

---

## II. ANTECEDENTES

---

Previo a la discusión de los resultados obtenidos en el sistema de pretratamiento del Rastro Municipal de Mixco, se presenta la información preliminar que servirá de base para plantear la problemática de este trabajo.

### A. REGLAMENTO DE REQUISITOS MINIMOS

Según acuerdo gubernativo 60-89, el Presidente de la República acordó adoptar como documento oficial para el control de la contaminación por desechos líquidos el Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas.

En el artículo primero de dicho reglamento, se indican los objetivos del mismo:

#### ARTICULO 1o.

Este reglamento tiene por objeto establecer los límites de contaminación permisibles para las descargas de aguas servidas o de desechos, procedentes de las industrias, explotaciones agropecuarias y municipalidades del país, en los cuerpos receptores de aguas superficiales, subterráneas o costeras, quienes deberán, previo a dicha descarga, someter tales aguas a un proceso purificador para eliminar su efecto contaminante y poder mantener la calidad del agua. La aplicación de este reglamento será competencia de la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Se consideran dos tipos de descarga de aguas servidas:

- a) *Descarga Directa*, o sea la que va directamente de la entidad generadora, al cuerpo de agua receptor;
- b) *Descarga Indirecta*, es la de aquellas entidades generadoras en las que su sistema de efluentes está conectado al sistema público de alcantarillado.

Los requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas, se aplicarán a los dos tipos de descarga.

Para la descarga directa de aguas servidas provenientes de municipalidades, en cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos y costeros, se deberá cumplir con los requisitos mínimos que se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Límites máximos permisibles para las descargas de aguas servidas municipales**

Tipo de Muestra	Sólidos sedimentables ml/l	DQO mg/l	DBO 5 mg/l
al azar; máximo	1.0	-	-
muestra promedio de 2 h.; máximo	1.0	500	250
muestra promedio de 24 h.; máximo	1.0	450	200

Para la descarga directa de aguas servidas provenientes de las industrias procesadoras de alimentos de las ramas de cervecería, productos lácteos, aceites y grasas, frutas, verduras y tubérculos, jugos, mariscos, carnes, bebidas alcohólicas y otras similares en los cuerpos de agua receptores superficiales, subterráneos y costeros, deberá previamente cumplirse con los requisitos mínimos y sus respectivos límites máximos permisibles de contaminación.

#### **B. PROCESO DE PRODUCCION DE UN RASTRO TIPICO**

En Guatemala, el proceso seguido en un rastro típico es el siguiente:

El ganado se transporta al rastro de 24 a 48 horas antes de ser sacrificado. Durante este período, se le coloca en corrales construidos para tal propósito.

Después de un baño el animal se ingresa por una rampa al área de sacrificio. Inmediatamente después de su ingreso, el animal es aturdido, ya sea con puntilla o pistola aturdidora.

Ya aturdida la res, se libera la puerta de la rampa y cae al área de desangre, se amarra una de las patas posteriores de la res con la cadena de un polipasto y se procede a levantarla, de manera que la cabeza quede a 30 cm. sobre el nivel del piso.

La res es desangrada, buscando la vena yugular al animal.

Se inicia el desollado por la cabeza y luego ésta se remueve y se da para inspección, después, se traslada la res y se coloca en la carreta de desuelle para quitarle las patas y luego se efectúa el desuelle completo.

A continuación, se corta el hueso del pecho e ingle, se levanta la res ya con el despernador en el polipasto y, conforme va subiendo, se termina el desuello.

La res es trasladada al área de separación de vísceras y se procede a cortar el tejido que retiene las mismas. Se separan las vísceras de la res colocando vísceras rojas en la bandeja superior y las vísceras verdes en la parte baja de la misma.

La res se parte en cuatro partes y se almacena y alista para el transporte. (2)

#### 1. Proceso de Producción del Rastro Municipal de Mixco

El proceso es similar al que se describió en el título anterior, pero en algunas partes del proceso se tienen variaciones :

- a) En el desangre de la res, ésta no está amarrada de la pata posterior colgando del polipasto. El desangre se hace en el mismo sitio donde cae la res después del aturdimiento, sobre el piso.
- b) La res es descuerada, casi en su totalidad, en el piso.
- c) El lavado de estómagos y vísceras se realiza en un recinto separado provisto de dos piletas para tal propósito.

El Rastro Municipal de Mixco sacrifica, únicamente, ganado vacuno. Procesa un promedio de 150 reses diarias, con un incremento de hasta 400 reses, los fines de semana.

El rastro trabaja de domingo a viernes, el período de matanza es de 15:00 a 23:00 horas regularmente, y de 13:00 a 4:00 del día siguiente los viernes y domingos.

Después de la matanza se procede al lavado de las instalaciones, que termina, aproximadamente, 8 horas después de la matanza.

## 2. Descripción de efluentes

Los efluentes del Rastro Municipal de Mixco pueden dividirse en dos diferentes clases: efluentes del desangre y lavado durante el desuello y destace, y efluentes del lavado de estómagos y vísceras.

Los efluentes del desangre y lavado durante el desuello y destace están constituidos, en su mayor porcentaje, de sangre y agua.

Los efluentes del lavado de estómagos y vísceras están compuestos de estiércol, contenido de los estómagos o rumen y agua.

Por observaciones realizadas a los procesos de sacrificio y por la experiencia en el manejo de la planta de pretratamiento, se pudo determinar que con regularidad, se desechaban por el desagüe ciertas piezas de la res como colas, orejas, vísceras y otras partes.

Los dos efluentes se juntan y caen por un tubo de 24 pulgadas de diámetro a una caja de intersección en donde se unen con los alcantarillados domiciliarios de 200 casas.

### C. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA PLANTA DE PRETRATAMIENTO

Las primeras investigaciones para la instalación de la planta de pretratamiento fueron llevadas a cabo en diciembre de 1984, como consecuencia de una solicitud de la Municipalidad de Mixco mostrando interés en la construcción de la planta, y prometiendo la provisión de los materiales de construcción hasta un valor de Q 2,500.00 (dos mil quinientos quetzales) y la mano de obra necesaria para la construcción.

La construcción de la planta se realizó en 1986 por un convenio entre el ICAITI (Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial), la GTZ (Agencia Alemana para la cooperación técnica) y la Municipalidad de Mixco. Para el diseño de la planta de pretratamiento se tuvo como base la propuesta de ICAITI para tratar los efluentes de descarga directa, tratamiento que comprendería, sedimentación durante dos horas, separación y tratamiento adecuado de los lodos sedimentados.

1. Alternativas de pretratamiento seleccionadas

Con base a lo anterior, el tratamiento seleccionado para tratar las aguas de desecho del Rastro Municipal de Mixco consiste en: sedimentación con un tiempo de retención de los efluentes durante dos horas, y obtención de "compost", de los lodos provenientes de los sedimentos.

- Sedimentación

Sedimentación es el proceso por el cual las partículas de diferente densidad, arrastradas en una corriente de fluido se depositan en el fondo de un canal o recipiente. Es necesario que el fluido no esté en fuerte movimiento y que se dé un tiempo adecuado de acomodación para obtener una buena sedimentación.

El tiempo de retención varía dependiendo del tamaño y peso de las partículas, por lo que es necesario hacer pruebas de sedimentación a nivel laboratorio, antes de realizar cualquier diseño.(3)

- Compostaje

Este es un método de manejo de desechos sólidos donde los componentes orgánicos de la corriente de desechos son, biológicamente, descompuestos bajo condiciones controladas a un estado, en el cual pueden ser manejados, guardados y/o aplicados al suelo, sin afectar, adversamente, su desarrollo

Hay tres bases para la clasificación del compostaje, aireación, temperatura y tecnología. Las clases de compostaje resultantes son: (1) aeróbico vrs. anaeróbico, (2) mesofílico vrs. termofílico, y (3) mecanizado vrs. no mecanizado.(4)

El compostaje que se realiza en la planta de pretratamiento de Mixco es del tipo aeróbico.

2. Bases de Diseño

Para el dimensionamiento de la planta, se tomaron datos del flujo y se determinó la calidad del agua. Se llevaron a cabo pruebas de sedimentación, incluyendo el contenido de materia seca.

Los resultados fueron los siguientes :

- La cantidad de agua de desecho por res, es 360 litros (1)
- sedimentos promedio de 208 ml/l (Método Imhoff)
- materia seca de los sedimentos 6.3%

- Requerimiento de Agua

La cantidad de agua usada en el Rastro Municipal de Mixco se calculó por el número de reses procesadas por día. La cantidad calculada de contenido de estómagos e intestinos, sangre y excrementos, junto con el consumo de agua usada por res se muestra en la CUADRO 2.

Cuadro No. 2

<u>Cálculos de residuos del Rastro M. de Mixco en 1/día/res</u>	
contenido de estómagos	45
contenido de intestinos	13
excrementos	15
sangre	20
consumo de agua	360
total	453

Las muestras tomadas indicaron un total de consumo de agua de 360 litros por cabeza de ganado.

Para fines del diseño dimensional del sedimentador, los siguientes datos se tomaron como base: 360 litros de efluente, un máximo de 100 reses diarias, para hacer un volumen de 36 metros cúbicos de agua de desecho, diariamente.(5)

- Dimensionamiento del tanque sedimentador

El dimensionamiento contempló los siguientes factores:

- parte cónica con pendiente de 60 grados.
- carga superficial menor que 1.5 m/h.
- tiempo de retención menor a 2 horas.

La carga superficial es definida como la altura de agua agregada sobre la superficie, por hora. Este valor es determinado por la velocidad de sedimentación de las partículas.

La eficiencia del tanque de sedimentación y las propiedades de las partículas sedimentables, determina el tiempo de retención requerido para una buena sedimentación. (5)

El flujo de agua de desecho del Rastro M. de Mixco es determinado por las horas de trabajo. Esto es, 36 metros cúbicos en 8 horas ó 4.5 metros cúbicos por hora.

El efluente del rastro descarga en el drenaje municipal, que trae el desecho de 200 casas de una parte de la ciudad de Mixco, que equivale a cerca de 1000 habitantes. El flujo de agua se estimó de 100 l por persona por día. (5)

Las dimensiones de los tanques de sedimentación, están relacionadas con el flujo de agua. El flujo máximo es el factor determinante para el diseño. Los volúmenes que se consideraron para el dimensionamiento del sedimentador fueron:

Volumen de desechos del rastro	36 metros cúbicos	
Volumen de desechos domésticos	40 "	(40%)
Volumen total (en ocho horas)	76 "	

Se obtiene, entonces, un volumen de 9.5 metros cúbicos por hora; calculando con dos horas de tiempo de retención: 19 metros cúbicos. Dando un 20% de reserva, se tiene un volumen requerido de 23 metros cúbicos. (5)

- Dimensionamiento de los patios de escurrimiento y compostaje

El proceso de compostaje consiste en agrupar en promontorios, los sedimentos, previamente escurridos, conteniendo los sólidos de diez días. En la base de cada promontorio se coloca un triángulo de rejilla que permite una aireación mejor y favorece el proceso.

Los promontorios se rotan cada dos días para obtener una mejor homogenización. Esta rotación se aprovecha para adelantar su posición en los patios, de manera que a los 27 días, cuando se termina el proceso, el promontorio se encuentra inmediato al área de maduración. En el área de maduración, el compost permanece alrededor de un mes y luego se vende.

Los resultados de pruebas de laboratorio mostraron que se puede obtener un 6.3% de materia seca en los lodos provenientes de una sedimentación.(5)

Un 55% del efluente del rastro es lodo. Asumiendo que cada animal consume 360 l de agua, se obtiene 200 l de lodo con un 6.3% de material seco. Un total de 100 reses diarias, producen 20 metros cúbicos de lodo, al día.

### 3. Lodos producidos por desechos domésticos

La producción de materia seca por habitante se tomó como 71 gramos por día.(5)

Los desechos domésticos que llegan a la planta de tratamiento no llevan heces fecales; entonces, la materia seca se estimó en el 50% de los 71 gramos.

La producción de materia seca de 1000 habitantes es, entonces, 35 Kg por día .

#### - Patios de Escurrimiento de lodos

La producción de 20 metros cúbicos de lodo, por día, con un contenido de materia seca de 6.3% (1260 Kg de materia seca) requieren un área de 31.5 metros cuadrados.(5)

Se requieren, entonces, dos patios de 8 metros de largo, 4 metros de ancho y 0.63 metros de profundidad.

Cuando se tiene un 25% de materia seca, los lodos se trasladan a las áreas de compostaje.

#### - Area de Compostaje

El compostaje se hace con lodos con 25 - 30% de materia seca. Un buen compostaje demora un mes en realizarse, si se tiene una buena aireación. Un metro cúbico de materia requiere un área de 2.2 metros cuadrados para apilamiento. Después de una semana la descomposición bacteriana de los materiales de fácil digestión termina causando la generación de calor, a una temperatura arriba de 65 grados Celsius, que es suficiente para la higienización del compost. Durante este tiempo el volumen es reducido en un 70% .(6)

El área requerida para el compostaje es de 240 metros cuadrados.

