

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ESTUDIO ESPECIAL DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA PRIMERA BRIGADA DE INFANTERÍA,
“GENERAL LUÍS GARCÍA LEÓN”, SANTA ELENA, PETEN**

POR

**INGENIERO CIVIL
RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
MAESTRO EN ARTES EN ENERGIA Y AMBIENTE**

Guatemala, noviembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritzá Guerrero de Lopéz
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIO:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR:	Ing. Pedro Saravia Celis
EXAMINADOR:	Ing. Zenón Much Santos
SECRETARIO:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA PRIMERA BRIGADA DE INFANTERÍA, “GENERAL
LUÍS GARCÍA LEÓN”, SANTA ELENA, PETEN**

Tema que me fuera asignado por la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha **14 de febrero de 2007**.

INGENIERO CIVIL RAFAEL ENRIQUE MORALES OCHOA

ÍNDICE GENERAL

	Contenido	Página
	LISTA DE SÍMBOLOS.....	4
	RESUMEN.....	6
1. CAPITULO I, ASPECTOS GENERALES		
	Contenido	Página
A.	DESCRIPCION.....	7
B.	OBJETIVOS.....	8
C.	ALCANCES.....	8
D.	JUSTIFICACIÓN.....	9
2. CAPITULO II, ASPECTOS TEÓRICOS DE LAGUNAJE		
	Contenido	Página
A.	LAGUNAS ANAEROBIAS.....	11
B.	LAGUNAS FACULTATIVAS.....	13
C.	LAGUNAS DE MADURACIÓN.....	14
3. CAPITULO III, ASPECTOS DEL DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN		
	Contenido	Página
A.	INFORMACIÓN ACERCA DEL DISEÑO.....	17
B.	DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS.....	17
C.	PARÁMETROS DE DISEÑO Y RECALCULO DE LAGUNAS..	17
D.	CALCULO DE LAGUNA FACULTATIVA.....	17
E.	CALCULO DE LAGUNA DE MADURACIÓN.....	19

4. CAPITULO IV, LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

Contenido	Página
A. UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.	20

5. CAPITULO V, COSTOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL

Contenido	Página
A. COSTOS DE TRATAMIENTO EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.	21
B. COSTOS DE TRATAMIENTO UTILIZANDO LODOS ACTIVADOS.	21
C. COSTOS DE TRATAMIENTO UTILIZANDO EN FILTROS PERCOLADORES.	21
D. COSTOS DE TRATAMIENTO POR REACTORES DE FLUJO ASCENDENTE.	22
E. RESUMEN DE COMPARATIVO.	23

6. CAPITULO VI, EVALUACIÓN DE LA PLANTA

Contenido	Página
A. MEDICIÓN DE CAUDALES.	24
B. TOMA DE MUESTRAS.	25
C. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS.	25
D. PARÁMETROS DETERMINADOS EN CAMPO.	27
E. PARÁMETRO BACTERIOLÓGICOS.	27

7. CAPITULO VII, ANÁLISIS DE LABORATORIO

Contenido	Página
A. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO.	29
B. EFICIENCIA DE LA PLANTA.	29
C. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	30

8. CAPITULO VIII, CONCLUSIONES

	Contenido	Página
A.	CONCLUSIONES.	32

9. CAPITULO IX, RECOMENDACIONES

	Contenido	Página
A.	RECOMENDACIONES.	34

10. CAPITULO X , BIBLIOGRAFÍA

	Contenido	Página
A.	BIBLIOGRAFÍA.	36

11. CAPITULO XI, ANEXO

	Contenido	Página
A.	MANUAL DE MANTENIMIENTO.	37
B.	PLANOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.	S/N
C.	EXÁMENES DE LABORATORIO.	S/N

LISTA DE SÍMBOLOS

Km^2	Kilómetros cuadrados
ha	Hectárea
CO_2	Dióxido de carbono
CO	Carga Orgánica
K_{an}	Constante de degradación en lagunas Anaerobias
Θ	Tiempo de residencia en una laguna
Θ_a	Tiempo de residencia en una laguna Aerobia
Θ_f	Tiempo de residencia en una laguna Facultativa
Θ_m	Tiempo de residencia en una laguna Maduración
λ_v	Carga Volumétrica
λ_s	Carga Superficial
$\lambda_{m\acute{a}x}$	Carga Superficial Máxima
Kg /m^3	Kilogramo por metro cúbico
kg DBO/ha d	Kilogramo de Demanda Bioquímica de Oxigeno
kg DBO/ha d	Por metro cúbico, por Habitante por Da
T-20	Temperatura en grados Celsius menos 20
DBO5	Demanda Bioquímica de oxigeno a los 5 días a
DQO	Demanda Química de oxigeno
L_e	DBO5 en la salida de laguna
L_i	DBO5 en la entrada de laguna
N_i	Cantidad de Coliformes fecales en la entrada
N_e	Cantidad de Coliformes fecales en la salida
NMP	Número Más Probable de Gérmenes
V_a	Volumen de laguna Anaerobia
Ha	Hectáreas
Hab.	Habitantes
L/seg.	Litro sobre segundo
M/S	Metro sobre segundo
M^2	Metro cuadrado

M^3	Metro cúbico
$M^3 / \text{Día}$	Metros cúbicos por día
No. Habitantes	Número de habitantes
pH	Potencial de Hidrogeno
Q_{Maximo}	Caudal Máximo
Q_{Medio}	Caudal Medio
Q_{Minimo}	Caudal Mínimo

RESUMEN

La evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Primera Brigada de Infantería, "General Luís García León, Ubicada en Santa Elena, Peten, tiene una gran importancia desde cualquier enfoque que se le quiera dar, ya que la implementación de la gestión ambiental de el país va avanzando, como una práctica y filosofía de la preservación de los recursos naturales.

En el capítulo I, se ha referenciado la calidad y cantidad de los recursos a proteger, como la Biosfera Maya y áreas protegidas, del Peten, y a su vez se fijan los objetivos y las necesidades de realizar un dictamen técnico.

En el capítulo II, se da una pincelada a los aspectos teóricos de remoción por medio de la implementación del lagunaje, se muestra un pequeño extracto de ecuaciones de la cinética de remoción.

El Capítulo III, se presentan los criterios y cálculos del diseño de la planta de tratamiento, para poder usar esta información y corroborar la misma con los resultados de laboratorio, así mismo da la idea a discusión del funcionamiento de dicha planta de tratamiento.

Los capítulos IV, V, VI, se refieren a la remoción de patógenos la planta y los parámetros específicos de las agua residuales, además se tienen aspectos de eficiencia de la misma, se dan las medidas correctivas, se realizan los presupuestos del mantenimiento de las lagunas y se presenta el manual de mantenimiento que servirán de referencia para las próximas evaluaciones, que se utilizará para el monitoreo y seguimiento de estudios posteriores.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

A. Descripción:

El área del departamento de Petén, tiene una extensión territorial de 35,854 Km² con áreas de reserva natural y áreas protegidas, algunas que a continuación se detallan:

- Reserva Biológica San Román, con 42.232 ha, y es administrada por CONAP.
- Monumento Natural Complejo II El Pucte, con 97 224 ha, y es administrada por CONAP - IDAEH.
- Reserva Forestal y Refugio de Vida Silvestre Petexbatún, con 4.044 ha, aún no ha sido definida su administración.
- Monumento Cultural y Parque Histórico Aguateca, con 1.683 ha y es administrada por IDAEH.
- Monumento cultural El Ceibal, con 1.512 ha, y es administrado por IDAEH.
- Reserva Biológica El Rosario, con 1.105 ha, y es administrada por INAB.
- Reserva Natural Privada La Cumbre Flor de la Paz, extensión 586 ha y son administradas por Jorge Mario Corzo.
- Reserva Natural Privada Doña Chanita, Flor de la Paz, con 556 ha, y es administrada por Jorge Mario Corzo.
- Reserva Natural Privada Ceibo Mocho, Flor de la Paz, con 454 ha y es administrado por Jorge Mario Corzo.
- Reserva de Biosfera Complejo III Montañas con de 82.978 ha, y es administrada por CONAP.

Que conforman la biosfera Maya, y áreas protegidas. Debido a las condiciones de seguridad nacional se tiene en operación en el departamento del Petén, la Primera Brigada de Infantería “General Luís García León”,

ubicada en la Reservación Militar en Santa Elena, El Petén, en donde se tiene en funcionamiento la planta de tratamiento de aguas residuales, por medio de lagunas de estabilización, la misma se construyó con el ánimo de no alterar los sistemas ambientales del área, sin embargo es necesario realizar algún diagnóstico que nos sirva de ayuda para evaluar la eficiencia de la planta y permitir realizar las correcciones desde el punto de vista de la obra civil como la sanitaria.

B. Objetivos:

1. General

Determinar la eficiencia de la planta de tratamiento, y los costos de operación y mantenimiento.

2. Específicos:

a. Dejar establecidos los procedimientos de inspección de rutina de campo, para que el Operador los utilice como herramienta de registros del buen funcionamiento y detectar cualquier anomalía de la operación y funcionamiento de la planta de tratamiento

b. Implementar el manual de mantenimiento de planta, que comprenda todas las operaciones anuales de la obra civil y las anuales Sanitarias.

c. Establecer la importancia del monitoreo de los parámetros físico-químico y bacteriológico como las estructuras de obra civil por la evaluación anual.

d. Realizar la comparación los costos de operación y mantenimiento del costo/ m³, utilizando otras alternativas de tratamiento, utilizados en Guatemala.

C. Alcances:

Los alcances de esta investigación es poder determinar la eficiencia y compararla con los parámetros de diseño, así como comparar los costos de operación y mantenimiento de la laguna de oxidación con otros criterios aplicables a la República de Guatemala.

D. Justificación:

El tratamiento de las agua Residuales, por medio de las lagunas de Estabilización son excelentes, tomando en cuenta las temperaturas del departamento de Petén, sin embargo se corre con los riesgos de un mal funcionamiento, en la misma, ya que desde la construcción, se pierden de vista ciertos componentes de la obra civil, en la construcción, que pueden caracterizarse de errores que se reflejan y se magnifican en un mal funcionamiento de la misma, adicionando a factores exógenos, como el vertido de algunos elementos químicos por un mal manejo o desconocimiento del personal de mantenimiento la Brigada Militar, que pueda inhibir el proceso biológico en las lagunas de Estabilización.

El REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICION DE LODOS, publicado el 5 de mayo del 2006, nos obliga a monitorear el buen desempeño de las plantas de tratamiento en funcionamiento, sin correr con accidentes que pongan en riesgos los sistemas ambientales como la alteración del suelo, los recursos hídricos, los bióticos y abióticos. Es necesario tener conciencia de la realidad Nacional, en donde los sistemas sufren el abandono total debido a una mala práctica en planificación de los proyectos, la realidad de nuestra cultura de mantenimiento y seguimiento de los proyectos, estos tienen su atención y prioridad hasta su inauguración, después de este evento se olvidan de estos sistemas por periodos demasiados largos y se vuelven a retomar técnicamente hasta que se produce una avería o un accidente ambiental, en donde los impactos son significativos, se convierten en adversos, los recursos para su remediación son demasiado altos y algunas veces irreversibles, teniendo plena conciencia que estas áreas son muy sensibles a este tipo de problemas ambientales que son tan frecuentes en Guatemala, pero se debe cambiar este pensamiento por uno que tengan las una envolvente sostenible y de precaución al entorno.

Por otro lado el costo de funcionamiento o de operación está directamente relacionado en el consumo de energía, por lo que ante el aumento de los

costos de petróleo que representa un 35% del costo de la energía eléctrica se hace necesario analizar otras alternativas con relación a los costos del tratamiento.

CAPITULO II

ASPECTOS TEÓRICOS DE LAGUNAJE

A. Laguna Anaerobia

La laguna anaerobia, se caracteriza por la presencia de bacterias que no requieren oxígeno disuelto para la descomposición de la materia orgánica. Este proceso es conocido por digestión anaerobia, este se presenta en tres etapas (McIney y Bryant, 1981: la primera es la hidrólisis y fermentación ácida llevada a cabo por organismos formadores de ácidos orgánicos, alcoholes y dióxido de carbono. Las bacterias responsables de estas etapas pertenecen a diferentes grupos y pueden ser anaerobias, facultativas o estrictas. La segunda etapa es la homoacetogénesis en la cual los productos de fermentación producidos anteriormente son convertidos en acetato, hidrógeno y CO₂, por un grupo de bacterias denominadas “bacterias acetogénicas” productoras obligatorias de hidrógeno u OHPA en inglés. La última etapa, la metanogénesis, es realizada por un grupo de bacterias metanogénicas que son anaerobias estrictas, requiriendo además potenciales de oxidación-reducción inferiores a -330 mV. Estas bacterias convierten los bicarbonatos y el acetato en metano (Rodolfo León S., CEPIS), las profundidades van desde los 2 a los 5 metros. La acumulación de lodos se produce durante algunos años de operación, su acumulación puede ser de 0.04 / m³/ habitante/ año, el lodo se puede extraer a los 2 o 5 años (Manual de disposición de aguas residuales, CEPIS, 1991).

1. Ecuaciones y criterios para diseño de las lagunas anaerobias.
2. Correlación –sudafricana (Vicent -1963)

$$L_e = \frac{L_i}{K_{an} (L_e/L_i)^n \Theta + 1} \quad \Theta = (L_i/L_e - 1) \left(\frac{1}{K_{an} (L_e/L_i)^n} \right)$$

Esta ecuación es utilizada para climas tropicales y subtropicales, asume una mezcla completa para el cálculo de la constante de degradación (K), en la cual existen discrepancias, hay peligro del incremento de tiempo de residencia hidráulico.

3. **Correlaciones de Sidam y Al Salem(1988)**

Para lagunas primarias

$$L_e = -1326 + 7.4T + 3961\lambda_v - 68\Theta$$

Para lagunas secundarias

$$L_e = -138 + 0.35T + 3994\lambda_v + 32\Theta$$

Para lagunas primarias es válida para concentraciones de DBO₅ del influente entre 629 y 826 mg/l; temperatura del agua entre 14 y 27 °C; carga volumétrica de 0.091 a 0.153 Kg /m³ d; y tiempo de residencia hidráulico de 4 a 7 días.

Para lagunas secundarias es válida para concentraciones de DBO₅ del influente entre 213 y 440 mg/l; temperatura del agua entre 13.8 y 27.5 °C; carga volumétrica de 0.029 a 0.078 Kg /m³ d; y tiempo de residencia hidráulico de 4.7 a 8 días.

4. **CRITERIOS DIVERSOS**

Carga superficial (McGarry y Pescod (1970))

$$\lambda_s > 400.6 \times 1.099^{T-20}$$

Se usa para comprobar que la carga sea suficientemente alta a fin de sobrepasar la carga facultativa. El límite de carga facultativa es de 357 kg DBO/ha d. y para asegurar las condiciones anaerobias la carga debe ser mayor de 1000 kg DBO/ha d.

Carga superficial (Yañez (1988))

$$\lambda_s > 357.4 \times 1.085^{T-20}$$

Se usa para comprobar que la carga sea suficientemente alta a fin de sobrepasar la carga facultativa. El límite de carga facultativa es de 357 kg DBO/ha d. y para asegurar las condiciones anaerobias la carga debe ser mayor de 1000 kg DBO/ha d.

Carga volumétrica (Meiring 1968; Mara y Pearson 1986)

$$\lambda_{v|} = L_i Q/V_a$$

Se utiliza para mantener las condiciones anaeróbicas y evitar malos olores, se sugiere una carga volumétrica entre 100 y 300 g de DBO5/m³ de para aguas con menos de 500 mg/l de SO₄. T > de 20 °C Se sugiere un límite máximo de 1000 g de DBO5/m³ para agua < de 100 mg/l de SO₄.

B. Laguna Facultativa

Generalmente las lagunas facultativas tienen una profundidad de 1.0 a 1.5 metros, en el estrato superior se produce la simbiosis o comensalismo de bacterias y algas. Las bacterias heterotróficas descomponen la materia orgánica produciendo compuestos inorgánicos insolubles y CO₂. La cantidad de oxígeno requerido para esta degradación es suministrada por fundamentalmente por el proceso de fotosíntesis. El sistema carbonatado está sujeto a cambios cíclicos durante el día, tomando en cuenta también que los cambios de alcalinidad no son grandes, ocurren transformaciones en los componentes de la misma, como variaciones de bicarbonatos a carbonatos e hidróxidos (Pipes, 1961 y Marais, 1970).

El nivel de oxígeno disuelto puede variar en forma horaria, registrándose valores altos en el atardecer y bajos en las últimas horas de la noche, esto se debe al proceso de la fotosíntesis. La posición de la oxipausa (La profundidad a la cual la concentración de oxígeno disuelto es cero) cambia en forma similar. En el pico de la actividad algal, los iones carbonato y bicarbonato reaccionan para proveer más bióxido de carbono a las algas, produciendo exceso de iones hidroxilo con lo cual el PH se eleva arriba de 9, aumentando la tasa de mortalidad de las bacterias fecales.

Las temperaturas ideales para el tratamiento del agua residual por medio de lagunas facultativas es de 25 a 35 grados Celsius (Aguirre y Gloyna 1979).

1. Ecuaciones y criterios para diseño de las lagunas aerobias
Correlaciones empíricas de carga (McGarry y Pescod (1970))

$$\lambda_{sx} = 10.35 + 0.725 \lambda_s \qquad \lambda_{\max} = 400.6 \times 1.099^{T-20}$$

Aplicable a climas tropicales y templados, tiene un error estándar de estimación entre mas o menos 16.Kg de DBO/ ha d y aplicable a un intervalo de carga superficial entre 50 y 500. Define también una correlación para carga superficial máxima sobre lo cual la laguna falla, eliminando su estrato aerobio y convirtiéndose en anaerobia en toda su extensión, Tiene la deficiencia de responder a observaciones visuales y no estar respaldados por mediciones.

2. Modelo de Yáñez (1979,1980 1988)

$$\lambda_{sx} = A + B \lambda_s \qquad \lambda_{\max} = 357.4 \times 1.085^{T-20}$$

Utiliza correlaciones de carga a base de datos de DBO soluble. Determina un valor de carga máxima de 357.4 Kg DBO/ha d, referido que se encuentra en función de la cantidad de amoníaco presente, difiere del clásico que esta en función del oxígeno disuelto.

3. Modelo de flujo disperso (Thirimurthy, 1969).

$$\frac{N_e}{N_i} = \frac{4ae^{1/2d}}{[(1+a)^2] e^{a/2d} - [(1-a)^2] e^{-a/2d}}$$

Este modelo se desarrolla a partir de un balance de masa, alrededor de un reactor con flujo laminar tipo pistón, a solución a este balance fue dada por Wehner y Wilhem y traslada a la ingeniería sanitaria por Thirimurthy.

C. Laguna de Maduración

1. Laguna de maduración

La desinfección de las aguas residuales es uno de los objetivos de los sistemas de tratamiento e incluye la destrucción de patógenos, virus, parásitos y demás organismos perjudiciales a la salud, las lagunas de estabilización pueden proveen un medio de remoción natural de

organismos conformes totales, para satisfacer el propósito de desinfección de las aguas residuales.

Una persona al día puede descargar 10^{11} a 4×10^{11} de organismos conformes por día en una cantidad de excreta seca de 45 gramos.

Las lagunas de estabilización pueden tener tiempos de retención menores de 7 días si se trabajan en serie con sistemas facultativos.

Las lagunas de maduración reciben el efluente de la laguna facultativa y son tradicionalmente diseñadas con profundidades de 1 a 1.5 metros, su número y tamaño depende de la calidad bacteriológica exigida del efluente final, en estas lagunas solo existe la zona aerobia, la cual tiene como función la remoción de microorganismos patógenos excretados, lo que ocurre por sedimentación de algunas bacterias o por muerte ocasionada por los rayos ultravioleta del sol, su contribución puede ser la remoción de nutrientes.

2. Modelo de mezcla completa

La reducción de coliformes fecales en un sistema anaerobio, facultativo y de maduración se puede calcular por las ecuaciones en base de la ecuación para modelos de mezcla completa y cinética de primer orden.

