que no cumple con las especificaciones técnicas de diseño ni con las funciones de tratamiento de aguas residuales.

3. La estructura correspondiente a las lagunas, se construyeron con la finalidad de proporcionar un tratamiento de oxidación de la materia orgánica, pero en la actualidad se encuentran subdimensionadas, por lo que en este proyecto se las podrá utilizar como lagunas de estabilización y maduración (almacenamiento).
4. El diseño y cálculo Hidráulica de la planta de tratamiento está considerado dentro de las normas técnicas que rigen para construcción de plantas de tratamiento con la finalidad de obtener un efluente acorde con los valores permisibles de los componentes físico químicos que posee el agua residual y que exige la ley de preservación del ambiente y uso del suelo en el Estado de Nuevo León para aprovechar el recurso agua residual como agua de riego agrícola.
5. La planta de tratamiento proyectada, calculada y diseñada esta de acuerdo a las condiciones ambientales de Marín y con la capacidad técnica de funcionar eficientemente hasta el año 2002
6. El efluente producto del tratamiento deberá ser utilizado en riego agrícola para aprovechar las capacidad fertilizante del agua residual tratada sin causar problemas de contaminación a través de la cadena alimenticia.

7. Los lodos, producto de la digestión de la materia orgánica en el tanque Imhoff y drenados por carga hidráulica en los lechos de secado podrán ser utilizados como material de abono, tomando en consideración las condiciones bacterianas (desinfección) y aprovechando sus propiedades físico químicas.

En función de los resultados obtenidos en la caracterización del agua residual de la población de Marín, N.L. y de acuerdo a las conclusiones establecidas al término del proyecto y cálculo hidráulica de la planta de tratamiento para reuso del agua residual en la agricultura se recomienda:

1. Redimensionar el pre-tratamiento existente y construir el tanque Imhoff, que son las unidades que conformarán el sistema de tratamiento en si.
2. De acuerdo a Babbitt y Baumann (1971) proporcionar la operación y el mantenimiento de la planta de tratamiento para de esta manera mantener el 99.9 % de eficiencia máxima en el tratamiento del agua residual de Marín.
3. Por ser un sistema de tratamiento barato, aprovechar al máximo la eficiencia de éste para uso agrícola ( que cumpla su objetivo).
4. Una vez construido el sistema de tratamiento, realizar

evaluaciones periódicas de la calidad del efluente de Marín para de esta manera mantenerlas dentro de la calidad para el uso como agua de riego agrícola.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, G. y A. 1992. Manual de hidráulica. Fuentes Impresores Hara México, D.F. 469-480 pp.
- Acevedo N., J.M. y M.L. Hess. 1970. Tratamiento de aguas residuales, Ed. Revista DAE. No 17 Sao Paulo, Brasil.
- Acosta C., E. 1988. Comportamiento de genotipos de sorgo (*sorghum bicolor* (L.). Moench) bajo condiciones de sequía y temporal. tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L. México.
- American Water Works Association. 1992. Standard methods. Edited by A. W.W.A. E.U.A. 45-800p.
- Babbit, E. H., y R.E. Bauman Robert E., 1971 Alcantarillado y tratamiento de aguas negras. Compañía Editorial Continental, S. A. Mexico, D. F. 556-566 p.
- Babbit, E. H., y R.E. Baumann, R. E., 1980. alcantarillado y tratamiento de Aguas negras Ed. CECSA. 4a reimpresión en Español. 358 p.
- Barnes, G. E. 1967. Tratamiento de aguas negras y desechos industriales. Manuales UTEHA, No. 337. 123-140 p.
- Braile, P.M. y E.W. Cavalcanti. 1980. Manual de tratamiento de aguas residuales. Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental, Sao Paulo, Brasil. 139 p.
- Castagnino N.L. 1976. Manual del curso sobre lagunas de estabilización y zanjas de oxidación. Santo Domingo, R. D.
- Comisión Nacional del Agua. 1991. Ley Federal de Derechos en Materia de Agua. Mexico, D.F.

Comisión de Agua Potable de Monterrey. 1974 Estudio E-52.

N.L. Mexico. 400 p.