#### D. SISTEMA DE PRETRATAMIENTO

El sistema de pretratamiento de los efluentes del Rastro Municipal de Mixco, en su construcción original, consistía de los siguientes componentes :

- 1- Alcantarillado de aguas servidas domiciliarias de unas 200 viviendas.
- 2- Alcantarillado de las aguas servidas del rastro .
- 3- Pozo de visita que permite que un rebosamiento del sistema, por exceso de aguas de lluvia, se desvíe hacia el sistema original de alcantarillado. Este sistema hace posible que el agua que se produce en época lluviosa, no afecte al sedimentador.
- 4- Caja de intersección, en la cual se reúnen los alcantarillados domiciliarios con los provenientes del rastro. Esta caja tiene un sistema de compuertas que permite dirigir las aguas residuales hacia el sedimentador o hacia el sistema original sin tratamiento. Estos dispositivos son usados en caso de emergencia en los que no se podía operar el sedimentador, ya sea por limpieza o cualquier desperfecto.
- 5- Rejilla de retención de desechos voluminosos. Consiste de una ampliación del canal conductor, en la cual se ha colocado una reja de hierro. En esta reja quedan atrapadas las colas, orejas, vísceras y otras partes de las reses. Las dimensiones de esta caja son: 2.35 m de largo, 0.70 m de ancho y 0.5 m de profundidad. Posee un canal paralelo para evitar rebalses en época lluviosa, o cuando el flujo de desechos sea muy grande.
- 6- Sedimentador. Es un tanque cilíndrico en su parte superior y cónico en el fondo. Consta de aditamentos para separar partes flotantes, una cortina y el rebalse dentado para mejorar el sistema de vaciado y evitar, tanto efectos de turbulencia, como el paso de materiales de gran tamaño que hayan podido pasar por los otros dispositivos de protección. (Figura 1, 2, 3, 4 y 5). El fondo del tanque está provisto de un tubo de extracción de lodos que actúa con una presión hidráulica de 1.5 m y por medio de una válvula se extraen los lodos hacia las áreas de escurrimiento. (Figura 2, 3, 4 y 5)

Las dimensiones del sedimentador son las siguientes:

volumen total	23 m cúbicos
volumen parte cónica	12.43 m cúbicos
volumen parte cilíndrica	10.60 m cúbicos
radio	1.90 m
profundidad	3.88 m
altura de parte cilíndrica	1.02 m

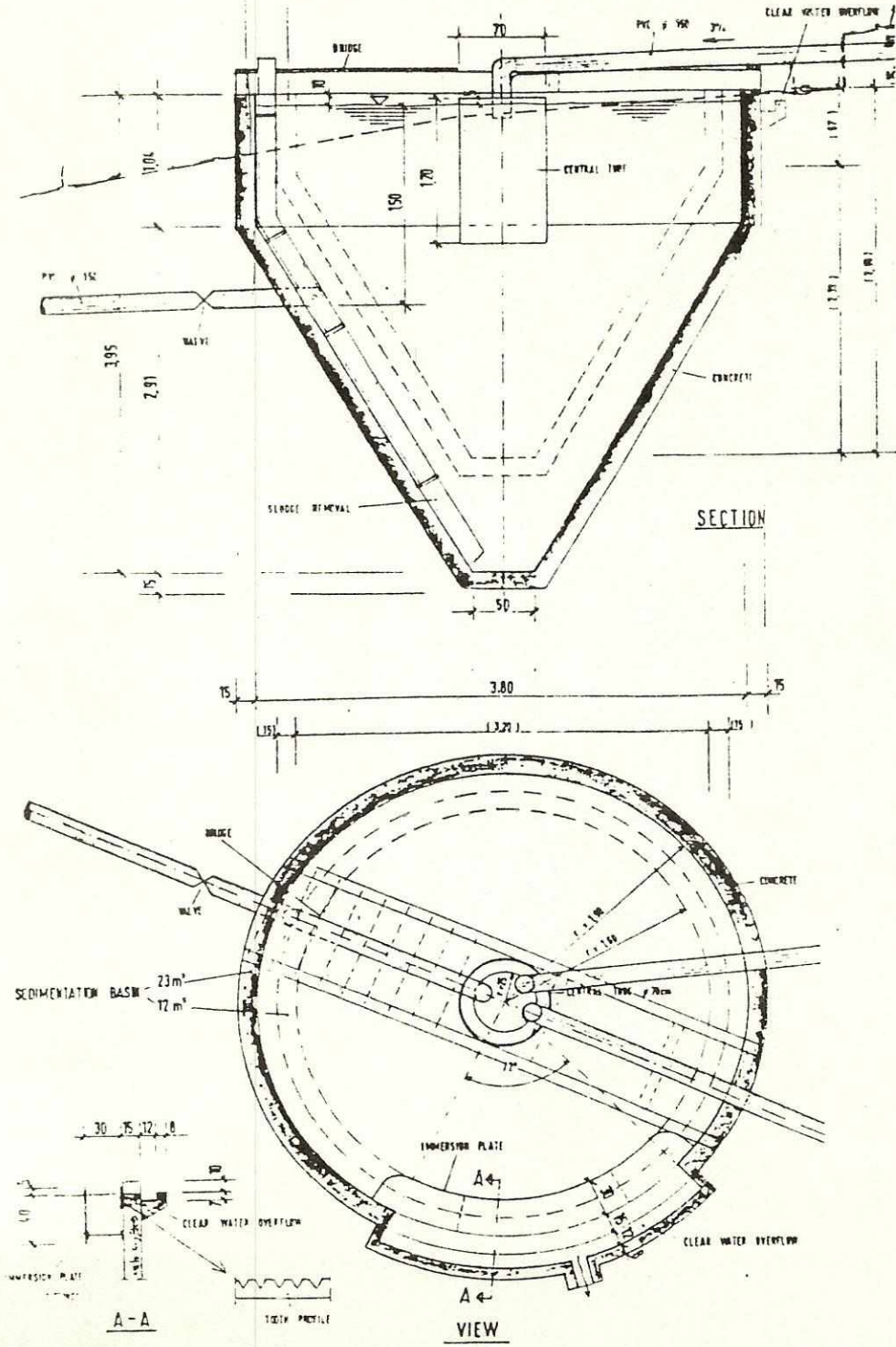
El tubo de entrada al sedimentador es de PVC de 12" y descarga cerca de la superficie del agua por medio de un tubo de fibra de vidrio de 0.7 m de diámetro y 1.2 m de longitud, en donde quedan acumuladas las sustancias flotantes que pueden ser retiradas manualmente. (Figura 6)

- 7- Areas de escurrimiento. Consiste en dos patios de 4 por 8 metros cada uno, con un desnivel en el fondo del 5%, hacia un canal de drenaje que permite que el exceso de agua de los lodos se escurra y los sólidos permanezcan en el patio.  
Estos patios se utilizan alternamente, mientras uno se está llenando, el otro está escurriendo, luego se vacía y así se repite el ciclo. (Figuras 7 y 8 )
- 8- Area de compostaje y estabilización. Aquí es donde el compost sufre el proceso de maduración o estabilización y queda listo para su uso como abono orgánico o acondicionador de suelos.

Consiste de dos patios de 10 por 12 metros c/u, que se encuentran inmediatos al área de escurrimiento. (Figura 9)

FIGURA 1

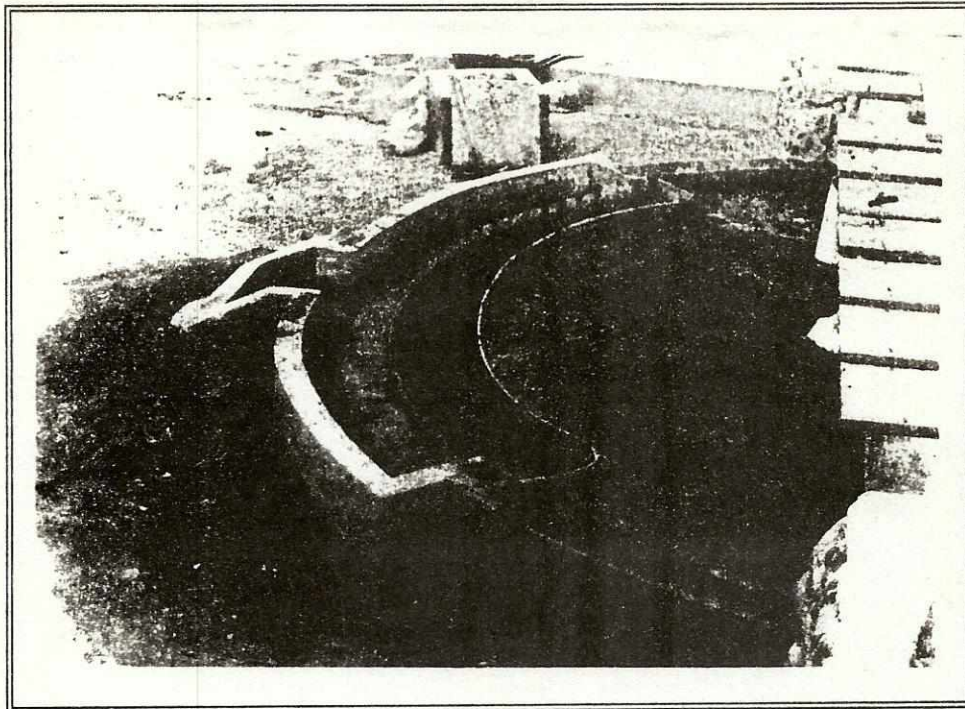
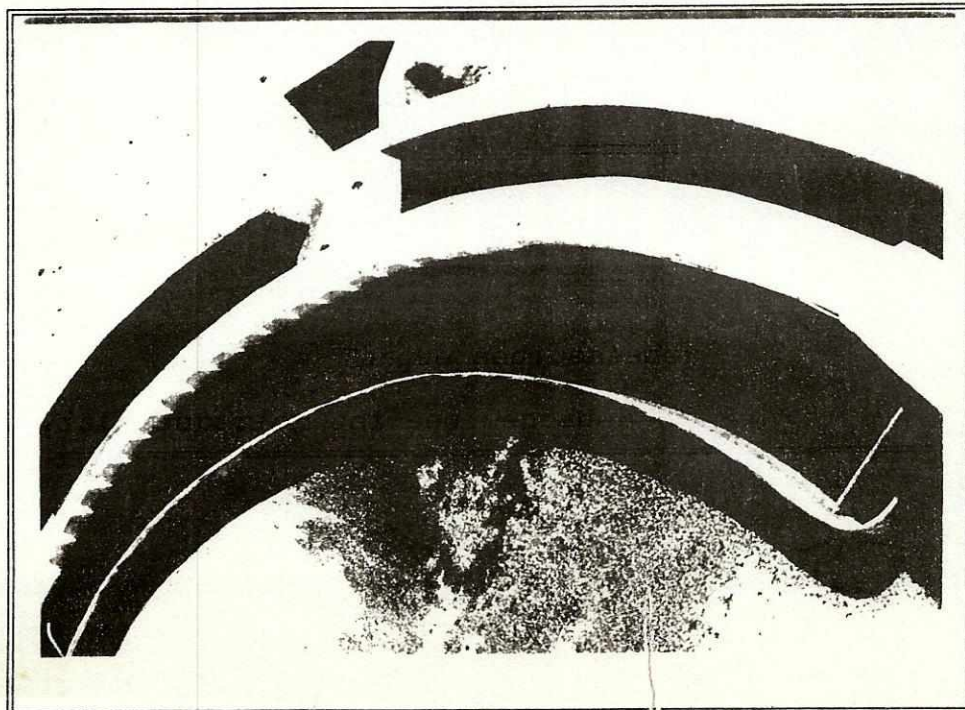
Esquema en Corte del Sedimentador



---

**FIGURA 2**

---

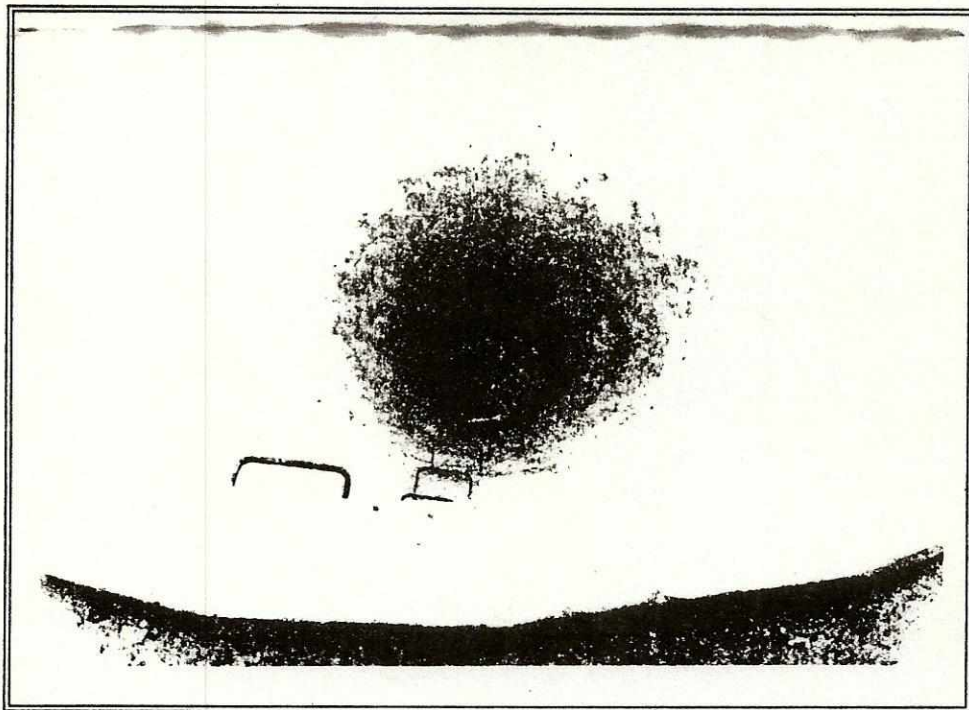
*Tanque sedimentador**A. Vista superior del sedimentador**B. Cortina retenedora de sólidos flotantes y rebalse dentado*