Para una sola laguna

$$N_e = \frac{N_i}{1 + K_T \Theta}$$

Para lagunas en serie

$$N_e = \frac{N_i}{(1 + K_T \Theta_a) (1 + K_T \Theta_t) (1 + K_T \Theta_m)^{-a/2d}}$$

Coeficiente de decaimiento de primer orden (Marais, 1974)

$$K_T = 2.6 \times 1.19^{T-20}$$

3. Modelo de flujo disperso

El modelo de dispersión de un reactor con flujo laminar tipo pistón en el cual el mecanismo de transporte está afectado por la dispersión convectiva en la dirección del flujo y en otro sentido por la difusión molecular axial.

$$\frac{N_e}{N_i} = \frac{4ae^{1/2d}}{[(1+a)^2]e^{a/2d} - [(1-a)^2]e^{-a/2d}}$$

$$a = (1 + 4K_b \Theta d)^{1/2}$$

Constante de decaimiento (Gameson, 1974)

$$K_b = 1.1 \times 1.07^{T-20}$$

CAPITULO III

ASPECTOS DEL DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

A. INFORMACIÓN ACERCA DEL DISEÑO

1. DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS

La planta de tratamiento, conformada por dos lagunas facultativas, trabajando a flujo disperso, se encuentran construidas con pantallas de mampostería reforzada, mismas que realizan una mejor distribución del flujo, el tirante de agua de la misma es de un metro de altura.

La Laguna primaria fue diseñada por el ingeniero Arturo Pazos con un área de 6693 m², (Según memoria descriptiva), se decidió por una área de 6889 m² (CIEG), la población a servir por el diseñador, es de 2500 personas (población constante), quedando finalmente para una población a servir de 2213 personas, estando 171 plazas vacantes.

La Laguna de Maduración, tiene un área de 9000 m², lo que supera a la laguna primaria que tiene 6693m², y que no tendría problema en dar servicio a 2213 personas (Ver plano en el Anexo).

2. PARÁMETROS DE DISEÑO Y RECALCULO DE LAGUNAS

- a. Población a servir 2213 habitantes.
- b. DBO 350 mg/L.
- c. Dotación 150 Litros/Habitante/día.
- d. $N_0 = 1 \times 10^8$ NMP/100 ML, N_0 es el número mas probable de Gérmenes en la entrada de la planta.
- e. $N_f = 1 \times 10^3$ NMP/100 ML, N_f es el número mas probable de Gérmenes en la salida de la planta.
- f. Temperatura del mes mas frío 25°
- g. Flujo disperso
- h. Método de solución Fabián Yáñez
- i. Tasa de evaporación es el 5 mm/Día.

3. CALCULO DE LAGUNA FACULTATIVA

a. CAUDALES

b. Caudal Medio

$Q_{\text{Medio}} = \text{Dotación} \times \text{No. de habitantes} = 150 \text{ L/Hab./Día} \times 2213 \text{ Hab.} = 331,9950 \text{ Litros/Día} = 331.95 \text{ M}^3 / \text{Día}.$

c. 3.2.1.2 Caudal Máximo

$$M_{\text{Máximo}} = Q_{\text{Medio}} \times (1 + 14 / (4 + (P^{1/2}))) = 331.95 \text{ M}^3 / \text{Día} \times (1 + 14 / (4 + (2.21)^{1/2})) = 1178.99 \text{ M}^3 / \text{Día}$$

d. Caudal Mínimo

$$Q_{\text{Mínimo}} = Q_{\text{Medio}} / 2 = 166 \text{ M}^3 / \text{Día}$$

e. Carga de diseño

$$\lambda_s = 250 \times 1.085^{(T-20)} = 250 \times 1.085^{(25-20)} = 375.91 \text{ Kg/ Há} \times \text{Día}.$$

f. Carga orgánica

g. CO= Producción de agua residual X DBO= $331.95 \text{ M}^3 / \text{Día} \times 0.35 \text{ Kg/ M}^3 = 116.18 \text{ Kg/Día}.$

h. Área y dimensiones de laguna

$$A = \text{CO} / \lambda_s = 116.18 \text{ Kg/Día} / 375.91 \text{ Kg/ Há} \times \text{Día} = 0.30 \text{ Há}.$$

Se instalara una laguna primaria de $0.689 \text{ Ha} = 6889 \text{ M}^2$

i. Tiempo de retención hidráulica

$$\Theta = \text{Volumen de laguna primaria} / Q_{\text{Medio}} = 6889 \text{ M}^3 / 331.95 \text{ M}^3 / \text{Día} = 20 \text{ días}.$$

j. Dispersión

$$\text{Relación Largo / Ancho} = 1$$

$$D = (X) / (-0.26118 + 0.25392 X + 1.0135 X^2) = (1) / (-0.26118 + 0.25392 (1) + 1.0135 (1)^2) = 0.9937$$

k. Coeficiente de Decaimiento

$$K_b = 0.841 \times (1.075)^{T-20} = 0.841 \times (1.075)^{(25-20)} = 1.2073$$

l. Calculo de a para un tiempo de retención de 20 días

$$a = (1 + 4 K_b \Theta d)^{1/2} = (1 + 4 \times 1.2073 \times 20 \times 0.9937)^{1/2} = 9.847$$

m. Calculo de la cantidad de Coliforme fecal en el efluente

$$N_{F/N_0} = (4ae^{(1-a/2d)}) / (1+a)^2 = 3.90 \times 10^{-3}$$

$$N_F = 1 \times 10^8 \times 3.90 \times 10^{-3} = 390,358.22 \text{ NMP/100 ML}.$$

n. Caudal del efluente

$$Q_e = Q_i - 0.001 A_f e = 331.95 - 0.001 \times 6889 \times 5 = 297.50 \text{ M}^3 / \text{Día}$$

o. Remoción de DBO en el mes más frío

$$R = 2T + 20 = 2 \cdot 25 + 20 = 70\%$$

Esto significa que la DBO_5 en el efluente de la laguna facultativa es = 105 Mg/L.

4. Calculo de laguna de maduración

a. Área y dimensiones de laguna

Se instalara una laguna de 0.9 Ha = 9000 M²

b. 3.2.5 Tiempo de retención hidráulica

$\Theta = \text{Volumen de laguna} / Q_{\text{Medio}} = 9000 \text{ M}^3 / 331.95 \text{ M}^3 / \text{Día.} = 27$ días.

c. 3.2.6 Dispersión

Relación Largo / Ancho = 1.33

$$D = (X) / (-0.26118 + 0.25392X + 1.0135X^2) = (1.33) / (-0.26118 + 0.25392(1) + 1.0135(1.33)^2) = 0.711$$

d. 3.2.7 Coeficiente de Decaimiento

$$K_b = 0.841X(1.075)^{T-20} = 0.841X(1.075)^{(25-20)} = 1.2073$$

e. 3.2.8 Calculo de a para un tiempo de retención de 27 días

$$a = (1 + 4K_b\Theta d)^{1/2} = (1 + 4 \cdot 1.2073 \cdot 27 \cdot 0.7114)^{1/2} = 9.68$$

f. Calculo de la cantidad de Coliforme fecal en el efluente

$$N_F / N_O = (4ae^{(1-a/2d)}) / (1+a)^2 = 7.8 \times 10^{-4}$$

$$N_F = 390,358 \cdot 7.8 \times 10^{-4} = 297 \text{ NMP/100 ML.} < 1000 \text{ O.K.}$$

g. Remoción de DBO en el mes más frío

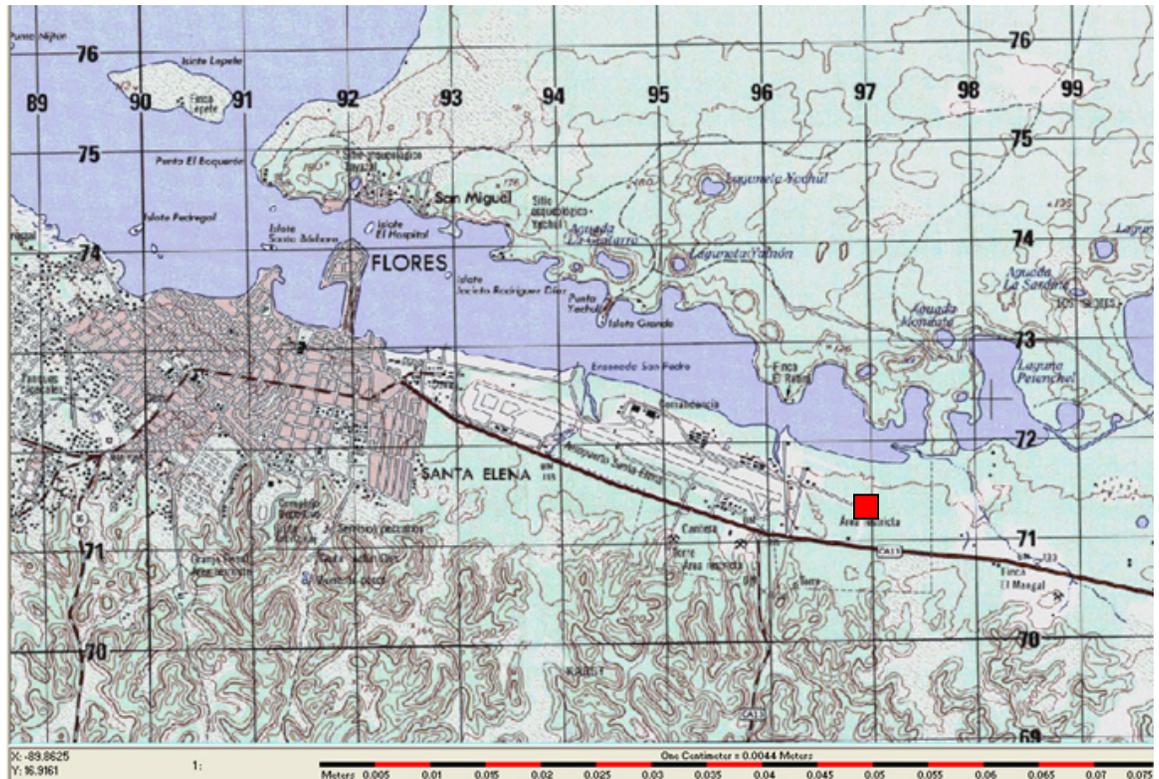
$$R = 2T + 20 = 2 \cdot 50 + 20 = 70\%$$

Esto significa que la DBO_5 en el efluente de la laguna de maduración debe ser de = 31.50 Mg/L.