-----1990. Construcción de plantas para  
tratamientos de aguas residuales municipal, industrial,  
agrícola. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de  
Monterrey. Sistema Estatal de Agua Potable y Alcantarillado de  
Nuevo León. 123 p.

-----1969. Curso sobre Lagunas de Estabilización.  
Universidad Mayor San Andrés. Facultad de Ing. Civil. La Paz,  
Bolivia.

Degremont.E.K. 1979. Manual técnico del agua. Cuarta edición. Imp  
reso en España, Artes Gráficas Grijelmo, S.A. España 810- 818  
pp.

Días de Morales, J.C. 1983. Assosiacao de caixas de areia com ver  
tedores Parshall, Revista DAE, No. 28. Sao Paulo, Brasil.

Dye, E.O. 1968. Crop irrigation with sewage effluent. Sewage and  
Ind. Wastes 30:6, USA. p. 825.

Eckenfelder, W.W., and D.L. Ford. 1970. Water pollution control:  
experimental procedures for process desing. Pemberton Press  
Jenkins Publishing Co. Austin and New York. USA. 59 p.

Eckenfelder Jr., W.W., and D.J. O'Connor. 1961. Biological waste  
treatment. Pergamon Press, New York. USA. 124p.

Eckenfelder, W.W., 1977. Waste treatment plant design and  
operational control. Vol. IV. Geneva, WHO report for Poland  
Project. 241p.

Eckenfelder, Jr W.W., 1967. Physical, chemical, and biological pr  
ocesses, Reporte preparado para el Proyecto Polonia-26, Vol.  
III, OMS, Universidad de Texas Austin, Texas. 55-67 pp.

- Eckenfelder, W.W., 1966. Theory of biological treatment of Trade Wastes, Jor. Water Pollution Control Federation. Vol. 39. 240p.
- Eller, J., D.L. Ford, and E.F. Gloyna. 1970. Water reuse and recycling industry. Edited by A.W.W.A. USA. 149 p.
- Enríquez, J.C., 1988. Remoción orgánica de contaminantes en tratamientos por infiltración aplicada al terreno. Tesis de Maestría, I.T.E.S.M., División de Ingeniería y Arquitectura. Monterrey N. L. México.
- Environmental Protection agency. 1985. Process design manual for suspended solid removal. USEPA, Technology Transfer Series. EPA 625/ 1-75 -0034. Washington, USA. 120 p.
- Ford, D. L. 1969. General sludge characteristics, advances in water quality Improvement-physical and chemical processes. Edited by E. F. Gloyna and W.W. Eckenfelder. The University of Texas at Austin USA. 256-258 p.
- Ford, D.L., and W.W. Eckenfelder. 1966. The effect of process variables on sludge floc formation and settling characteristic. Center of Research in Water Resources, Report 13. The University of Texas at Austin.USA. 178-185 p.
- Gómez, H. 1968. Reuse of water in Monterrey, México. Edited, W.P. C.F. E.U.A. 300 p.
- Imhoff K., and M. Gordon. 1981. Sewage treatment Fair New York US A. 72-225p.
- Imhoff, K. 1980. Manual de tratamiento de Aguas residuarias. Traducción de Max Lotar Hess. Ed. Blucher. Sao Paulo, Brasil. 130 p.

- Israelsen, O.W. y V.E. Hansen. 1981. Principios y aplicaciones del riego. Ed. Reverté, S.A. España. 122 p.
- Jeager, C. 1976. Engineering Fluids Mechanics Blackie London, G.B. John wiley & Sons, Inc. London, G.B. 112p.
- Juárez, E. B. y R. Rico. 1969. Mecánica de suelos, flujo de agua en los suelos; tomo III. Ed. Imprenta Nuevo Mundo México, D.F. 103- 106 pp.
- La Mota, D., E. J. 1976. Internal difution and reaction in biological films. Enviromental Science and Tecnology, Vol. 10. Guayaquil, Ecuador. 765-769 pp.
- La Mota D., E.J. 1979. Kinetics of growth and substrate uptake in a biological film sistem, Applied and Environmental Microbiology, Vol. 31. 286-293 p.
- La Mota D., E.J. 1982. Tratamiento de aguas residuales. Tecnología convencional y tecnología apropiada. IX Jornadas de Ingeniería, Quinta etapa, Tomo I. Guayaquil, Ecuador, 26-32 pp.
- 1991. Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Nuevo León y su Reglamento. Segunda edición. Monterrey, N.L. México. 3-25 p.
- Linsted, K.D., K. Miller, and J. Bennett. 1975. Metropolitan successive use of available water Proceedings. A.W.W.A. USA. 50-250 p.
- Manual de tratamiento de aguas negras. 1976. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. Ed. Limusa Wiley, S.A. México D.F. 123-345 p.