---

**FIGURA 3**

---

*Fondo Cónico del Sedimentador*

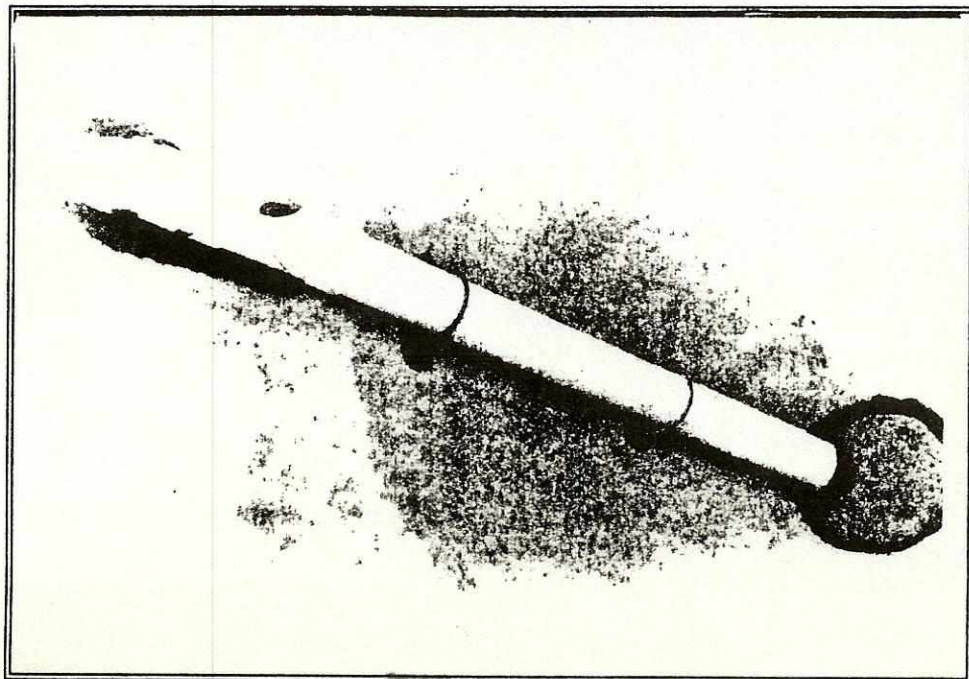


---

**FIGURA 4**

---

*Tubo de Extracción de Lodos del Sedimentador*



---

FIGURA 5

---

*Válvulas de Extracción de Lodos*

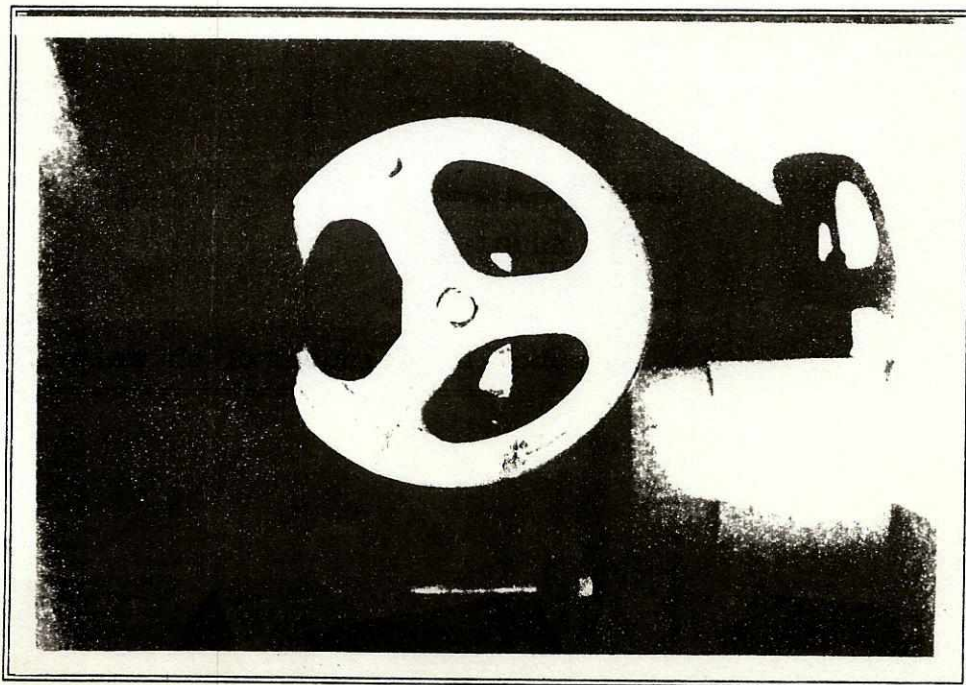
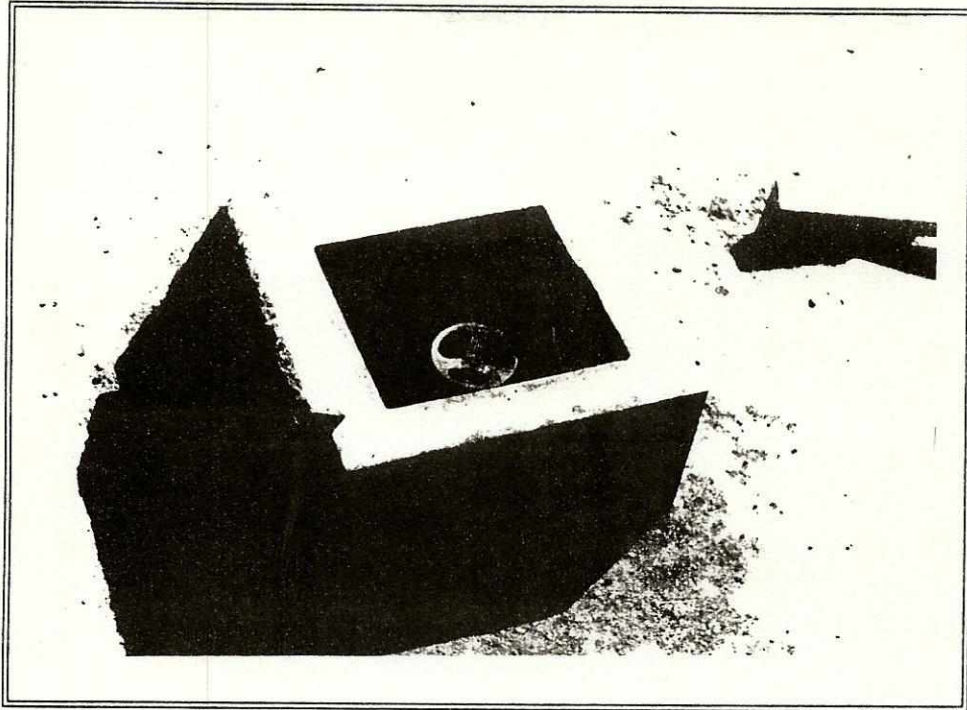
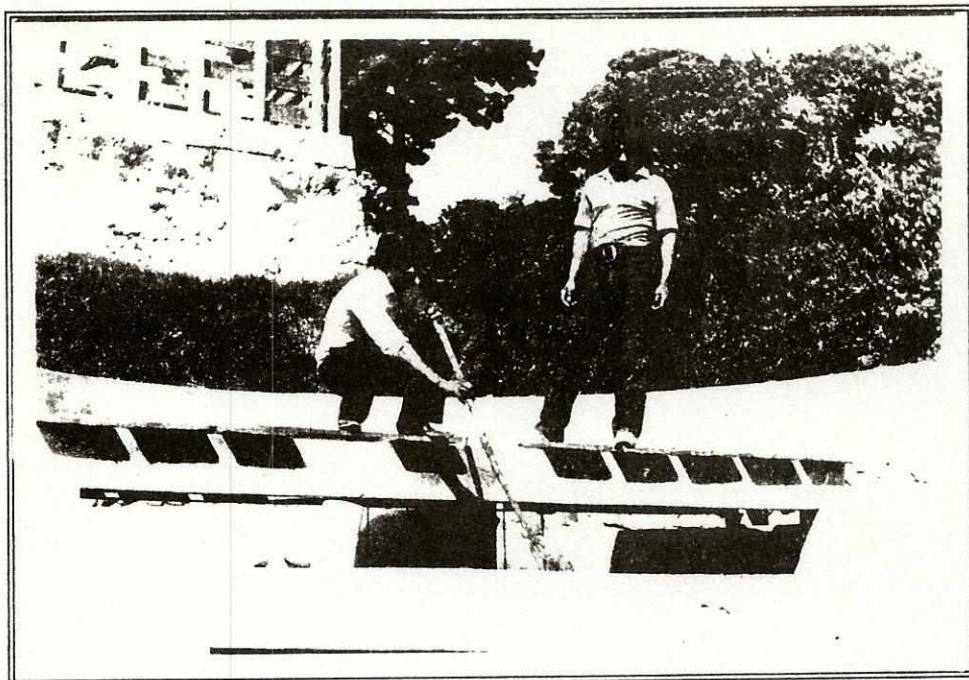
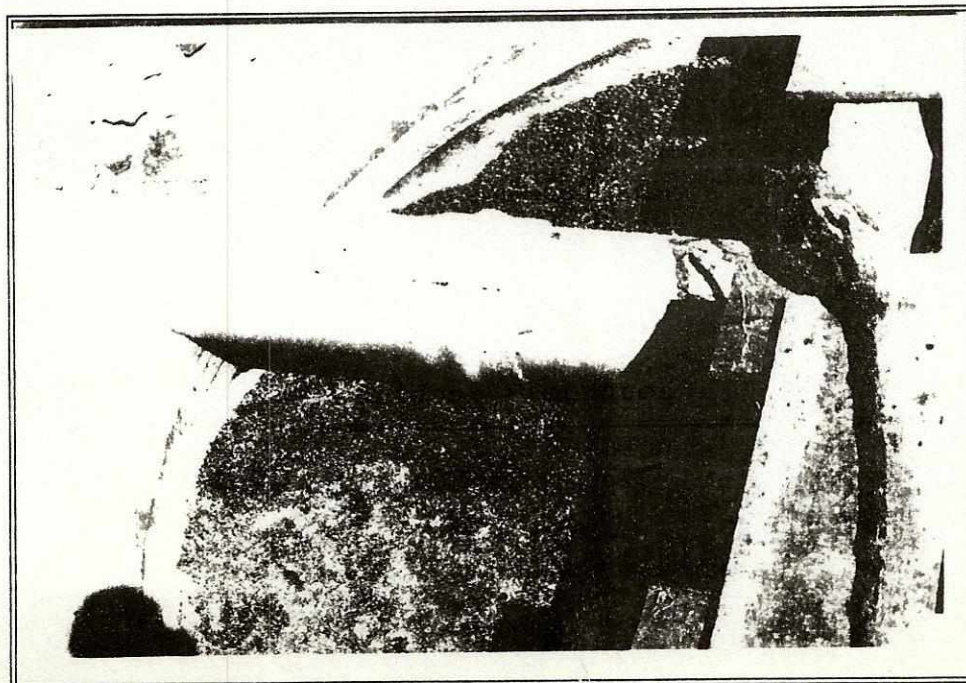


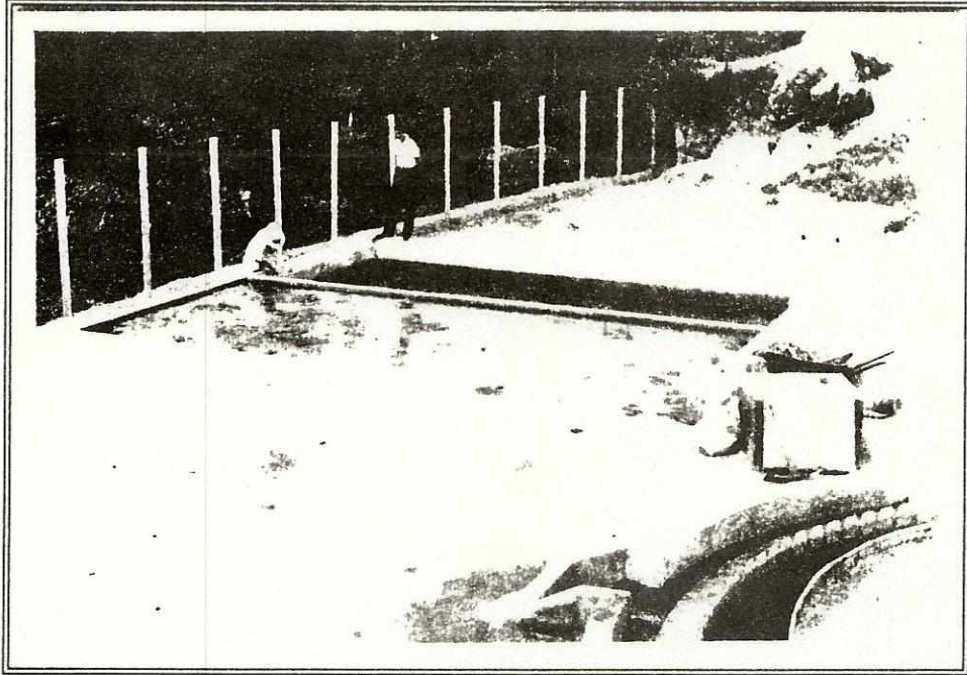
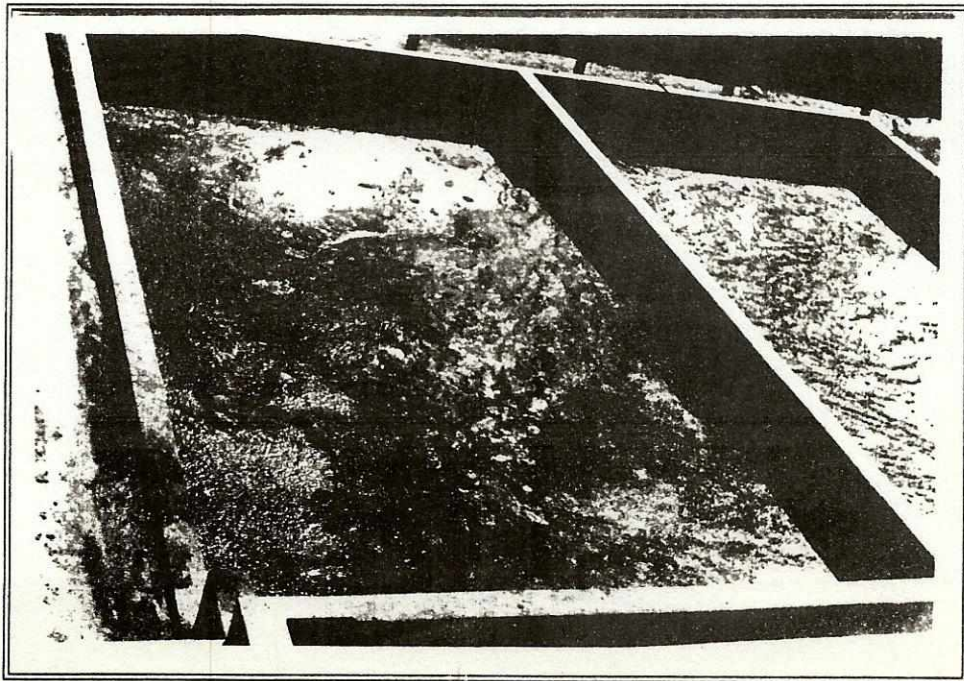
FIGURA 6

*A. Recolección de Sólidos Flotantes**B. Tubo de Entrada de desechos al sedimentador*