CAPITULO IV

LOCALIZACION

A. Ubicación de la planta de tratamiento



Las coordenadas (UTM), en 8 dígitos, el número de la hoja es 94807168 hoja 2266 IV Flores, a 127 metros sobre el nivel del mar, Latitud $16^{\circ} 55' 04''$, Longitud $89^{\circ} 53' 05''$.

CAPITULO V

COSTOS DE TRAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL

A. LAGUNAS DE ESTABILIZACION:

El caudal que se maneja en la planta de tratamiento es de 331 Km³ /Dia. Y se tiene el siguiente cuadro de costos de operación y mantenimiento.

No.	Costos anuales	Monto
1	Sueldo del operador	Q.23040.00
2	Mantenimiento	Q.6255.00
3	Total anual	Q.29,295.00
4	Total mensual	Q.2441.25
5	Total diario	Q. 81.375
6	Costo /m3	Q. 0.245

B. LODOS ACTIVADOS:

Los datos de operación y mantenimiento, utilizados en el tratamiento de agua residual por M³ fueron proporcionados por dos empresas líderes en el mercado local, las cuales se mantendrán su discreción y solo se mencionará de las literales A y B. ver la tabla que a continuación se detalla

No	Empresa	Costos/m3
1	A	Q. 20.00
2	B	Q. 45.00

C. FILTROS PERCOLADORES

Si se calcula una carga dinámica total de 20 metros de carga dinámica total y el caudal de agua residual es 3.84 litros/ segundo, se busca una bomba con una eficiencia del 70%, se tiene que el KWh tiene un valor comercial de Q0.80, Se puede calcular la potencia expresada en KW= $0.01401 * Q * CDT =$

$0.01401 \times 3.84 \times 20 = 1.082 \text{KW}$. Se estima que son 24 horas de bombeo, por los que se puede estimar el costo en un día = $1.082 \text{KW} \times 0.80 / \text{KWh} \times 24 \text{ horas} = \text{Q}20.77$, por lo que partiendo de esta base se presenta el cuadro de costos.

No.	Costo anual	Monto
1	Cambio de material filtrante	Q.28,800.00
2	Costo de energía	Q.7581.00
3	Operador de la planta	Q.23040.00
4	Total anual	Q.59421.00
5	Total mensual	Q.4951.75
6	Total diario	Q.165.05
7	Costo / m3	Q. 0.49

D. REACTORES DE FLUJO ASCENDENTE

Los datos de operación y mantenimiento, utilizados en el tratamiento de agua residual por M^3 fueron proporcionados por una empresa líder en el mercado local, el cual se mantendrá en discreción.

Tabla de costos de operación y mantenimiento de la empresa anónima.

No.	Costo de la actividad	Monto
1	Operación/m3	Q.020
2	Mantenimiento/m3	Q.0.50
3	Costo/m3	Q.0.70

E. RESUMEN COMPARATIVO DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO UTILIZANDO DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

No	Tipo de tratamiento	Costo / M³
1	LAGUNAS DE ESTABILIZACION	Q. 0.24
2	LODOS ACTIVADOS EMPRESA A	Q.20.00
	LODOS ACTIVADOS EMPRESA B	Q.35.00
3	FILTROS PERCOLADORES	Q. 0.49
4	REACTORES DE FLUJO ASCENDENTE	Q. 0.70

CAPITULO VI

EVALUACIÓN DE LA PLANTA

A. Medición de Caudales

La medición de los caudales se realizó, utilizando una formula empírica experimental denominada la formula de Francis (J. M. Azevedo Netto), en la cual se determina el caudal que esta en función de las siguientes variables, se toma en cuenta que el vertedero es rectangular de pared delgada y sin contracciones, su formula general está dada por la ecuación $Q=1.838 LH^{1.5}$ En donde el caudal estará en L/S, la altura de la vena es H en Centímetros, y L es el ancho del vertedero dado en metros.

Formula de Francis aplicada por metros lineal de vertedero de pared delgada

H, carga del vertedero en centímetros	Q, caudal del vertedero en L/S
1	1.838
1.2	2.41
1.3	2.72
1.4	3.044
1.5	3.37
1.6	3.71
1.7	4.07
1.8	4.43
1.9	4.41
2	5.19
3	9.55

En la siguiente tabla se muestran datos tomados cada 4 horas que son caudales

En época no copiosa, pero debe tomarse en cuenta que el área es tropical y el régimen de lluvias es diferente, algunas veces no determinadas

Hora del aforo	H, carga del vertedero en centímetros, entrada	H, carga del vertedero en centímetros, salida	Q, caudal del vertedero en L/S, entrada	Q, caudal del vertedero en L/S, salida
29MAY20070600	1.6	2.25	3.71	3.90
29MAY2007900	1.8	2.10	4.43	3.52
29MAY20071200	1.5	2	3.37	3.27
29MAY20071500	1.45	1.80	3.20	2.79
PROMEDIOS	1.587	1.537	3.67	3.47

B. Toma de muestras

Se realizó el sistema de muestro compuesto, que consiste tomar una muestra cada 3 horas por un tiempo de 12 horas diarias, se tomaron dos muestras que son representativas de la época del verano una fue realizada el 19MAY2007 y la otra el 13JUN2007, las muestras se conservaron refrigeradas, el numero de muestras fueron 3.

C. Parámetros Físico Químicos de aguas de origen domestico y/o desechos industriales

1.Sólidos

Los sólidos en aguas residuales se encuentran en suspensión, en estado coloidal y disuelto, los parámetros sedimentables y en suspensión son de valor para estimar la cantidad de sedimento que pueda acumularse en una laguna primaria. El componente volátil de los sólidos en suspensión puede ser utilizado para estimar la cantidad de materia orgánica activa (Fabián Yáñez Cossío).

2.Temperatura

La temperatura es un parámetro de mayor importancia en el funcionamiento de las lagunas de estabilización, la constante cinética de primer orden de degradación del sustrato está en función de la temperatura (5 a 35°C). De acuerdo a la ley modificada de Van't Arrhenius, se ha demostrado que el proceso de crecimiento de las algas es máximo en una temperatura entre (5 a 35° C). Para temperaturas

más altas disminuye el crecimiento pero mas allá de los 35 °C el crecimientos en estas disminuye totalmente.

3.Oxigeno disuelto

Debido al proceso de fotosíntesis el proceso de la cantidad de oxigeno puede variar, después del amanecer, el nivel de oxigeno disuelto se incrementa gradualmente hasta llegar al atardecer, disminuyendo al mínimo durante la noche. La posición de la oxipausa (La profundidad a la cual la concentración del oxigeno es cero) cambia en una forma similar. En el pico de la actividad algal, los iones carbonato y bicarbonato reaccionan para proveer mas bióxido de carbono a las algas, produciendo un exceso de iones hidroxilo con lo cual el pH (Potencial de Hidrogeno) se eleva pro encima de 9.

4.Olor

El olor va a depender de la habilidad del sentido del olfato casi siempre es característico a un olor algal.

5.Color

El color se da en UCV(5-50 unidades), sin embargo las lagunas tienen sus colores específicos dependiendo el funcionamiento de las algas por ejemplo: color verde, verde lechoso, café y rojizo que va identificar la eficiencia del sistema o revelara la presencia de algún toxico o mal funcionamiento de la misma.

6.Demanda Bioquímica de oxigeno

Conocida como DBO, esta se determina a los 5 días en botellas que se incuban con diluciones de agua residual y la cantidad de oxigeno consumido, esta prueba es una medida directa de la materia orgánica presente en el desecho.

7.Demanda Química de oxigeno

Conocida como DQO es la cantidad de oxigeno requerida en la oxidación química de la materia orgánica. La relación DQO/DBO=1.7-2.

8. Potencial de Hidrogeno

El potencial de hidrogeno esta dado entre 6.5 a 8, sin embargo puede decirse que un PH de 7.5 es neutro esto puede ser variable por la acción de la algas y la luz.

9. Nitratos, nitritos y fósforo

Parámetros útiles como la cantidad de nutrientes que servirán para verter en los cuerpos receptores, estos elementos nos sirven para no alterar la vida de peces y otras especies.

D. Parámetros determinados en campo

Los parámetros determinados en campo fueron el Oxigeno Disuelto y la Temperatura, utilizando el Espectrómetro, cuyos valores se representan en la siguiente tabla:

ENTRADA		FACULTATIVA		MADURACIÓN		SALIDA		
HORARIO	OD	T	OD	T	OD	T	OD	T
HORAS	mg/L	°C	mg/L	°C	Mg/L	°C	Mg/L	°C
6 AM	1.0	27	4.61	29.9	7.95	29.10	8.53	30
9 AM	0.9	30.20	6	29.8	10	29.9	14.87	32.8
12 PM	1.0	30.00	15	33	20.79	33	17.61	32.40
15 PM	0.79	29.3	11.45	37.20	21.64	32.40	17.20	32
Media	0.92	29.12	9.26	32.47	15.095	31.10	14.55	31.8

E. Parámetro Bacteriológico

1. Coliforme fecal

Son las bacterias que forman parte del grupo coliforme total, que fermentan lactosa con producción de gas a $44^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ en un periodo de $24 \text{ h} \pm 2\text{h}$, cuando se investiga por el sistema de tubos múltiples de fermentación.

2. Escherichia coli

Son bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como manitol a 44°C o 44.5°C con producción de gas y que también produce indol a partir de triptófano, la confirmación

de que en verdad se trata de *Escherichia coli*, se logra mediante la prueba con el indicador de rojo metilo, la comprobación de la ausencia de síntesis de acetilmetocarbinol y de que no se utiliza en citrato como única fuente de carbón , la *Escherichia Coli*, es el mejor indicador de contaminación fecal.

C A P I T U L O V I I
ANÁLISIS DE LABORATORIO

A. Análisis Físico Químico y Bacteriológico

Los criterios de calidad microbiológica sirven como controlador, la protección de la salud y los de calidad Fisicoquímica, son para mantener la salud de la plantas y mantener el rendimientos de los cultivos.