- Marais, G. V. R., and V. A. Shaw. 1971. A rational theory for the desing of sewage stabilization ponds in Central and South Africa. Transactions Engineering of South Africa, Vol. III, 205 p.
- Metcalf and Eddy Inc. 1979 Wastewater engineering, Treatment, Disposal, Reuse. Second Edition, McGraw-Hill, New York. USA. 165-167 p.
- Metcalf, L. 1977. Wastewater engineering, treatment, disposal, and reuse. Rev. by George Tchobanoglous. McGraw-Hill, N.Y., USA. 123p.
- Metcalf and Eddy Inc. 1972. Wasterwater engineering. Collection Treatment, Disposal. Mc. Graw-Hill Book Company. United States of America. 231 p.
- Nemerov, N.L. 1971. Liquid waste of Industry: theories, practices and Treatment. Pub. Addison - Wesley Co. USA. 231 p.
- SRH. 1980. Operación de plantas de tratamiento primarias de aguas residuales, características biológicas y microorganismos de las aguas residuales Dirección General de Uso del Agua y Prevención de la Contaminación. S A R H. México. D.F. Volumen I: 103 p.
- SHR. 1975. Sistemas económicos de tratamiento de aguas residuales domésticas. Subsecretaría de Planeación, SRH. Volumen II. México D. F. 243-250 p.
- SRH. 1976. Informe de la tercera etapa de estudios sobre reuso del agua en la agricultura. Subsecretaría de Planeación, SRH. Volumen III México. D.F. 134-152 p.
- Painter, H.A. 1979. Chemical, physical and biological

characteristics of water and waste effluents. In Water Pollution Handbook by Caccio. Marcel Dekker, Inc., New York. USA. 74 p.

-----1972. Physical- Chemical Treatment Technology Training Manual. Publication of the Office of Training Programs, EPA. 126 p.

Rivas, G. & Mijares., 1980. Tratamiento de aguas residuales. Ed. Vera México, D.F. 58 p.

Rouse., H. 1946. Elementary mechanics of Fluids Rouse Willey Topp an New York: John Wiley & Sons, Inc. London. 44 p.

Salvato A., Joseph. 1968. Environmental sanitation. John Wiley and Sons, USA. 257 p.

Servicio de conservación de suelos del Departamento de Agricultura de los E.U.A. 1975. Medición del agua de riego. Servicio de Colección de Ingeniería de Suelos Manual de Ingeniería, tomo 5° Ed. Diana México D.F. 82 - 123 pp.

Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey. 1960. Estudio C-52. Ed. en Edo. de N.L. México. 150p.

Slechta, A. F. and G.L. Culp. 1967. Water reclamation, studies at the South Tahoe Public Utility District. Edited by W.P.C.F. USA. 70-120 pp.

Steel, E. W. 1972. Abastecimiento de agua y alcantarillado 4ta edición. Ed. Gustavo Gilí, S.A. Barcelona, España 249 - 517 P.

Torres C., E. W. 1991. Depuración de aguas residuales con la "mal eza" Jacinto de Agua. Tesis de Grado. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Facultad de Ingeniería

Agronómica Francisco Campos Rivadeneira. Guayaquil, Ecuador.

Trueba C., S. 1981. Hidráulica , Compañía Editorial Continental, S.A. México, 265 p.

U A N L - O S P. 1973. Curso intensivo de hidrología aplicada a la Ingeniería. Monterrey, N. L. México. 43-76 pp.

Ven Te Chow. 1982. Hidráulica de los canales abiertos Primera edición. Editorial Diana, México, D.F. 169-175 pp.