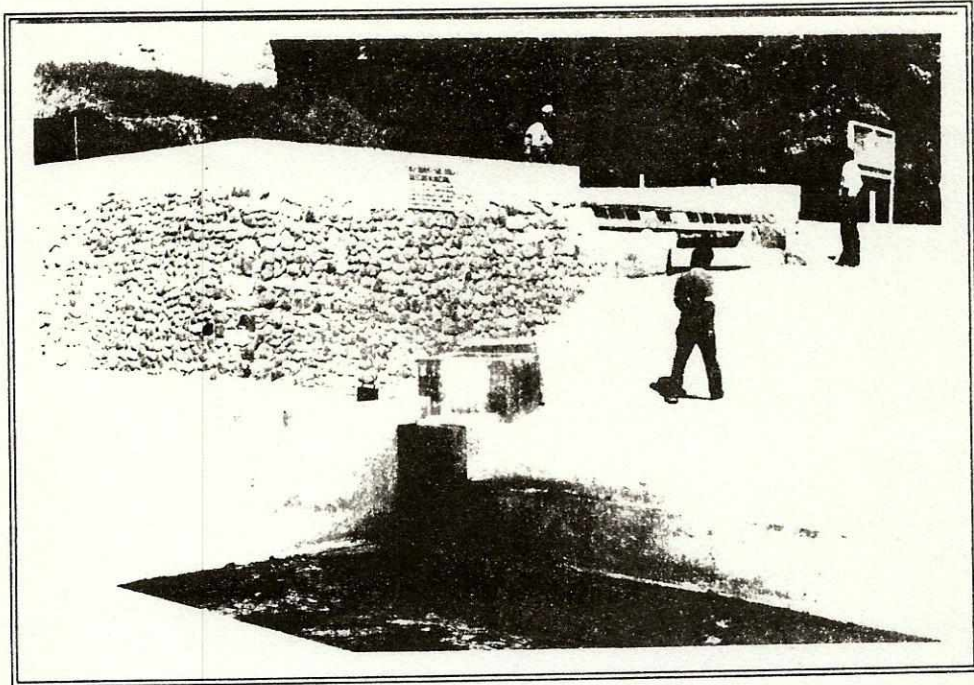
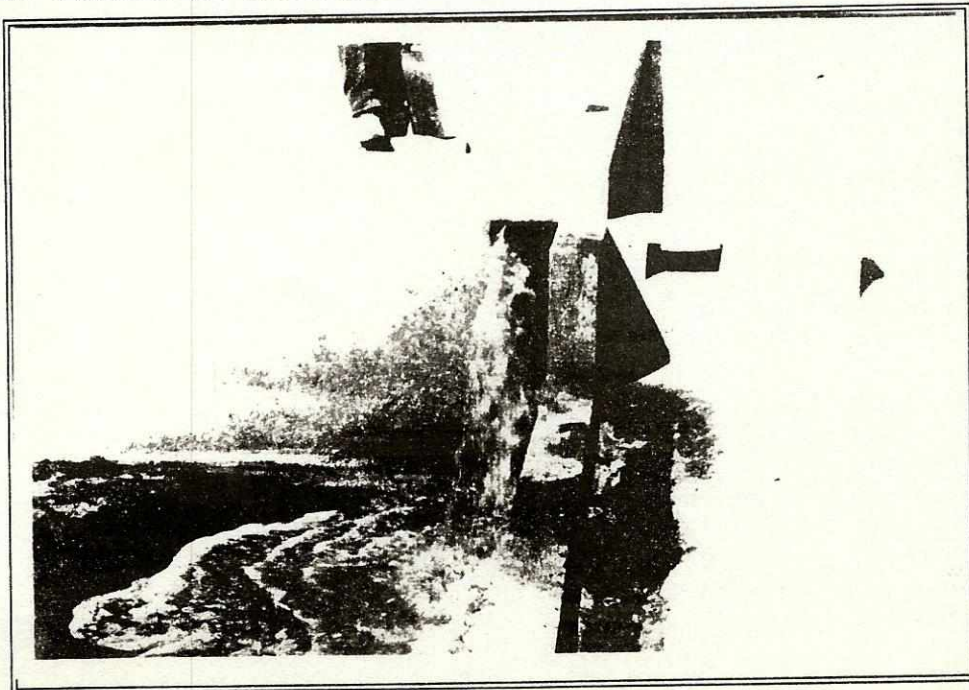
---

**FIGURA 7**

---

**A. Patios de Escurrimiento****B. Patios de Escurrimiento**

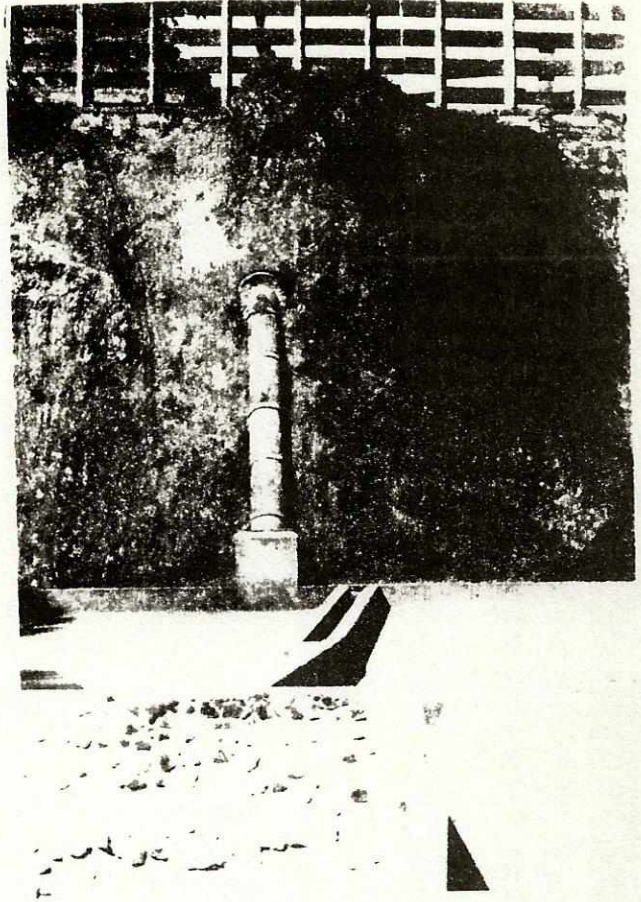
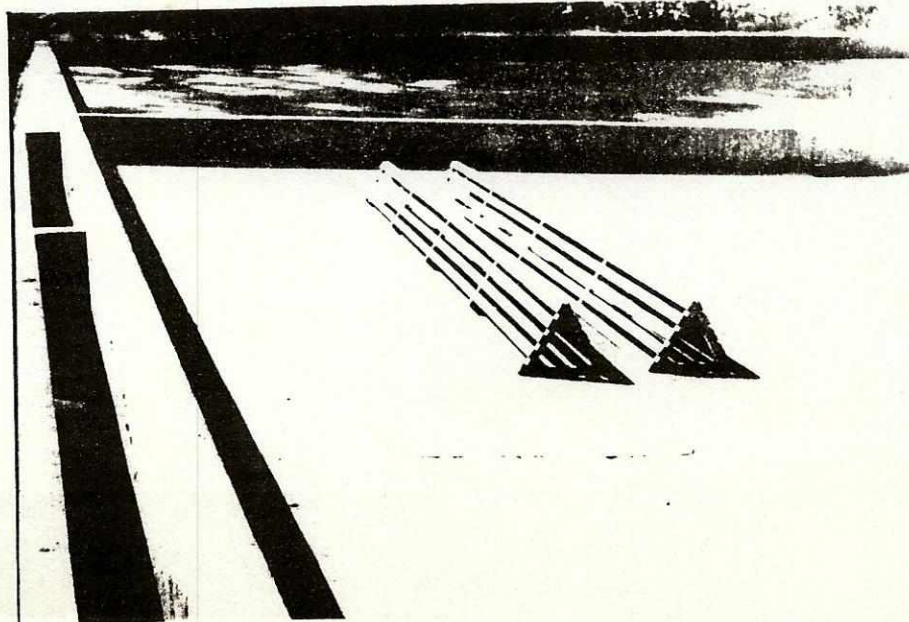
## FIGURA 8

A. *Patios de Escurrimiento*B. *Patios de Escurrimiento*

---

**FIGURA 9**

---

**A. *Patios de Compostaje*****B. *Patios de Compostaje y Triángulos de Madera***

---

### III. TRABAJO EXPERIMENTAL

---

#### A. METODOLOGIA

##### 1. Monitoreo

El monitoreo para la evaluación de la eficiencia del sedimentador, consistió en el análisis de las aguas que entran y salen de éste para determinar la reducción de la demanda química de oxígeno en las mismas. Estos análisis consistieron en la determinación de la demanda química de oxígeno, pH, temperatura, niveles de Cadmio, Mercurio, Plomo y Cromo. También la determinación de residuos de insecticidas organoclorados, además, se hicieron pruebas de sólidos sedimentables.

Los análisis de la demanda química de oxígeno se realizaron para determinar si el tratamiento que se está dando a los desechos del Rastro M. de Mixco, son suficientes para cumplir con los requerimientos mínimos establecidos en el reglamento respectivo. El análisis de los metales Cadmio, Mercurio, Plomo y Cromo se efectuaron, porque se considera que éstos son los metales pesados más comunes, los que tienen mayor toxicidad y a los que, normalmente, corresponden los límites de tolerancia más estrictos en aguas residuales. El pH y temperatura, se determinaron para conocer las condiciones físicas de las aguas.

El compost que resulta de los sedimentos, también fue analizado, incluyéndose, en este análisis: cenizas, Fósforo como (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Potasio, (K<sub>2</sub>O), Nitrógeno total, (N), Cadmio, (Cd), Mercurio, (Hg), Plomo, (Pb) y Cromo como (Cr).

El Fósforo, Nitrógeno y Potasio fueron analizados para determinar el contenido de nutrientes que tiene el compost y compararlo con la tierra negra. El Cadmio, Mercurio, Plomo y Cromo, se analizaron para el mismo fin que el descrito anteriormente, en el caso de las aguas de desecho.

##### 2. Análisis de los Efluentes

Por ser el Rastro el que mayor cantidad de cargas aporta al sistema, y debido a que éste opera, principalmente, durante la noche, los muestreos se realizaron durante este período para poder contar con resultados más representativos sobre la eficiencia del sedimentador.

La recolección de las muestras de agua, se hizo, semanalmente, desde el mes de abril hasta el mes de noviembre.

Las muestras se recolectaron en recipientes plásticos de 1.5 litros, tomando volúmenes de, aproximadamente, 120 mililitros, cada diez minutos durante dos horas. Las muestras de agua de la entrada del sedimentador se tomaron en el área de retención de sólidos gruesos (estómagos, patas, orejas, etc.), y las de la salida del sedimentador, en la zona de rebalse. En esta última área se tomaron los datos de temperatura.

Los días de recolección, o, a más tardar, un día después, se realizaron los análisis para la determinación de la demanda química de oxígeno, tanto a las muestras de agua de la entrada, como de la salida del sedimentador (ver apéndice 1). A la vez, se hicieron pruebas de sólidos sedimentables, usando un analizador de suspensión (ver apéndice 2) y la determinación de pH.

Una vez al mes se hicieron determinaciones de Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Cromo (Cr) y Mercurio (Hg) por el método de espectrofotometría de absorción atómica (ver apéndice 3).

En el mes de septiembre, se hizo el análisis de residuos de insecticidas organoclorados a una muestra de agua de la entrada al sedimentador, por el método de cromatografía de gases. (ver apéndice 4)

### 3. Análisis de Compost

Las muestras de compost fueron tomadas mensualmente. Se recolectaron en bolsas plásticas y se extrajeron de los promontorios de compost con período de compostaje completo.

---

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

---

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio para las aguas de la entrada y salida del sedimentador, como las pruebas efectuadas en el compost.

También se presentan en esta sección todas las modificaciones que fueron hechas o planeadas, tanto en el rastro como en la planta de pretratamiento, para aumentar la eficiencia del tratamiento en sí.

##### A. Determinaciones de la Demanda Química de Oxígeno

Los resultados obtenidos a través de los análisis efectuados en los efluentes (Tabla 2), indican que el sedimentador tiene una capacidad de eliminación del DQO (demanda química de oxígeno), en las condiciones actuales, de por lo menos un 9%, y, dependiendo de la carga de los efluentes, la eficiencia máxima se aproxima a un 89%, con un valor promedio del 70%. Lo anterior se confirma al observar la gráfica 2, en donde se muestra el porcentaje de reducción de DQO. Es de notar que estos resultados varían en función del contenido de materia orgánica del efluente y con las condiciones de operación.

Estos niveles de remoción están dentro de las expectativas del diseño.

Los niveles de carga de DQO, que recibe el sedimentador, varían durante las diferentes horas del día o de la noche. Se puede indicar que las mayores cargas las recibe a partir de las tres de la tarde hasta la una de la mañana del día siguiente, que es el período normal de matanza. A partir de esta hora, disminuye la carga recibiendo, únicamente, las aguas de lavado finales del rastro hasta las siete de la mañana. De este momento en adelante, la actividad del rastro disminuye y el sedimentador recibe, principalmente, aguas de desecho de origen municipal que, coincidentemente, están disminuidas durante la noche.

Este efecto se puede comprobar, observando los resultados de las muestras con número de registro M-77831 y M-77832 de la tabla 2. Estas muestras fueron recolectadas a las 8:30 a.m., hora en que el afluente del sedimentador estaba representado casi, exclusivamente, por aguas domiciliarias, mientras que en la salida, estaban terminando de ser evacuados los restos de la matanza.

Los resultados obtenidos indican que la salida es más contaminada que la entrada, por lo expuesto anteriormente.

En la tabla 2, podemos apreciar que el contenido de DQO de las aguas domiciliarias está en 500 mg/l, mientras que las provenientes del rastro varían desde los 8000 hasta los 50,000 mg/l.

Según se puede ver en la columna de fechas de muestreo de esta misma tabla, en los meses de junio, septiembre y noviembre sólo se pudo realizar un muestreo, debido a lo siguiente :

- en el mes de junio, la planta estuvo parada debido a problemas de taponamiento de las tuberías por arena, a consecuencia de las fuertes lluvias.
- en el mes de septiembre se suspendió el funcionamiento de la planta para la construcción del desarenador instalado, para evitar los problemas registrados en junio.
- en noviembre, la planta no funcionó por problemas con los operarios de la misma.

#### B. Determinaciones de pH y Temperatura

El pH y la temperatura a la que se encuentran los desechos que van a ser descargados a un cuerpo de agua, son factores necesarios de medir, porque la acidez, alcalinidad y altas temperaturas desequilibran el ecosistema existente en dichos cuerpos.

En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos de dichas determinaciones en las muestras tomadas, tanto en la entrada, como en la salida del sedimentador. Se puede notar que los efluentes tratados tienen un pH entre 6.14 y 8.31, y temperatura entre 19.5 C y 26.4 C, lo cual indica que estos factores no representan un problema que sea necesario tratar.