Los análisis Físico Químico de aguas Residuales de origen domestico y/o desechos industriales de las muestras compuestas de la laguna de estabilización dieron los siguientes resultados en la entrada y salida de planta:

Parámetros	Entrada	Salida
Color	Unidades	Unidades
Olor	Ligera mat. organ.	Ligera mat. organ.
Sólidos Totales	512 mg/L	342 mg/L
Sólidos Disueltos	322 mg/L	155mg/L
Sólidos sedimentables	01.15 Cm ³ /Litro en una hora	00.10 Cm ³ /Litro en una hora
DBO ₅	200 mg/L	46.5 mg/L
DQO	443 mg/L	332 mg/L
Fosfatos	01.715 mg/L	01.715 mg/L
Nitratos	05.15mg/L	0.0025mg/L
Nitritos	0.019 mg/L	00.006mg/L
PH	7.55 Unidades	10.36 Unidades
Coliformes totales	≥ 16X10 ⁷ /100 Cm ³	10X10 ² /100 Cm ³
Coliformes fecales	≥24X10 ⁷ /100 Cm ³	2X10 ² /100 Cm ³

B. Eficiencia de la planta

La remoción de los parámetros del agua determinados en el laboratorio dan una idea de la remoción de materia orgánica la planta de tratamiento en cuanto a la DBO₅ donde la eficiencia oscila en un 69% que nos indica que

chequea con el diseño que es del 70%, en el caso del la DQO, la eficiencia es 25%, y en el caso del coliformes totales y fecales los resultados son satisfactorios que ya remueven 5 potencias.

C. DISCUSION DE RESULTADOS

Se discutirán los parámetros más importantes de remoción de la planta de tratamiento que a continuación se detallan

$$\text{REMOCION (\%)} = (\text{ENTRADA-SALIDA}) / (\text{ENTRADA}) * 100$$

Parámetros	Entrada	Salida	% Remoción
Color	Unidades	Unidades	SIMILAR
Olor	Ligera mat. organ.	Ligera mat. organ.	SIMILAR
Sólidos Totales	512 mg/L	342 mg/L	33.22%
Sólidos Disueltos	322 mg/L	155mg/L	51.86%
Sólidos sedimentables	01.15 Cm ³ /Litro en una hora	00.10 Cm ³ /Litro en una hora	91%
DBO ₅	200 mg/L	45.10 mg/L	77.5%
DQO	443mg/L	332mg/L	25%
Fosfatos	32 mg/L	1.67mg/L	94%
Nitratos	5.0mg/L	0.06mg/L	98%
Nitritos	0.019 mg/L	00.006mg/L	0.68%
PH	7.64 Unidades	10.36 Unidades	ACIDO
Coliformes totales	≥ 16X10 ⁷ /100 Cm ³	10X10 ² /100 Cm ³	5 POTENCIAS
Coliformes fecales	≥24X10 ⁷ /100 Cm ³	2X10 ² /100 Cm ³	5 POTENCIAS

Lo importante de la discusión de los resultados es lo siguiente:

1. Que la DBO está siendo removida según la hipótesis
2. Que la DQO, no está siendo removida según la hipótesis, ya que existen factores externos, como el vertido de aceites y grasas saturadas provenientes de las trampas de grasas de cocina por mal manejo del operador.
3. El potencial de hidrogeno se mantiene normal, en la laguna.
4. Los Fosfatos y Nitratos están siendo removido de la planta de tratamiento, aun con la ausencia de plantas acuáticas.
5. Los Gérmenes coliformes están siendo removidos 5 potencias lo que hace que el numero más probable sea menor que 1000.
6. El oxigeno disuelto es mayor de 5 mg/l debido a la acción de la algas, lo que es una condicionante positiva para la vida de peces y otras especies acuáticas.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

- A. La remoción de microorganismos oscila entre $16 \times 10^7 / 100 \text{ Cm}^3$ hasta $4 \times 10^2 / 100 \text{ Cm}^3$ producto de la estabilización de la materia orgánica, de la actividad de la radiación solar en el agua que sirve de base del proceso de desinfección.
- B. La eficiencia de remoción de la materia orgánica es de un 69 % y según los criterios de diseño oscila en un 70%, por lo que se puede concluir que la laguna se encuentra en buen estado físico y en condiciones aceptables de funcionamiento.
- C. Los parámetros de remoción desde el punto de vista microbiológicos están siendo removidos, ya que el número más probable de Gérmenes Coliformes / 100 Cm^3 , son menores de 1000, lo que garantizan la seguridad sanitaria del personal de la Brigada. $4 \times 10^2 / 100 \text{ Cm}^3$
- D. Las cantidades de Oxígeno Disueltos producidos en la salida de la planta garantizan la vida en el agua de peces y otras especies acuáticas, estos son mayores de 5 Mg/L
- E. La DQO, determinada en la salida de la planta es demasiado alta (332 mg/L), debido, que las grasas compactadas en las trampas de grasas son mal manejadas por el personal de mantenimiento de la Brigada Militar, así mismo parcialmente los aceites de los talleres mecánicos, son descargados en las lagunas, observándose los mismos en pequeños trozos compactados de grasas, flotando en el interior de estas y se encontró algunos filtros de aceite de vehículos, flotando, en las lagunas.
- F. El Fosforó y los Nitratos están siendo removidos por la planta de tratamiento.
- G. Por ausencia de una contrancuneta de concreto, se ha producido arrastre de agua a la laguna, afectando la calidad de la misma en época de copiosa, ya que existe una dilución y arrastre de sólidos que inhiben la actividad de la misma.

- H. La presencia de vida acuática en las lagunas, como peces, batracios, insectos, aves, y algunos reptiles, son una muestra de que la calidad del agua en las mismas es aceptable, ya que estos son indicadores naturales del adecuado tratamiento de las aguas residuales.
- I. La calidad Físico Química del agua producida garantiza el uso para el riego, ya que protege a las especies vegetales y la producción de estas, los bosques tropicales, en esta área son Latifoliados (Cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Swtenia macrophyla*), Cola de coche (*Swtenia panamensis*) rossul Palo blanco (*Tabebuia donnel-smithii*) tamarindo (*Dialium guianensis*) , santa maría (*Calophyllum brasilensis*), y sangre, Canxán.
- J. La contribución de este sistema analizado desde el punto de vista energético, es que no se utiliza energía, para el tratamiento de agua residual, el costo de producción de un metro cubico de agua tratada es de Q.024, que es el más barato comparado con otros métodos de tratamiento.
Las lagunas representan una tecnología que no necesita energía fósil y eléctrica para su funcionamiento, siempre y cuando se evite el bombeo,

C A P I T U L O I X

RECOMENDACIONES

- A. Es necesario que cuando se realice el mantenimiento de las trampas de grasas en los comedores del personal, se remueva la grasa compactada, ya que actualmente se está vertiendo esta al sistema lagunar en forma de trozos, además, se vierte por medio del drenaje aceites procedentes de los talleres mecánicos apreciables en la misma, ya que este tratamiento no remueve este tipo de residuo.
- B. El agua la salida de la planta de tratamiento puede disponerse en época de estiaje, ya que su calidad Físico Química del agua producida garantiza el uso para el riego, ya que protege a las especies vegetales y la producción de estas, los bosques en esta área son Latifoliados (Cedro (Cedrela odorata), caoba (Swtenia macrophyla), Cola de coche (Swtenia panamensis) rossul (Dalbergia sp.) Palo blanco (Tabebuia donnel-smithii) tamarindo (Dialium guianensis) , santa maría (Calophyllum brasilensis), sangre, canxán. (Cabrera G, Morales D.,1996).
- C. El excedente de lodos, debe eliminarse cada 5 años, para mantener el tirante de agua de diseño.
- D. Debe realizarse las obras Civiles que están pendiente de construir, La cuneta, para evitar que se arrastre sólidos a la lagunas, mismos que pueden reducir el tirante de diseño del sistema facultativo, es necesario la construcción de cercas para no permitir el ingreso de intrusos al área, protegiendo a estos de algunos patógenos nocivos a la salud por ingerir el agua de la laguna.
- E. Deberá implementarse el plan de mantenimiento de la planta de tratamiento para garantizar su eficiencia y funcionamiento, para proteger los sistemas ambientales del la Biosfera, ya se está encuentra construida en un área ambientalmente sensible.

- F. Es necesario la siembra de plantas acuáticas, para la remoción de metales pesados, ya que estas se fijan a la planta y en la época de maduración se retiran de la laguna, con ello se garantiza su remoción.

- G. Cuando se decida hacer un tratamiento de agua residual es muy importante evaluar la eficiencia y los costos de construcción, operación y mantenimiento, con el fin de ahorrar costos y energía.

CAPITULO X

BIBLIOGRAFÍA

- A. Yáñez Cossío Fabián, Lagunas de Estabilización, Teoría, Diseño, Ecuador JUN1993, Imprenta Monsalve.
- B. León, S. Rodolfo, Curso corto de Lagunas de Estabilización, Guatemala, 1997.
- C. Rojas, Jairo, Tratamiento de Aguas Residuales por Lagunas de Estabilización, México, Tercera Edición, editorial Alfaomega,
- D. Metcalf y Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización, México, 1996, McGraw-Hill
- E. W. Fresenius y W. Schneider, Manual de Disposición de Aguas Residuales, GTZ (Cooperación Técnica, República Federal de Alemania), Perú, 1991.

CAPITULO XI

ANEXO

MANUAL Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

A. Introducción

Un gran número de lagunas han sido abandonadas en los países en desarrollo, no por fallas en su diseño, sino por la falta de previsión con las tareas de operación y mantenimiento, en estas lagunas se pudo apreciar la falta de una voluntad de asignación de recursos económicos y humanos. Estos problemas no son exclusivos de las instalaciones de las lagunas de estabilización, también son marcados en los bienes inmuebles, en donde se invierten recursos hasta su inauguración, pensando en que su tiempo de vida sea realmente faraónico, sin embargo es necesario que se reflexione en la protección de capital invertido, hoy en día es necesario construir lagunas cuyo valor presente que normalmente puede ascender a ciento de miles de quetzales.

B. Objetivos generales

1. Que el proceso de tratamiento se lleve a cabo en forma eficiente.
2. Contribuir con la gestión ambiental, no alterando los sistemas ambientales (Edáfico, Lítico e Hídrico)
3. Proteger los cuerpos receptores del área. (Ríos, lagos, océano o cuerpos de agua)

C. Objetivos Específicos

1. Que el Operador de la planta de tratamiento conozca las operaciones de rutina.
2. Que los técnicos especializados en Ingeniería Sanitaria, realicen las pruebas mínimas al sistema de tratamiento, para realizar las correcciones que la cinética del tratamiento demande en el proceso de tratamiento.

3. Que este manual se encuentre en un lenguaje simple, sin que pierda su objetivo fundamental, que este al alcance de todos para poder poner en marcha cualquier acción en beneficio del sistema de tratamiento.
4. Que el agua tratada sirva exclusivamente para riego y que sirva como hidratador al bosque tropical lluvioso en época seca, y si no fuere este el caso se tratará de descargar a cuerpos receptores sin alterar la calidad de los mismos

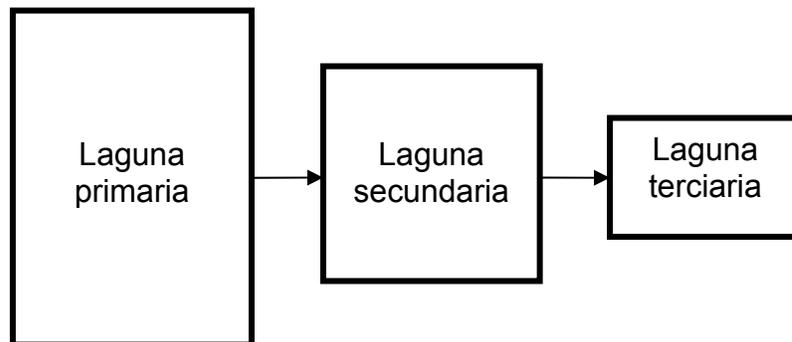
D. Operaciones de Rutina

Se define una operación de rutina, aquella que tiene como objetivo la observación y control de los sucesos en la planta, perfilar el mantenimiento rutinario, debido al uso de la misma, que es puramente el mantenimiento de la misma, para que el tratamiento no se altere por la omisión del tratamiento general, cuya responsabilidad se le asigna al operador de la planta cuyo perfil escolar solo sea el sexto año de primaria, que sepa nadar y que sea sano y que realice tareas específicas que a continuación se detalla;

1. **CANALES DE ENTRADA:** los canales deben permanecer limpios, sin material de flotación que interrumpa la circulación del agua residual, su estructura debe estar en buen estado, no rajadas ni con deterioro considerable.
2. **CAJAS DE ENTRADA, INTERCONEXIÓN Y SALIDA DE LAS LAGUNAS:** Tienen el objeto de servir para inspección del sistema y control del mismo, muchas veces se encuentran dispositivos de control, como los vertederos, rejillas metálicas, desarenadores, pero como el fin primordial de estas cajas es ejercer el control del fluido y fluidez del agua residual en la planta, debe chequearse que no existan taponamientos en ninguna caja, ya sea de entrada de interconexión o de salida.
3. **REJILLAS:** Diseñadas para mantener el control dejar pasar material flotante, ya que este es una obstrucción al sistema de tratamiento del agua residual, estas deben permanecer intactas, y su mantenimiento

consiste en aplicarles pintura anticorrosivo en forma periódica o reemplazarlos con el tiempo si se destruyen con el tiempo.

4. **VERTEDEROS:** son estructuras metálicas que permiten controlar el caudal que pasa por medio de ese dispositivo, pueden ser de pared delgada metálicos, es necesario controlar que sus componentes se encuentren en buen estado, es necesario limpiarlos en forma periódica debe chequearse su estructura en planos o preguntar al ingeniero encargado o en última instancia al Cuerpo de Ingenieros del Ejercito.
5. **COLOCACIÓN DE LAS LAGUNAS:** Las lagunas de estabilización pueden estar dispuestas en paralelo, generalmente, esta funcionando tres, primero entra el agua procedente del ultimo pozo de visita del sistema de drenajes a la laguna primaria, luego llega por rebalse a la segunda laguna y de la misma forma llega a la tercera, luego el agua se descarga al cuerpo receptor (Riío, lago, o algún cuerpo de agua).



6. **POZO DE VISITA:** Es una estructura redonda y cilíndrica, de concreto o de levantado de ladrillo que sirve para inspeccionar el agua residual del sistema de drenaje, sirve también para brindar el mantenimiento y limpieza a la tubería del mismo.
7. **CUERPO RECEPTOR:** El lugar se desfogan las aguas residuales tratadas, generalmente pueden ser ríos, lagos, el mar o cualquier cuerpo de agua.

8. **FORMA DE LAS LAGUNAS:** Generalmente son rectangulares pero pueden asemejarse a una forma cuadrada.
9. **TALUDES O DIQUES DE LAS LAGUNAS:** los taludes pueden ser de concreto o de concreto ciclópeo (mampostería de piedra con concreto, en el caso del concreto debe repararse los deterioros con concreto utilizando aditivos como epoxicos, si el talud es de piedra debe sanearse el área y restituirse el concreto ciclópeo, deben estar limpios de vegetación nativa, en casos de la sisas debe removerse y restituirse el material elastomérico.
10. **CERCOS, O MALLAS:** Se debe realizar el chequeo del buen estado físico de las mallas, cercas, o alambradas, restituyendo todo aquel materia metálico, postes o cualquier estructura en mal estado, la malla de ser posible debe estar colocado a la periferia de la misma, y con una puerta con su respectivo candado.
11. **CONTRACUNETAS:** Se verificara que si existe esta, deberá de estar libre de sólidos, no quebrada, esta tiene el fin de conducir el agua pluvial para que no ingresa en la planta de tratamiento.
12. **PARTE DE LOS TALUDES DESNUDOS:** Es la parte de talud que no está cubierta de concreto armado o ciclópeo, se encuentra recubierto normalmente por grama nativa, sin crecimiento desmesurado, debe chapearse en forma constante, no debe desraizarse ningún arbusto ya que estas amarran la estructura del suelo.
13. **COLORACIÓN DEL AGUA DE LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN:** El agua debe de apreciarse de un color verde algoso, un poco lechoso, de un olor a vegetal, la presencia del color verde lo genera la presencia de algas verdes en el agua, misma que produce oxigeno disuelto al agua residual.
14. **PLANTAS EN LA LAGUNA:** La plantas en las lagunas serán residentes exclusivas de las lagunas terciaria o sea la tercera laguna del sistema de lagunas, estas tiene el objetivo de remoción del fósforo, hierro, manganeso y otros metales pesados clásicos de las aguas

residuales, el tipo de plantas podrá ser **La Ninfa Acuática, el Tul, y Los Nardos Acuáticos**. La remoción de las plantas acuáticas debe realizarse, después que las mismas tengan la madurez alcanzada durante su periodo de crecimiento (cuando tienen flor), si estas no se eliminan y mueren dentro de la laguna, regresarán al agua residual todo lo removido durante toda su vida, si no existiere una tercera laguna podrá sembrarse en la segunda laguna las mismas.

15. **PROBLEMAS DE CARGA EN LAS LAGUNAS:** El problema de que el caudal se pueda reducir en las lagunas es que habrá menos cantidad de agua en el área lagunar, provocando que se generen poblaciones grandes de pulgas de agua, mismas que al morir generan malos olores en esta área, este problema se puede atacar con la siembra de peces carnívoros para la eliminación de estas.
16. **LIMPIEZA DE LODOS:** el lodo, conocido también como lodo activado, porque contiene todos los elementos iniciadores para la remoción el agua residual en la laguna, debe limpiarse, ya que este se va sedimentando en las mismas en capas que reducen el tirante de agua de la laguna. La limpieza debe efectuar cuando el lodo ocupe la tercera parte del volumen total de la laguna esto ocurre en n años y podrá ser estimada por el ingeniero sanitario guiándose si fuere muy difícil estimarlo por simple inspección por la siguiente **formula** $n = V / (3 * P * S)$, en donde se expresa **S** como **V** como volumen en metros cúbicos, **P** como la población servida expresada en habitantes y **S** tasa de acumulación del lodo en $m^3/Año$, también puede expresarse como $0.04m^3/habitante\ año$. El mecanismo para medir el lodo podrá utilizarse una vara pintada de blanco o forrada con tela blanca, la idea es que se deje marcada la altura en el elemento que se utilice para chequear la altura del lodo.

17. **CUADRO DE OBSERVACIÓN DE RUTINA:** Tienen como objetivo las actividades de inspección diaria, y que se tenga un historial del comportamiento de la laguna.

OBSERVACIONES DE CAMPO EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN

Nombre La Planta de tratamiento	
Lugar	
Fecha de Inspección	
Nombre del operador	
Institución que realiza La Inspección	
Cuadro de observación de las lagunas de Estabilización	
aspectos	comentarios
Apariencia	
Verdosa	
Verde Lechosa	
Café	
Rojiza	
Lodos Flotantes	
Ausentes	
Ligeros	
Apreciables	
Natas Vegetales	
Ausentes	
Ligeras	
Considerables	
Tipo de plantas en la laguna	
Lemma	

Jacinto	
Totora	
Otra	
Vegetación en los diques	
Ausente	
Ligera	
Abundante	
Olor	
Inodoro	
Ligero	
Apreciable	
Problemas en diques	
Grietas	
Hoyos	
Erosión	
Vertederos	
Fauna	
Otro	
Comentarios extras	
Nombre y firma del usuario de este Formato	

E. Operaciones anuales

Se define aquellas cuyo objetivo es verificar la eficiencia de la planta a través de ensayos de laboratorio, ensayos en el campo y proteger la vida útil de la misma, será realizado por Ingeniero Civil, con Maestría en Ingeniería Sanitaria, que trae tareas específicas anuales y que a continuación se detalla:

1. Utilizar el cuadro de Observaciones de campo en las lagunas de estabilización;
2. Realizar las pruebas de caudal en las entradas y salidas de cada reactor hidráulico de la planta de tratamiento.
3. Realizar los ensayos de los parámetros físicoquímico que demuestren la eficiencia de remoción de la planta;
4. Si el Ingeniero Sanitarista, determinase que es necesario realizar muestras compuestas, deberá llevarlas a cabo. (Muestras cada 3 horas durante 12 horas).
5. El laboratorio a remitir para las muestras, será el Laboratorio de Química y Microbiología del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la USAC, por el crédito de la calidad de este centro técnico consultivo.
6. El Ingeniero Sanitarista Tendrá derecho a que se le proporcione el hielo que el estime para el transporte de las muestras por parte del Comando Militar.
7. Las reparaciones a realizar serán evaluadas y aprobadas por el Ingeniero Sanitarista anualmente.
8. El Ministerio de la defensa Nacional, ordenara que se erogue los fondos para realizar los muestreos y de mantenimiento anual.