#### C. Sólidos sedimentables

Según los resultados obtenidos (tabla 4) en las pruebas de cantidad de sólidos sedimentables, se observa que las dos horas de tiempo de retención en el tanque sedimentador, son suficientes para separar todos los sólidos contenidos en el desagüe del rastro. La mayor parte de sólidos sedimentan en la primera media hora de retención, y se completa la sedimentación cuando se cumple una hora.

TABLA No. 2

Resultados de las determinaciones de la demand química de oxígeno en muestras de agua de la entrada y salida del sedimentador.

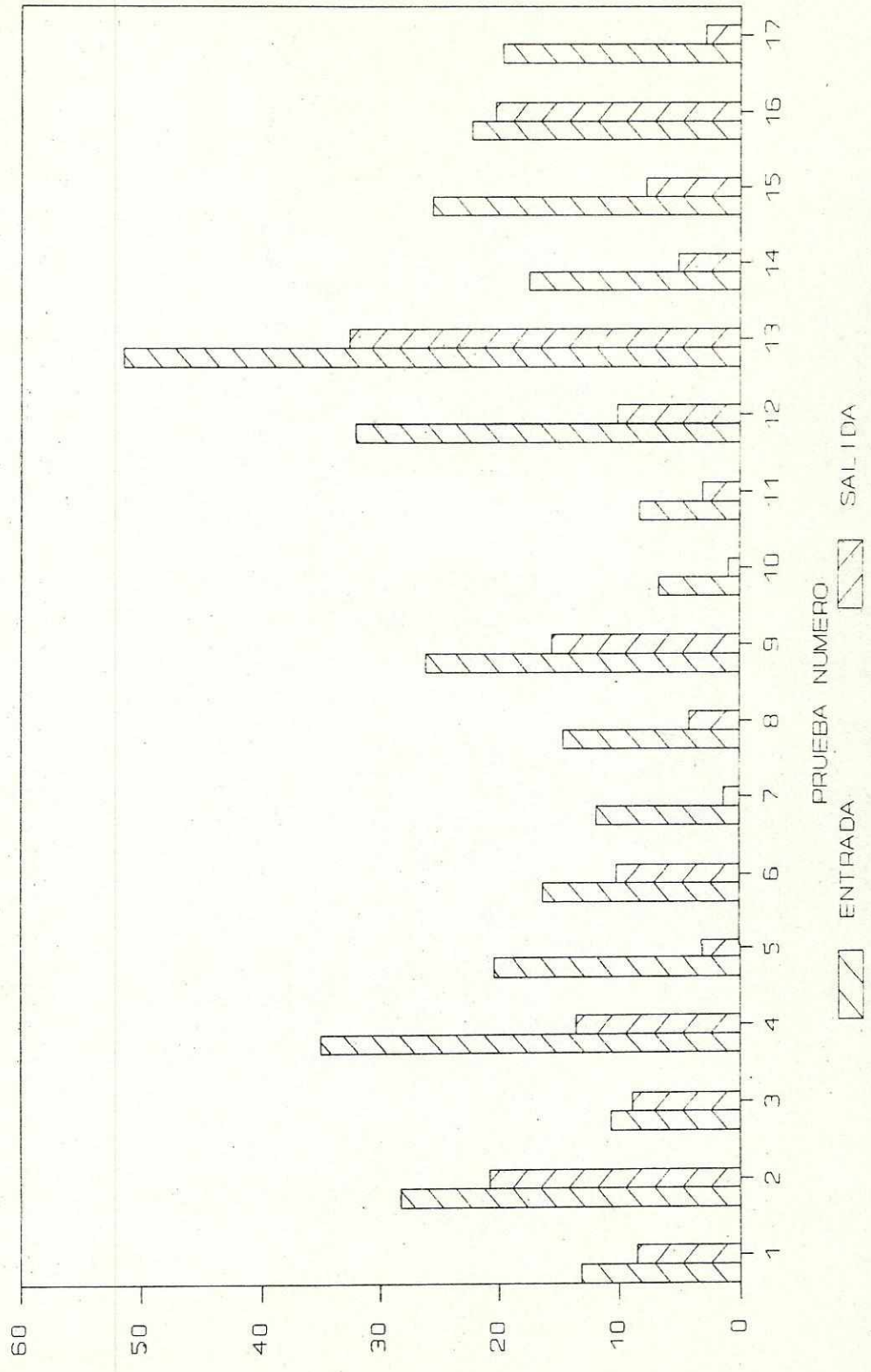
No. de Registro		Fecha de Muestreo	COD mg/l		Hora de Recolec
Entrada	Salida		Entrada	Salida	
77831	77832	12-04-88	590.85	2543.09	8:30 hrs Sin matanza
77978	77979	19-04-88	13132.88	8512.00	15:00 hrs
78372	77979	27-04-88	28208.00	20812.00	14:00 hrs
78472	78473	3-05-88	10656.80	8912.96	15:00 hrs
78748	78749	12-05-88	35002.24	13558.56	21:30 hrs
78816	78817	17-05-88	20424.00	3082.00	16:00 hrs
79005	79006	26-05-88	16265.20	10152.80	17:00 hrs
79241	79242	8-06-88	11869.40	1304.80	15:00 hrs con lluvia
79579	79580	6-07-88	14629.00	4117.00	20:00 hrs
79768	79769	17-07-88	26040.00	15538.00	19:00 hrs
80044	80045	26-07-88	6664.00	952.00	20:00 hrs
80162	80163	3-08-88	8262.80	3040.00	16:00 hrs
80756	80757	29-08-88	32011.20	10108.80	17:30 hrs
81015	81016	9-09-88	51475.20	32524.80	21:00 hrs
81440	81441	4-10-88	71476.00	5140.00	15:00 hrs
81805	81804	16-10-88	25555.00	7744.00	16:00 hrs
82022	82023	21-10-88	22268.40	20328.00	16:00 hrs
82742	84743	15-11-88	19712.00	2842.90	16:00 hrs

TABLA No. 2A

Porcentaje de reducción de DQO del efluente

Prueba	Entrada ml/l	Salida ml/l	Reducción	Por ciento de Reducción
1	13133	8512	4621	35
2	28208	20812	7396	26
3	10657	8913	1744	16
4	35002	13559	21444	61
5	20424	3082	17342	85
6	16265	10153	3112	38
7	11896	1304	10532	89
8	14629	4117	10512	72
9	26040	15538	10502	40
10	6664	952	5712	86
11	8269	3040	5229	63
12	32011	10119	21902	68
13	51475	32525	18950	37
14	17476	5140	12336	71
15	25555	7744	17811	70
16	22268	20328	1940	9
17	19712	2843	16869	86

GRAFICA 1 REDUCCION DEL DQO



GRAFICA 2 REDUCCION DEL DQO EN %

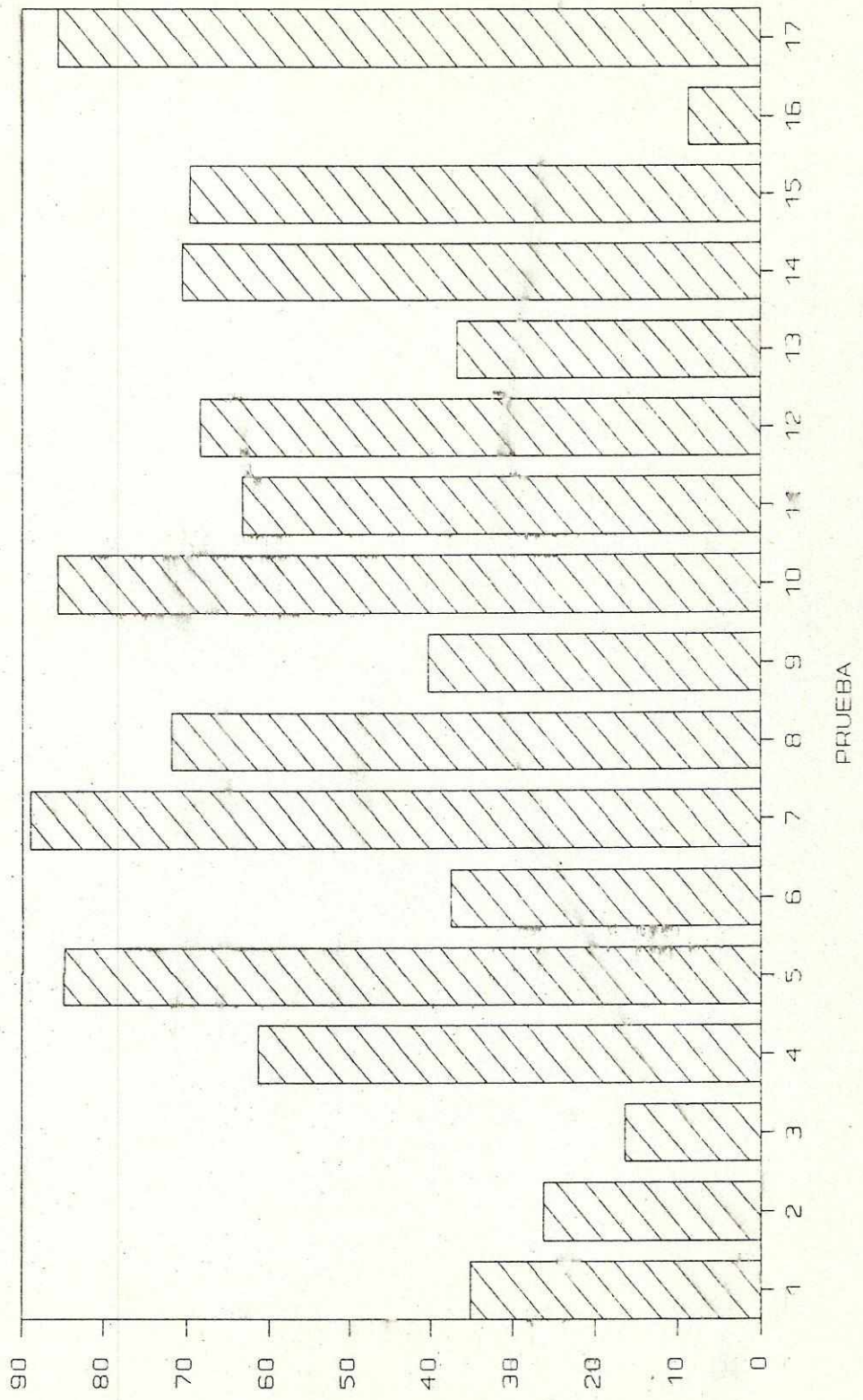


TABLA No. 3

Datos de pH y temperatura de las muestras de agua de entrada y salida del sedimentador.

No. de registro		pH		Temperatura (#C)	
Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
77831	77832	6.4	6.50	24.8	25.0
77978	77979	6.85	6.74	24.3	25.0
78372	78373	7.44	7.08	24.9	25.2
78472	78473	7.45	6.99	24.0	25.0
78748	78749	6.94	7.07	23.0	23.0
78816	78817	7.35	7.20	24.0	23.8
79005	79006	7.24	7.20	23.9	24.1
79241	79242	7.20	7.00	20.0	21.7
79579	79580	7.19	7.14	21.2	25.0
79768	79769	7.35	6.84	21.0	22.0
80044	80045	7.02	7.04	19.6	19.5
80162	80163	7.02	6.89	26.4	25.3
80756	80757	7.30	6.85	24.0	24.8
81015	81016	8.31	6.79	23.2	24.5
81440	81441	7.10	6.90	25.0	25.0
81805	81804	7.06	6.82	24.2	25.4
82022	82023	7.65	7.10	23.0	24.1

TABLA No. 4

No. de Registro	Fecha de Muestreo	Cantidad de Sedimentados (mm)			
		30 min.	60 min.	90 min.	120 min
Entrada: 777831	12-04-88	4	2	0	0
Salida : 77832		3	0	0	0
Entrada: 77978	19-07-88	40	0	0	0
Salida : 77979		Sin Sedimentos			
Entrada: 78372	27-04-88	10	0	0	0
Salida : 78373		Sin Sedimentos			
Entrada: 78472	3-05-88	4	1	0	0
Salida : 78473		1.5	1.5	0	0
Entrada: 78748	12-05-88	2.8	1	0	0
Salida : 78749		Sin Sedimentos			
Entrada: 79005	26-05-88	2	0	0	0
Salida : 79006		Sin Sedimentos			
Entrada: 79241	8-06-88	10	1	0	0
Salida : 79242		Sin Sedimentos			
Entrada: 80044	26-07-88	10	0	0	0
Salida : 80045		7	2	0	0
Entrada: 80162	3-08-88	9	0	0	0
Salida : 80163		Sin Sedimentos			
Entrada: 81015	9-09-88	21	1	0	0
Salida : 81016		6	2	0	0
Entrada: 82742	15-11-88	5	2	0	0
Salida : 82743		1	0	0	0

TABLA No. 5

Resultados en las determinaciones de Cadmio, Plomo, Cromo y Mercurio en las muestras de agua de la entrada y salida al sedimentador.

No. de Registro	Fecha de Muestreo	Cadmio Cd	Plomo Pb	Cromo Cr	Mercurio Hg
Entrada: 77831	12-04-88	nd	trazas	nd	nd
Salida : 77832		nd	nd	trazas	nd
Entrada: 79005	26-05-88	trazas	.04mg/Kg	.07mg/L	.002 mg L
Salida : 79006		trazas	.04mg/Kg	.07mg/L	.001 mg L
Entrada: 79579	6-07-88	trazas	.37 mg/L	.02mg/L	trazas
Salida : 79580		trazas	.26 mg/L	.02mg/L	trazas
Entrada: 80044	26-07-88	trazas	.11 mg/L	.02mg/L	nd
Salida : 80045		0.01	.10 mg/L	.03mg/L	nd
Entrada: 80756	19-09-88	0.06	.16 mg/L	nd	trazas
Salida : 80757		0.06	.17 mg/L	nd	nd

\* nd = no detectable

TABLA No. 6

## Análisis del compost procedente del Sedimento

Reg	Fecha de Muestreo	Cen	Fos	Pot	Cad	Mer	Plo	Cromo	Nit
78375	12-04-88	22.5	1.17	0.85	t	0.02	0.7	t	1.59
79007	25-05-88	33.75	1.36	0.63	0.08	0.01	7.7	11.0	1.85
79540	6-07-88	59.90	1.38	0.37	0.32	0.04	29.7	5.0	1.82
80965	25-08-88	65.6	7.55	7.25	0.08	0.09	14.0	19.0	1.51
81539	4-10-88	59.96	1.42	0.68	0.75	nd	8.2	17.0	1.66
83216	14-11-88	75.70	1.2	1.28	0.68	nd	5.5	10.0	1.05
Tierra Negra									
80203	4-08-88	92.0	0.27	0.25	1.40	0.02	15.5	41.0	0.15

\* t = trazas

Cen = Cenizas 750/C %

Fos = Fósforo %

Pot = Potasio %

Cad = Cadmio mg/kg

Mer = Mercurio mg/kg

Plo = Plomo mg/kg

Cromo = Cromo mg/kg

Nit = Nitrógeno Total %

D. *Determinación de metales pesados en las aguas de entrada y salida del sedimentador*

En la tabla 5 se presentan los resultados de los análisis de cadmio, plomo, cromo y mercurio en las aguas de la entrada y salida del sedimentador. Se puede observar que los niveles de estos metales son muy bajos, lo que significa que no son un problema. Como era de suponer el tratamiento de sedimentación que se le da al efluente del rastro, no influye en la reducción de estos componentes en el agua.