PRESUPUESTO ESTIMADO DE OPERACIONES ANUALES

No.	Personal del proyecto	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Ingeniero Sanitario *	1	Unidad	Q	Q
2	Operador **	1	Unidad	Q	Q
3	Laboratorio***	1	Muestra	Q. 1,000.00	Q. 1,000.00
4	Equipo para personal	1	Unidad	Q. 855.00	Q. 855.00
5	Materiales	1	Global	Q. 1,480.00	Q. 1,480.00
6	Combustibles y lubricantes*	1	Global	Q. 2920	Q. 2,920.00
TOTAL					Q. 6,255.00

1. Este costo podría ahorrarse con la utilización de personal de la IGE o CIE "TCIFVA".
2. El operador debe nombrarse del Comando Militar, será un Especialista presupuestado u Operario, su sueldo lo paga el Ministerio de la Defensa Nacional.
3. El costo será pagado al laboratorio de química y microbiología de la facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. Este personal será de tropa dirigida, para no causar algún daño a la planta por desconocimiento.
5. El tiempo de ejecución en campo es de 2 días para laboratorio, lo de más será coordinado con la Brigada Militar.
6. Una vez cada 5 años.

F. Mantenimiento Anual:

Debe contener todos los requerimientos para resguardar la salud sanitaria del personal y contener los recursos para la restitución o reparación de la obra civil de la planta de tratamiento

Cuadro de Recursos para la seguridad sanitaria del personal

No	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Guantes de hule	3	Pares	Q. 15.00	Q. 45.00
2	Botas de hule altas	5	Pares	Q.125.00	Q. 625.00
3	Jabón antibacterial	1	Litro	Q.125.00	Q. 125.00
4	Cloro	i	Litro	Q. 60.00	Q. 60.00

Cuadro de Recursos para reparación de la obra de ingeniería civil de la planta

No	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Cemento	10	Sacos	Q. 50.00	Q. 500.00
2	Piedrín	3	M ³	Q.120.00	Q. 360.00
3	Arena de río	2	M ³	Q.160.00	Q. 320.00
4	Material para formaleta y otros	1	Global	Q.300.00	Q. 300.00

Cuadro de Recurso Humano

No	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Albañil	3	Unidad		
2	Fontanero	1	Unidad		
3	Tropa*	10	Unidad		

***será proporcionada por el Comando Militar.**

Requerimientos necesarios la limpieza del excedente de los cada cinco años en las lagunas de estabilización.

Cuadro de Combustibles y lubricantes se fuere necesario

No	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Diesel	100	Galón	Q. 23.00	Q. 2300.00
2	Aceite hidráulico	5	Galón	Q. 90.00	Q. 450.00
3	Lubricantes	1	Galón	Q.125.00	Q. 125.00
4	Otros	1	Litro	Q. 45.00	Q. 45.00

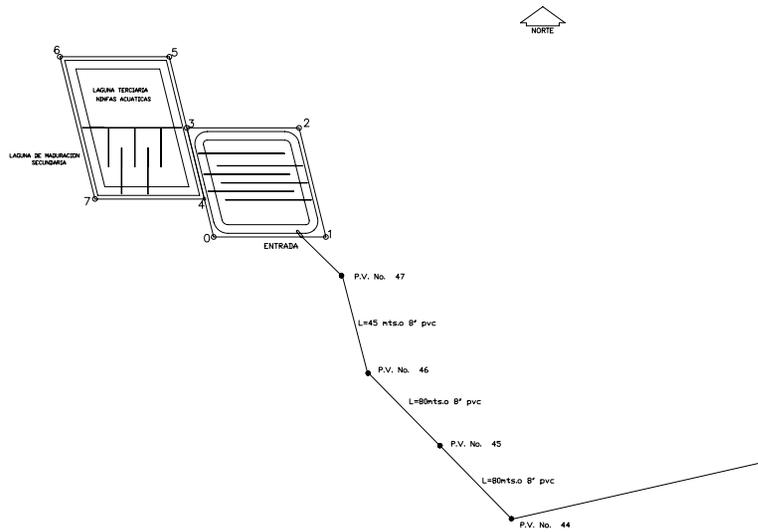
G. CONSTRUCCIÓN DE OBRA CIVIL PENDIENTE:

La construcción de cuneta de agua pluvial, es necesario, para evitar una avenida arrastre los sólidos al interior de las lagunas, lo que dificultaría el

procesos de remoción, que se realizan en las mismas, generalmente se arrastran arenas, que son materiales inertes, por lo que se tiene un presupuesto de los materiales para la construcción de la misma.

CUNETA PARA AGUAS PLUVIALES (150 metros lineales de 0.40 m. X0.40 0.40m.).

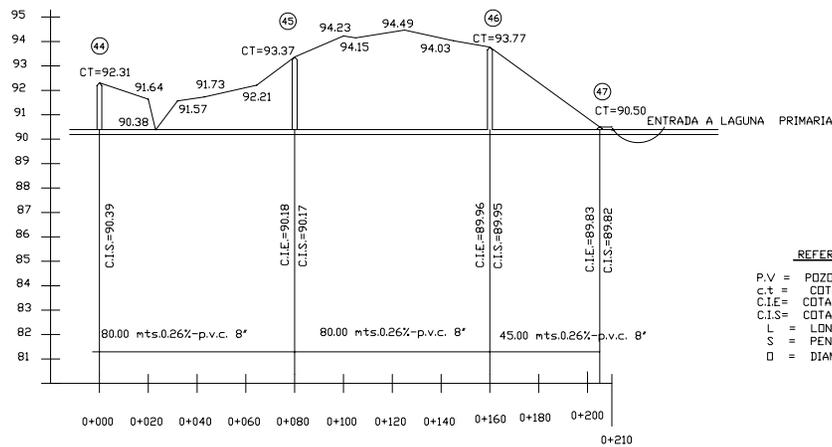
No	Descripción	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total
1	Piedrín	10	M ³	Q.160.00	Q1600.00
2	Arena de rio	10	M ³	Q.200.00	Q2000.00
3	Cemento gris	100	Sacos	Q. 50.00	Q5000.00
4	Estructomalla	13	Unidades	Q.225.00	Q2925.00
5	Otros	1	Global	Q.800.00	Q800.00
	Total				Q12,325.00



NOMENCLATURA	
	TUBERIA PVC 8"
	POZO DE VISITA
	ENTRADA

PLANTA DE CONJUNTO

ESCALA 1/2000



REFERENCIAS

- P.V. = POZO DE VISITAS NO.
- CT = COTA DE TERRENO
- C.I.E = COTA INVERT DE ENTRADA
- C.I.S = COTA INVERT DE SALIDA
- L = LONGITUD DE TUBERIA
- S = PENDIENTE DE TUBERIA EN %
- D = DIAMETRO DE LA TUBERIA EN PULGADAS

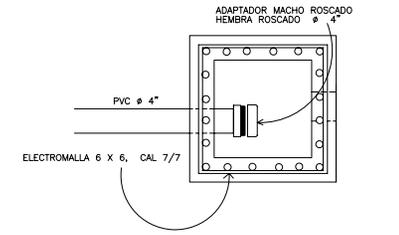
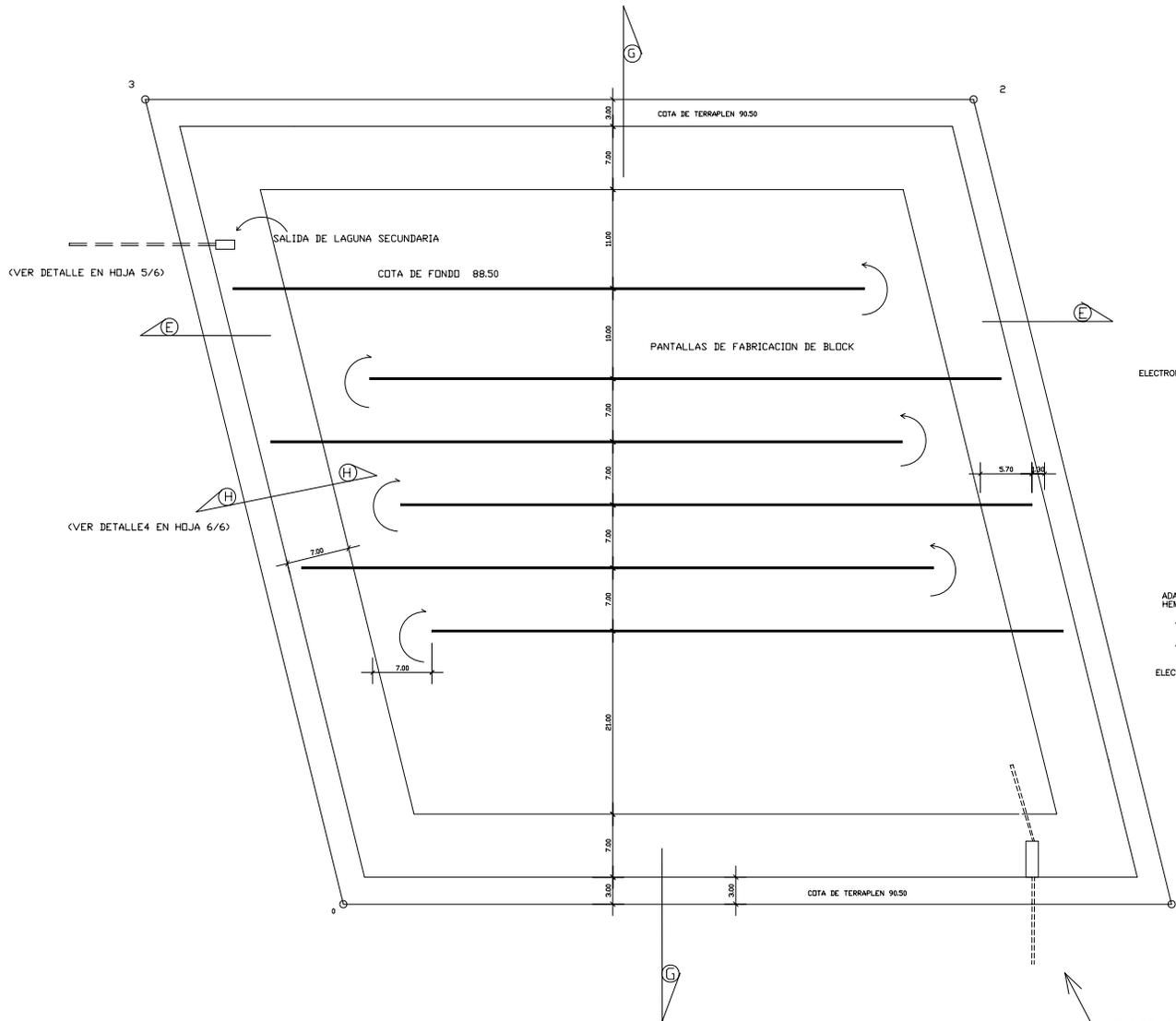
PERFIL