E. *Residuos de insecticidas organoclorados*

Según la determinación de residuos de insecticidas organoclorados, se encontraron 0.82 microgramos/l (ppb) de Aldrina+Dieldrina. Como una referencia, según los estándares para las descargas al océano para el estado de California (U.S.A) que es de 0.002 mg/l (8), ante lo cual el valor de insecticida organoclorado encontrado en las aguas de descarga del Rastro Municipal de Mixco, sería aceptable.

F. *Determinación de metales pesados y nutrientes en el compost.*

El fin fundamental del monitoreo del compost se realizó para determinar si el producto es adecuado o no para utilizarse como acondicionador de suelos.

Con este propósito, los análisis se encauzaron, fundamentalmente, hacia la determinación de nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y Potasio y de elementos conocidos como tóxicos, tal es el caso de los metales pesados como cadmio, mercurio, plomo y cromo.

Debido a que, en Guatemala, no existen estándares que indiquen los niveles permitidos en el compost de estos componentes, se utilizaron como términos de comparación los estándares de la República Federal de Alemania. En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos en los análisis de compost y en la tabla 7 se indican los estándares de ese país para contenido de metales pesados en el compost y en el suelo, para ser utilizado en agricultura.

Observando ambas tablas, se infiere, claramente, que el compost obtenido en el Rastro Municipal de Mixco tiene una buena composición y que no representa el mínimo riesgo para utilizarse para fines agrícolas, ya que los niveles permitidos de los metales pesados están aún diez veces por encima de los niveles que contiene el compost. Para poder determinar qué tan apropiado sería el uso del compost como fertilizante, se analizó tierra negra para tener una base de comparación. Como se puede observar en la tabla 6 los resultados indican que el compost obtenido en la planta de pretratamiento, tiene de cinco a diez veces más nutrientes que la tierra analizada.

#### G. Modificaciones en la planta de pretratamiento

Las modificaciones hechas en la planta de pretratamiento, aunque no tienen un impacto directo en la sedimentación, han servido para mejorar el proceso de tratamiento en general y las condiciones de operación de la planta; tales modificaciones son las siguientes :

##### 1. Desarenador

La época lluviosa del año de monitoreo fue muy fuerte y ocasionó serias dificultades para mantener la planta en operación en ese período. Esto se debió a que los drenajes municipales arrastraron grandes cantidades de arena, resultado de excavaciones en áreas ubicadas a mayores alturas que el rastro. Este fenómeno provocó la oclusión de la salida de lodos del sedimentador. Par evitar futuros problemas de esa naturaleza se construyó un desarenador que permite un mejor control de los efluentes municipales, además de separar éstos, en un momento dado, de los efluentes del rastro.

El diseño del desarenador se basó en el volumen del efluente municipal y en la rápida sedimentación de la arena. (ver figura 10).

##### 2. Pileta para Almacenar desechos

El diseño original de esta pileta, contemplaba, únicamente, la rejilla de extracción de desechos voluminosos. En la práctica se observó que al extraer estos desechos, los operarios los iban amontonando sobre el suelo y luego terminada la matanza los recogían para su disposición final.

Debido a que en el lugar en que los depositaban no habían drenajes, se hacía difícil la limpieza adecuada y a pesar de utilizar bastante agua para dejar el área limpia, siempre quedaba la sangre absorbida por la tierra, la que luego era fuente de malos olores y de proliferación de moscas.

TABLA No. 7

Estándar de la República Federal Alemana para contenido de metales pesados en compost y en suelo para utilizarlo en agricultura.

Elemento	Máximo Permitido en compot: mg/Kg	Máximo permitido en el suelo en mg/Kg
Plomo	1200	100
Cadmio	20	3
Cromo	1200	100
Cobre	1200	100
Niquel	200	50
Mercurio	25	2
Zinc	3000	300

Con el fin de evitar esta situación se construyó una pileta de cemento con drenaje, la cual permite realizar el proceso en una forma más higiénica, habiéndose eliminado el problema anterior. (ver figura 11)

### 3. Caseta e Iluminación

La mayor parte del trabajo en el sistema de pretratamiento se realiza de noche, durante las horas de la matanza. Este período coincide generalmente con las horas de mayor descarga pluvial durante la época lluviosa.

Debido a que el área de extracción de desechos voluminosos estaba desprovista de una caseta protectora, esta operación se abandonaba a la menor señal de lluvia por lo que fue necesario construir una caseta protectora a la que a su vez se le dotó de instalación eléctrica para permitir trabajar con iluminación durante horas de la noche.

### 4. Equipo para el Compostaje

El compostaje se realiza depositando estiércol sobre estructuras piramidales que dejan un tunel de aireación en la base del promontorio.

Estas estructuras se construyeron de madera, pero presentaron el inconveniente de que las temperaturas alcanzadas durante el compostaje (60 grados centígrados) hacían que tales reglillas se doblaran o distorcionaran y las estructuras quedarán inservibles. Adicionalmente la humedad también producía sus efectos disminuyendo la vida útil del equipo.

El costo de las pirámides de madera es bajo, pero en ocasiones se demoraron más de un mes en la fabricación de seis unidades; esto provocaba discontinuidad en el proceso porque los promontorios sin aireación requieren de mayor tiempo de compostaje, de una mayor manipulación y se corre el riesgo de que debido a la falta de oxígeno se inicie un proceso anaeróbico no deseable, con sus consecuentes malos olores, que inhiben a los operarios a realizar sus tareas adecuadamente.

Con el fin de evitar estos problemas se diseñaron estructuras piramidales de hierro cubiertas de pintura anticorrosiva. Debido a que no se previó la diferencia en las dimensiones de los perfiles de hierro con las reglas de madera, cuando se conformaban los promontorios, el estiércol se escurría entre los angulares obstruyendo totalmente el túnel. La solución consistió en recubrir dichas estructuras con malla de gallinero habiéndose obtenido buenos resultados y una estructura de mayor tiempo de vida.

El costo de para las estructuras de madera es de Q15.00 (quince quetzales) y su duración de dos a tres meses; así mismo para la estructura de hierro el costo es de Q.60.00 (sesenta quetzales). Su período de vida no fue posible determinarlo. Los actuales tienen siete meses de estar en operación y están en muy buenas condiciones por lo que se considera que esta opción es mucho más conveniente.

#### 5. Aprovechamiento del tanque de agua

Para realizar un adecuado proceso de compostaje es ideal mantener una humedad relativa de 30% a 40% en los promontorios. Debido a que el área de compostaje está a cielo abierto durante la época seca se hace necesario humedecer los promontorios. Esta actividad se dificulta debido a la gran escasez de agua que existe en Mixco.

La planta recibe agua solamente durante unas horas y generalmente esto es por la noche. Actualmente se está utilizando como reservorio de agua un tanque de concreto en desuso, que formó parte de algún tratamiento o sistema de agua en épocas anteriores.

El aprovechamiento de este tanque permitirá en la época seca humedecer adecuadamente los promontorios de compost.

Es conveniente indicar que debido a que el tanque se encuentra en un nivel más alto que el área de compostaje, se recomienda su utilización aprovechando la fuerza de gravedad.

#### H. Modificaciones en el proceso de matanza del Rastro

##### 1. Area de desangrado

Se observó que en el desangre de las reses, la sangre extraída se envía directamente al desagüe y a la planta de tratamiento. La sangre es un material orgánico de alto valor de DQO, por lo que se pensó que eliminarla del sistema de pretratamiento ayudaría a aumentar su eficiencia. Además la sangre tiene un alto valor comercial, que se está desperdiciando dejándola ir por el desagüe.

Se diseñó entonces un sistema para la recolección de la sangre y así poderla vender para que se le de un uso adecuado.

Debido a problemas presupuestarios, la Municipalidad, entidad encargada de la construcción de las instalaciones, no pudo construirlas, por lo que, éstas no se podrán evaluar en esta etapa del monitoreo.

En las figuras 12 y 13 se muestran detalles de la planta de pretratamiento en donde se observan las modificaciones realizadas, que consisten en desviar los drenajes que contienen la sangre, por un tubo de 12 pulgadas que sale del área de desangre de la res (en el Rastro) y llega a la orilla del camino donde se instala una rampa para recolectar la sangre en toneles. Estos se transportan por un camión al lugar donde se le dará un uso industrial apropiado.

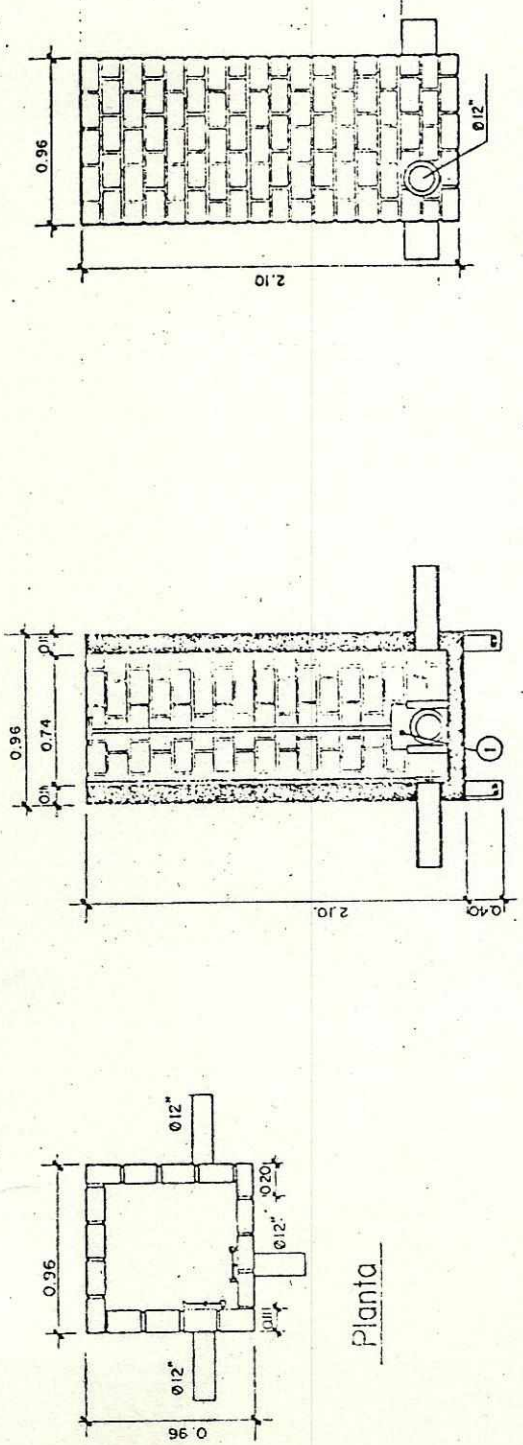
## 2. Disminución de DQO

Para tener una idea del porcentaje de DQO que se estaría reduciendo al quitar la sangre del desagüe, se tomaron en cuenta los siguientes datos :

- Contenido de sangre de una res: 20 l.
  - Número de reses sacrificadas por día: 150
  - Volumen total de sangre/día: 3,000 l. (3 metros cúbicos)
  - DQO de la sangre de res según análisis efectuado en ICAITI (M-86720): 110 Kg/metro cúbico
  - Sangre recibida en el sedimentador, antes de la modificación: 100% (3,000 l)
  - Sangre recuperada con la modificación: 70% (2.100 l)
- 1)
- DQO eliminado con la modificación : 231 Kg/día
  - Variación del DQO en el efluente de 0.59 a 51.5 Kg/metro cub.

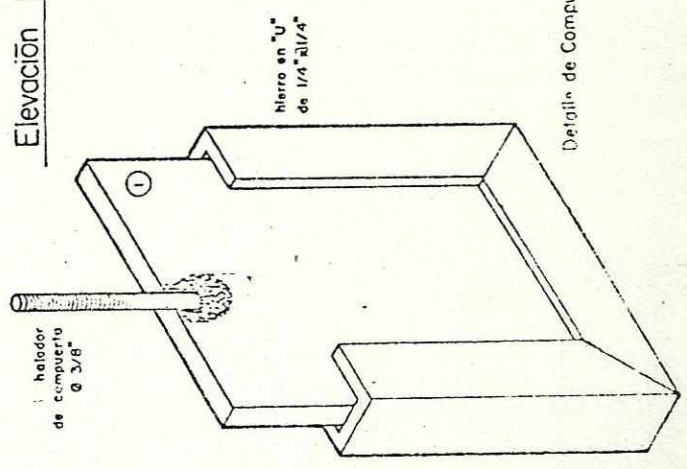
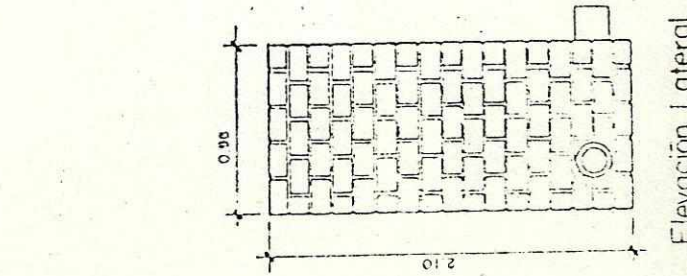
**FIGURA 10  
DESARENADOR**

NOTA  
Medidas en  
metros



**Elevación Frontal**

**Sección**



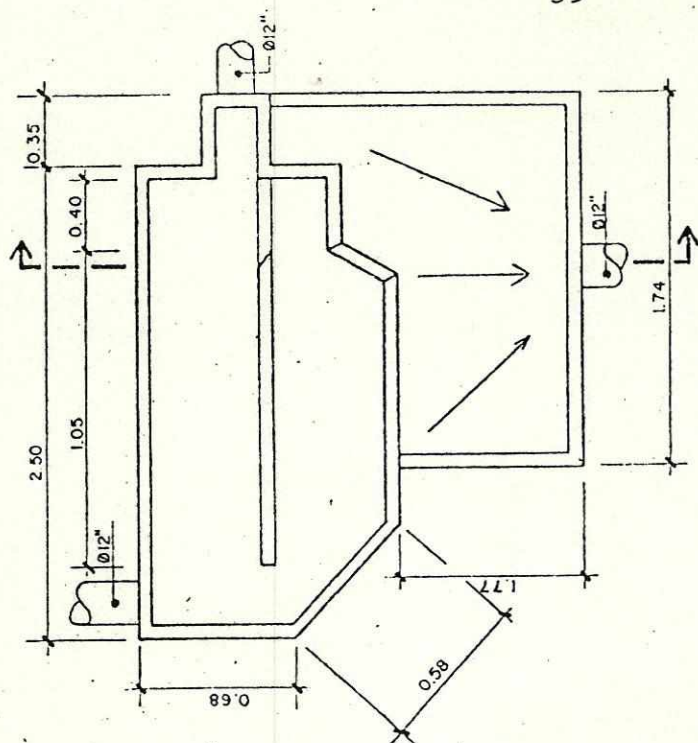
**Detalle de Compuerta**

Hierro en "U"  
de 1/4'' al 1/4''

haldador  
de compuerta  
 $\phi 3/8''$

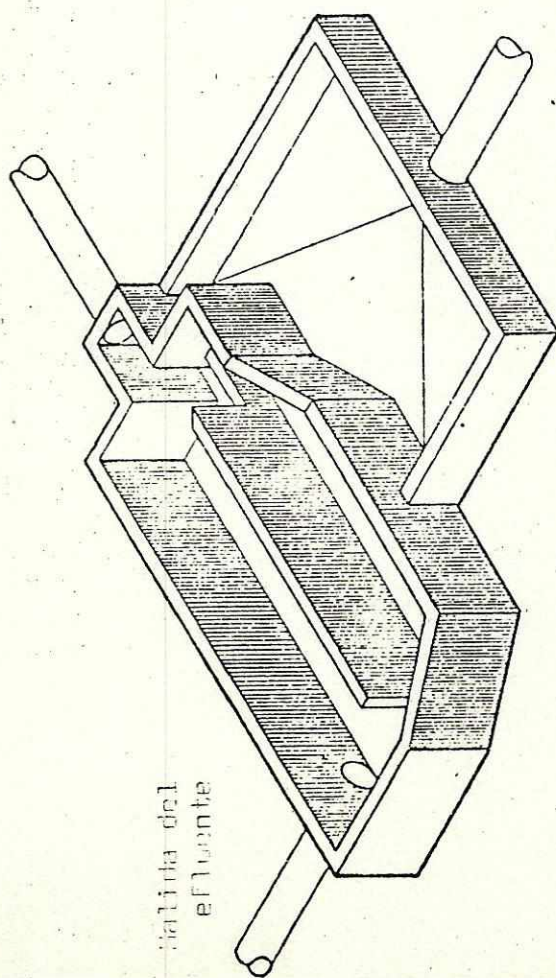
**FIGURA 11**  
**TRAMPA DE SOLIDOS**

39



Planta

Entrada del efluente



Salida de efluente

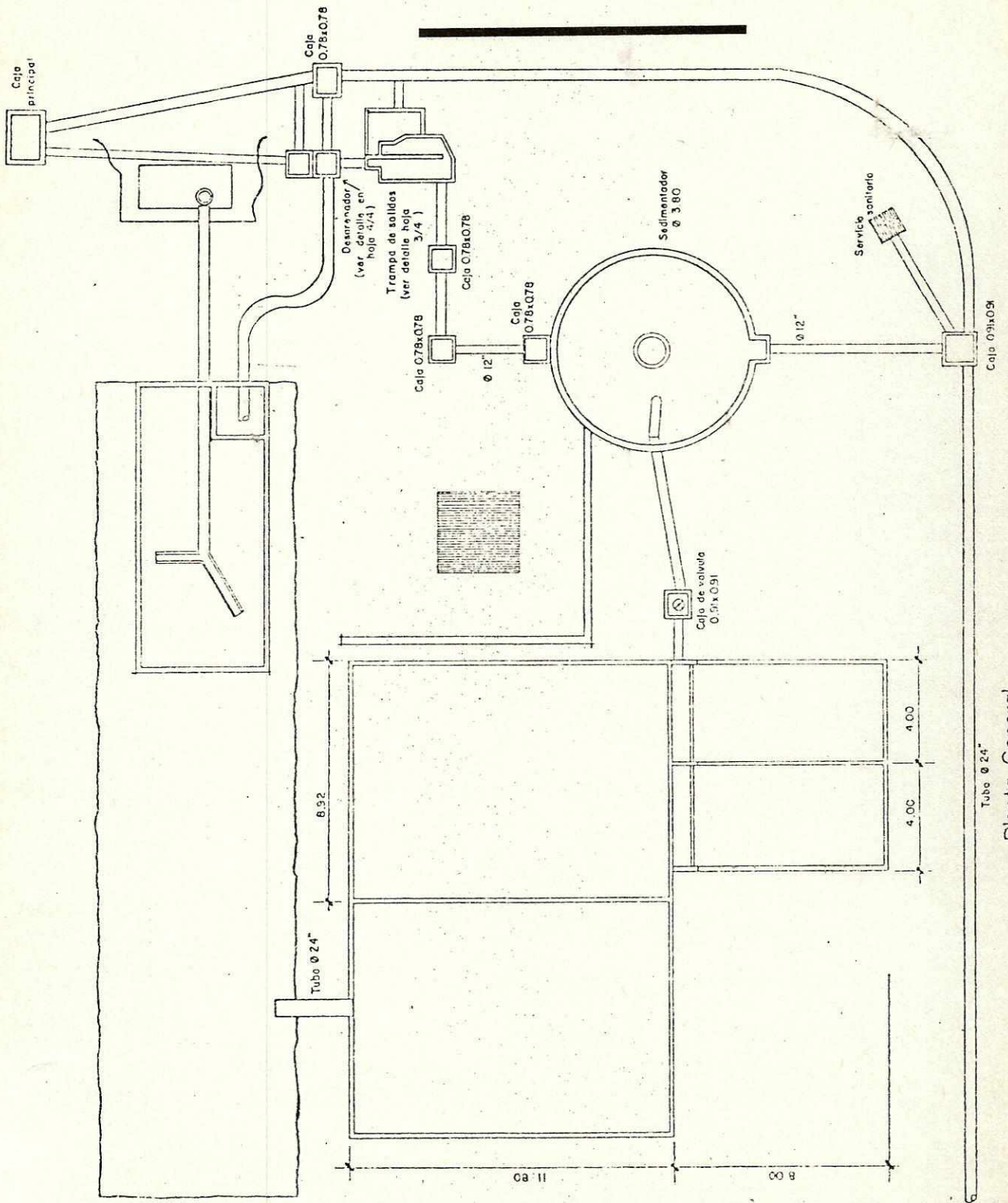
Salida del efluente



Sección

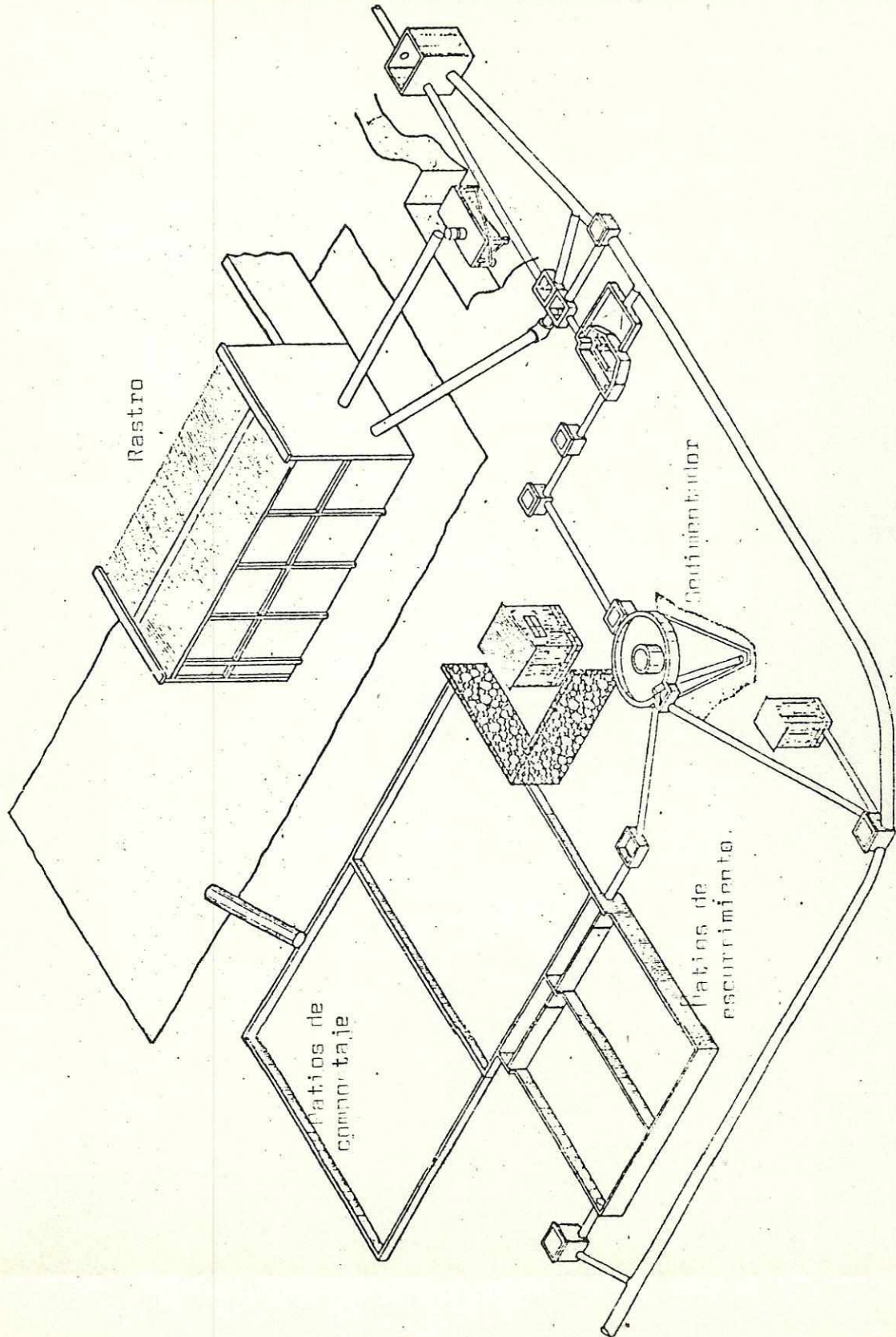
NOTA  
medidos en  
metros.

FIGURA 12  
PLANTA DEL SISTEMA  
DE PRETRATAMIENTO



Planta General

**FIGURA 13**  
**ISOMETRICO DEL SISTEMA DE PRETRATAMIENTO**



---

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

### - CONCLUSIONES

- 1- La sedimentación es un tratamiento efectivo pero no suficiente para cumplir con los requerimientos mínimos establecidos para este tipo de industria, ya que en promedio el contenido de DQO de los efluentes en la salida del sedimentador sobrepasa en diez veces el límite máximo permitido.
- 2- El nivel de reducción de DQO del sedimentador varía en función del contenido de materia orgánica del efluente y con las especificaciones de operación requeridas.
- 3- La operación del sistema de pretratamiento por sedimentación, no resulta atractiva para el personal, ya que se requiere efectuar actividades manuales en el manejo tanto de los desechos sólidos como del compost obtenido al final del proceso. Esto ha determinado que las operaciones de la planta no se efectúen ni dentro de las especificaciones requeridas de proceso ni dentro de los tiempos de residencia necesarios.
- 4- El compost que se está obteniendo en la planta es de buena calidad y tiene un grado aceptable de comercialización.
- 5- La eliminación de la sangre del efluente del Rastro, representaría una reducción de 231 Kg de DQO por día, equivalente al 13% de la carga total de DQO. Con esta operación se obtendría adicionalmente un beneficio económico al comercializar la sangre.
- 6- El tipo de tecnología aplicada en el sistema de pretratamiento del rastro determina que la inversión sea moderada y se requiera de personal no especializado para su operación.

### - RECOMENDACIONES

- 1- Para cumplir con el reglamento de requerimientos mínimos, se hace necesario complementar el sistema de pretratamiento actual con una etapa de filtración del efluente líquido, seguida de una etapa de estabilización en lagunas airadas con jacinto acuático o el empleo de un proceso de biodigestión anaeróbica para obtención de gas metano.

- 2- Modificar el sistema de eliminación de rumen de forma que éste se dirija directamente hacia los patios de compostaje sin pasar por el sedimentador para evitar los problemas de sobredilución y de la excesiva concentración de sólidos.
- 3- Para mejorar la eficiencia del sistema general de pretratamiento, se requiere por un lado un ligero entrenamiento de personal y de la supervisión periódica de la operación de la planta por personal calificado.
- 4- Para facilitar el manipuleo de los desechos se requiere de la utilización de implementos de trabajo (guantes, botas, overoles y mascarillas) que impidan el contacto directo del operario con los referidos desechos.

---

## VI. BIBLIOGRAFIA

---

- (1) Diario de Centro América. Organo Oficial de la República de Guatemala. Tomo CCXXXV No. 69. Diecisiete de febrero de 1989.
- (2) Manual de Operación de Rastros. Instituto de Fomento Municipal. 1986. Guatemala.
- (3) Allen, J. Physical Processes of Sedimentation. Gran Bretaña. 1970. XV ed. American Elsevier Publishing Co. 248 p.
- (4) Golueke, C. Biological Reclamation of Solid Wastes. New York. 1977. XIV ed. Emmens Pa., Rodale Press. 249 p.
- (5) Raddatz, N., E. Hernández. Treatment of Sludges and Waste Water from Mixco Slaughterhouse (Guatemala). Detail Engineering and Implementation. 1986.
- (6) Night Soil Composting. Appropriate technology for Water Supply and Sanitation. 1981. Washington D.C. Shuval, Hillel I. The World Bank. 81 p.
- (7) Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association. 1985. XVI ed. Washington. 1268 p.
- (8) Lawrence, K. Complete Water Reuse. American Institute of Chemical Engineers. 1972.

---

## APENDICE 1

---

### Demanda Química de Oxígeno

El método seguido para determinar la demanda química de oxígeno de las muestras de la entrada y salida del sedimentador fue el siguiente:

- 1- Se lava la cristalería con mezcla crómica antes de iniciar el análisis evitando secar con papeles, acetona, etc., para evitar contaminaciones.
- 2- Se ponen 5 ml de muestra y se aforan a 100 ml con agua destilada, luego se toman 2 ml en un matraz esférico de 500 ml.
- 3- Se agregan 10 ml de solución valorada de dicromato de potasio 0.25 N, se mezcla bien.
- 4- Montado el sistema de reflujo y conectada el agua se agregan 30 ml de ácido sulfúrico concentrado bien frío que contenga 7 g de sulfato de plata por litro; se mezcla bien.
- 5- Se calienta a reflujo por dos horas junto con dos blancos con todos los reactivos.
- 6- Se enfría y se lavan los refrigerantes con 80 ml de agua destilada y se deja enfriar.
- 7- Se titula el exceso de dicromato con sulfato ferroso amoniacal 0.25 N usando el indicador de ferroín, dando un cambio de color de azul-verde a azul-rojizo.

Todos las muestras analizadas se trabajaron en duplicado.

Los cálculos de la demanda química de oxígeno se hicieron siguiendo la siguiente fórmula :

$$DQO \text{ mg/l} = \frac{(a-b) c \times 8000}{\text{ml de muestra}}$$

- a = ml de sulfato de amonio y hierro usados para el testigo  
b = ml de sulfato de amonio y hierro usados para la muestra  
c = Normalidad de la solución de sulfato de amonio y hierro

---

## APENDICE 2

---

### *Sólidos Sedimentables*

Los sólidos sedimentables fueron analizados en un analizador de suspensión que consiste de un set de 24 tubos con escala en milímetros.

A cada uno de dos tubos se le adiciona el volumen de muestra necesario para cubrir la marca de los 200 mm. Se toma el tiempo del inicio de la prueba y la lectura inicial de sedimentos. Cada media hora se toman las lecturas hasta completar las dos horas. Se expresa el resultado en mm de sedimento por tiempo.

---

APENDICE 3

---

*Metales pesados y nutrientes en compost,  
metales pesados en agua.*

Para el tratamiento de las muestras en la determinación de metales pesados se siguió el método especificado en A.O.A.C. de la 14a. edición, y la cuantificación se hizo por medio de Espectrofotometría de Absorción Atómica.

En la determinación de Nitrógeno se siguió el método descrito en A.O.A.C. de la 14a. edición.

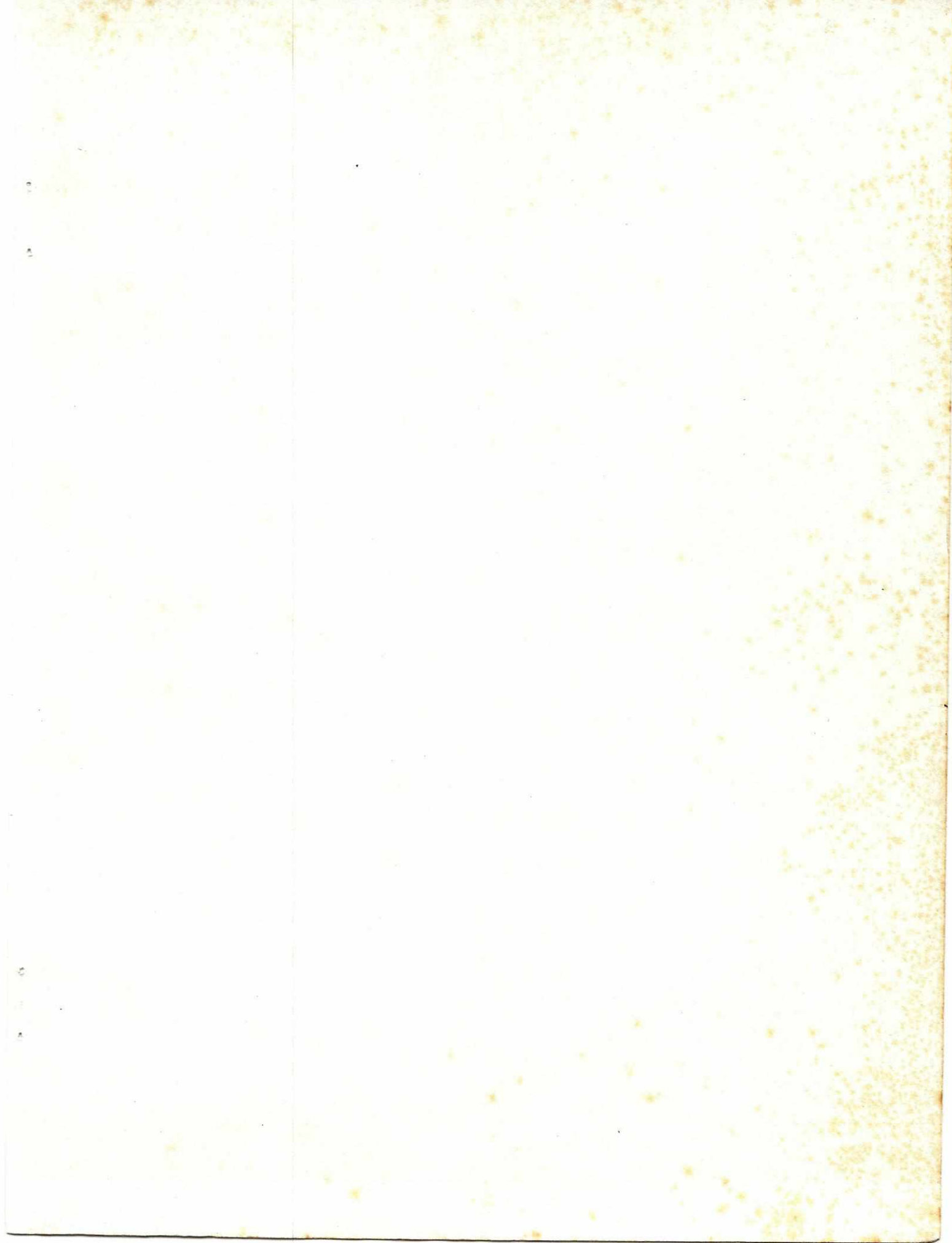
---

APENDICE 4

---

*Residuos de insecticidas organoclorados en agua*

Los residuos de insecticidas organoclorados se determinaron según método de PAM, Pesticide Analytical Manual, volumen 1. Methods with detect multiple residues, Food and Drog Administration, US.Department of Health an Human Services.



000491

12  
L.V. 12.  
Luis Qui  
M 39m  
1990

C.2

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA



**EVALUACION Y MONITOREO DE LA PLANTA DE PRETRATAMIENTO  
DEL DESAGÜE DEL RASTRO MUNICIPAL DE MIXCO  
E IMPLEMENTACION DE MEJORAS PARA AUMENTAR SU EFICIENCIA**

Guatemala de la Asunción, 1990

---

**EVALUACION Y MONITOREO DE LA PLANTA DE PRETRATAMIENTO  
DEL DESAGÜE DEL RASTRO MUNICIPAL DE MIXCO  
E IMPLEMENTACION DE MEJORAS PARA AUMENTAR SU EFICIENCIA**

---

*Tesis presentada a la Universidad del Valle de Guatemala  
por:*

*María Gabriela Mejía Murta.*

*Para Obtener el Título de Licenciada en Ingeniería Química*

---

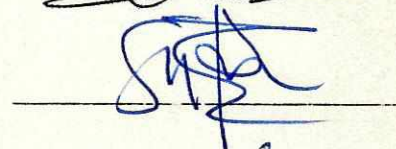
TERNA EXAMINADORA

---

Lic. Enrique Hernández

A complex, cursive handwritten signature in black ink, written over a horizontal line.

Ing. Oscar Gil

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Oscar Gil', written over a horizontal line.

Lic. Roberto de León

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Roberto de León', written over a horizontal line.

Examen presentado a terna examinadora en  
Junio de 1,989

---

## RESUMEN

---

El objeto de este trabajo consiste en demostrar los beneficios ambientales y económicos derivados de la construcción, en rastros o mataderos, de plantas o sistemas de tratamiento que permitan que los efluentes finales tengan una concentración que esté dentro de los límites establecidos por el sistema de requerimientos mínimos. Si el sistema actual de pretratamiento resulta eficiente para cumplir con dichos requerimientos, la tecnología desarrollada podrá ser transferida a otros rastros.

La metodología utilizada en este trabajo consistió en un análisis del sistema de producción del Rastro, del sistema actual de pretratamiento y de un muestreo y análisis periódico de los efluentes para determinar su composición durante un período de 7 meses.

En relación al análisis del sistema de producción del rastro se determinó que dicho proceso es similar al de la mayoría de rastros del país y que sus efluentes tienen un alto contenido de carga orgánica que determina que el nivel de la demanda química de oxígeno (DQO) sea alto. Antes de la instalación de la planta de pretratamiento, estos efluentes se descargaban directamente al "río Seco".

Por otro lado, la planta de pretratamiento se diseñó, conjuntamente, por ICAITI (Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial) y GTZ (Agencia Alemana para la Cooperación Técnica), seleccionándose como base un sistema de sedimentación con dos horas de tiempo de residencia.

Después de siete meses del monitoreo de la planta de pretratamiento se concluye que:

- La sedimentación es un tratamiento efectivo pero no suficiente para cumplir con los requerimientos mínimos establecidos para este tipo de industria, ya que en promedio el contenido de DQO de los efluentes en la salida del sedimentador, sobrepasa en diez veces el límite máximo permitido.

- El nivel de reducción de DQO del sedimentador varía en función del contenido de materia orgánica del efluente y la naturaleza del mismo y las condiciones de operación del sedimento.
- El compost que se está obteniendo en la planta es de buena calidad y tiene un grado muy aceptable de comercialización.
- La eliminación de la sangre del efluente del rastro, representaría una reducción de 231 Kg de DQO por día, equivalente al 13% de la carga total de DQO. Con esta operación se obtendría, adicionalmente, un beneficio económico al comercializar la sangre.
- El tipo de tecnología aplicada en el sistema de pretratamiento de rastro determina que la inversión sea moderada y se requiera de personal no especializado para su operación.

Considerando lo anterior, se recomienda que para cumplir con el sistema de requerimientos mínimos, el sistema actual de pretratamiento se complemente con etapas de tratamiento como filtración, estabilización en lagunas de oxidación, o tratamiento anaeróbico.

---

## INDICE DE CONTENIDO

---

Contenido	No. Página
RESUMEN	I
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	2
A. Reglamento de Requerimientos Mínimos	2
B. Proceso de producción de un rastro típico	3
1. Proceso de producción del Rastro Municipal de Mixco	4
2. Descripción de Efluentes	5
C. Diseño y construcción de la planta de pretratamiento	5
1. Alternativas de Pretratamiento Seleccionadas	6
2. Bases de diseño	6
3. Lodos producidos por desechos domésticos	9
D. Sistema de pretratamiento	10
III. TRABAJO EXPERIMENTAL	20
A. Metodología	20
1. Monitoreo	20
2. Análisis de los efluentes	20
3. Análisis del compost	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	22
A. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno	22
B. Determinación de pH y Temperatura	23
C. Sólidos Sedimentables	23
D. Determinación de metales pesados	32
E. Residuos de insecticidas organoclorados	32

Contenido	No. Página
F. Determinación de metales pesados y nutrientes en el compost	32
G. Modificaciones en la planta de pretratamiento	33
1. Desarenador	33
2. Pileta para almacenar desechos	33
3. Caseta e iluminación	35
4. Equipo para compostaje	35
5. Aprovechamiento del tanque de agua	36
H. Modificaciones en el proceso de matanza del rastro	36
1. Area de desangrado	36
2. Disminución de DQO	37
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
A. Conclusiones	42
B. Recomendaciones	42
VI. BIBLIOGRAFIA	44
<b>APENDICES</b>	<b>45</b>
1. Demanda química de oxígeno	45
2. Sólidos sedimentables	46
3. Metales pesados y nutrientes en compost, metales pesados en agua	47
4. Residuos de insecticidas organoclorados	48

---

## I. INTRODUCCION

---

El propósito de este trabajo es realizar un estudio sobre los resultados que se están obteniendo con la utilización de la planta demostrativa de pretratamiento del Rastro Municipal de Mixco, así como de las mejoras al sistema de matanza o al sistema de pretratamiento en sí, para optimizar la eficiencia del sistema.

Considerando, que la situación actual de desarrollo de los países del tercer mundo se encuentra en el estado de iniciar y propiciar las condiciones que influyan económica y socialmente a una mejora en la interrelación ambiental y de aprovechamiento, se debe acondicionar ambientes propicios para hacer que los recursos económicos sean canalizados técnicamente y que se obtenga bienestar, no sólo económico, sino sanitario, en nuestras comunidades logrando establecer un equilibrio ecológico en armonía con el medio ambiente y el desarrollo.

La idea de este trabajo es demostrar los beneficios ambientales y económicos derivados de la construcción en rastros o mataderos, de plantas o sistemas de tratamiento que permitan que la materia susceptible de oxidarse y que se descargue en los efluentes tenga una concentración que esté dentro de los límites establecidos por el sistema de requerimientos mínimos. (Este sistema determina los valores máximos permisibles de contaminación para la descarga de las aguas servidas según el tipo de industria). Este sistema ha sido desarrollado previamente, legalizado y puesto en vigor como reglamento oficial de la República de Guatemala en febrero de 1,989. En él se indica que las industrias consideradas como descargadores directos, deben instalar un sistema de pretratamiento que permita disminuir la carga orgánica que se envía a cuerpos de agua. En el caso del rastro Municipal de Mixco, sus desechos llegan finalmente al lago de Amatitlán por medio de los ríos Seco y Molino.

Si éste sistema de tratamiento demostrara ser suficiente para cumplir con los requerimientos mínimos establecidos para este tipo de industria, la tecnología desarrollada podrá ser transferida a otros rastros.