ESCALA 1/100
ESCALA 1/1000

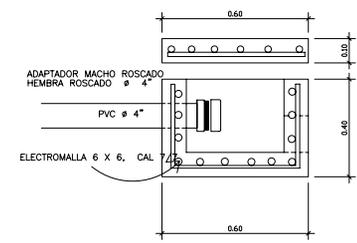
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA" SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA G-3		
Proyecto: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS REGION MILITAR II GENERAL LUIS GARCIA LEON		
Contiene: INTERCONEXION RED DE DRENAJES Y LA LAGUNA DE ESTABILIZACION		
Diseño: ING. ARTURO PASOS SOSA †		
Modifico: ING. RAFAEL MORALES		
Revisó: ING. RAFAEL MORALES		
Dibujó EDUARDO REYES †		
Escala: INDICADA	Fecha: JUNIO/2007	HOJA
1		7
JEFE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		OFICINA DE OPERACIONES
COMTE DEL C.I.E.		



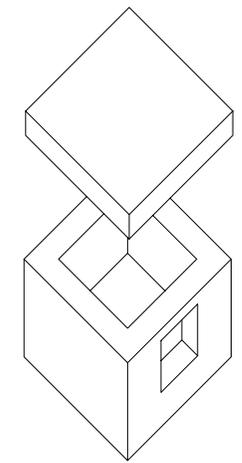
EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
1	2	346°09'48"	92.00
2	3	270°00'00"	92.00
3	0	166°09'48"	92.00
0	1	90°00'00"	92.00



PLANTA DE CAJA DE REGISTRO
ESCALA 1/10



SECCION DE CAJA DE REGISTRO
ESCALA 1/10

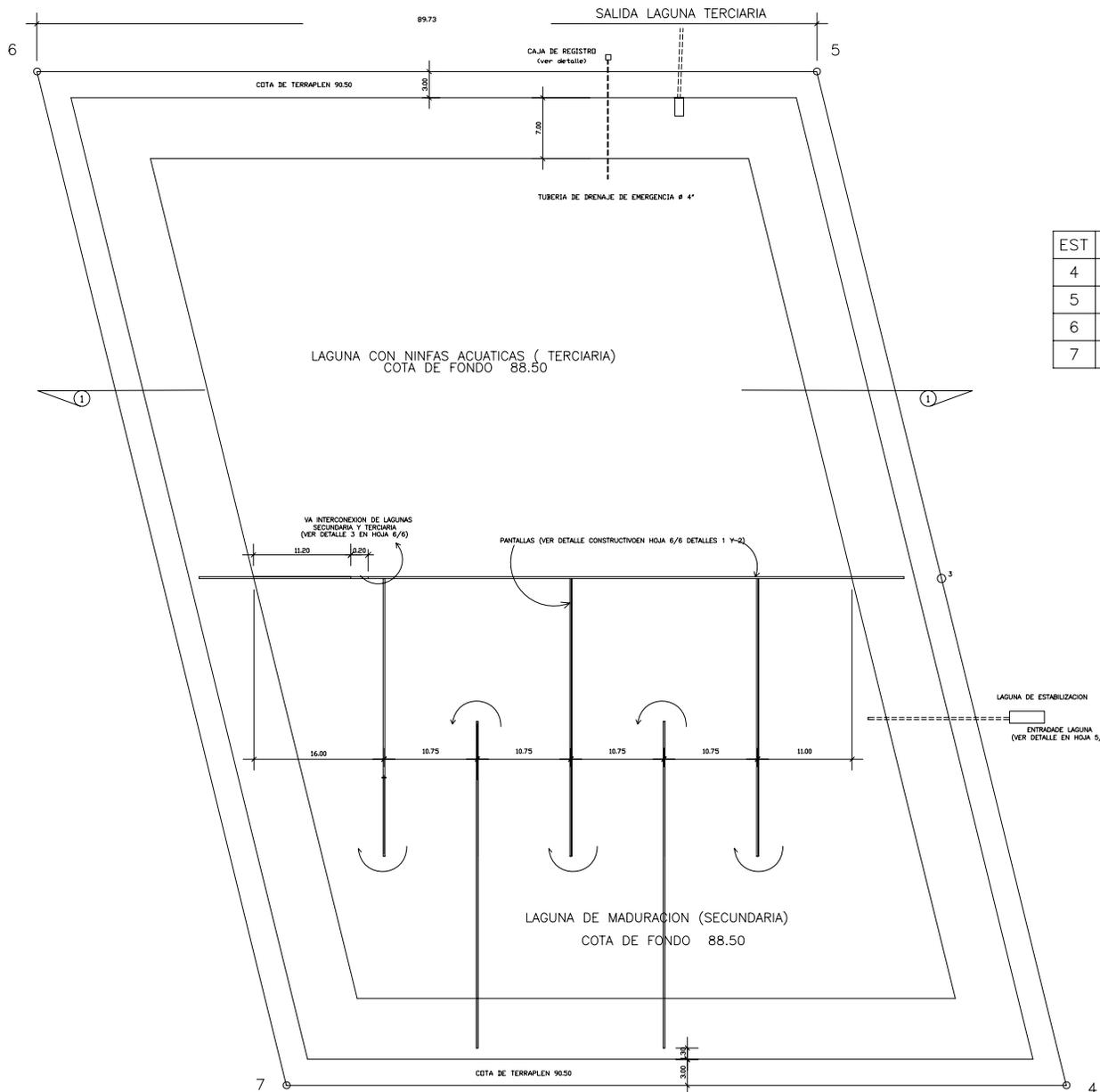


ISOMETRICO
ESCALA 1/10

PLANTA DE LAGUNA DE ESTABILIZACION (PRIMARIA)

ESCALA 1/250

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA" SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA G-3		
Proyecto: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS REGION MILITAR II GENERAL LUIS GARCIA LEON		
Contiene: LAGUNA PRIMARIA DE ESTABILIZACION		
Diseño: ING. ARTURO PASOS SOSA †		
Modifico: ING. RAFAEL MORALES		
Revisó: ING. RAFAEL MORALES		
Dibujó EDUARDO REYES †		
Escala: INDICADA	Fecha: JUNIO/2007	HOJA
JEFE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		OFICIAL DE OPERACIONES
COMTE. DEL C.I.E.		2 / 7

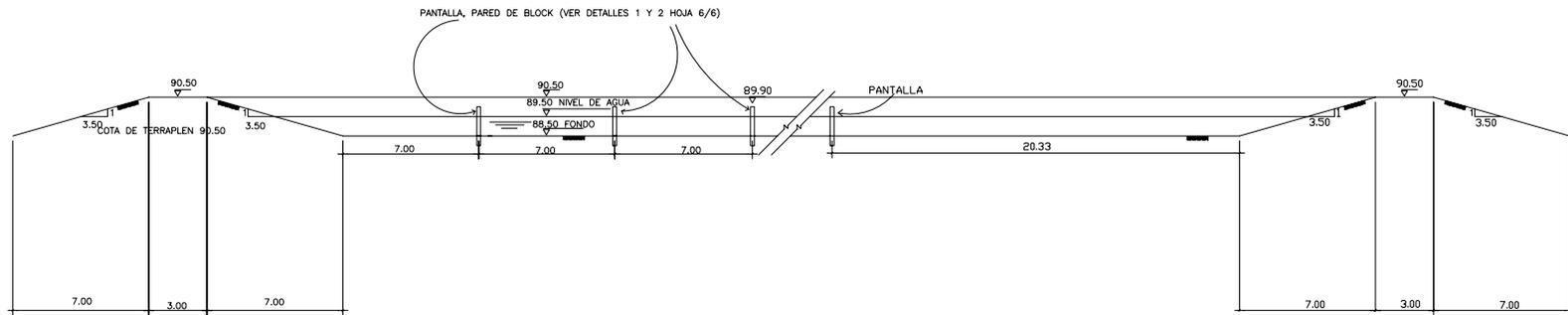


EST	PO	AZIMUT	DISTANCIA
4	5	346°09'48"	120.00
5	6	270°00'00"	90.00
6	7	166°09'48"	120.00
7	4	90°00'00"	90.00

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

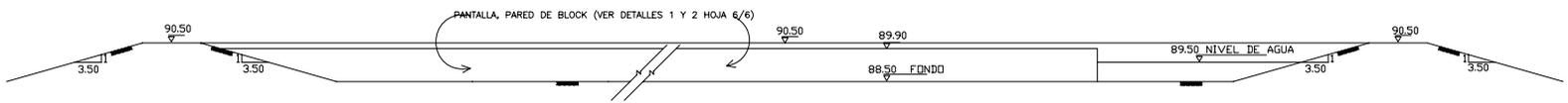
ESCALA 1/250

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA" SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA G-3	
Proyecto: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS REGION MILITAR II GENERAL LUIS GARCIA LEON	
Contiene: LAGUNAS SECUNDARIA (MADURACION) Y PLANTA TERCIARIA CON JACINTOS.	
Diseño:	ING. ARTURO PASOS SOSA †
Modifico:	ING. RAFAEL MORALES
Revisó:	ING. RAFAEL MORALES
Dibujó	EDUARDO REYES †
Escala:	INDICADA
Fecha:	JUNIO/2007
<small>JEFE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA</small> <small>JEFE DE OPERACIONES</small> <small>COMTE. DEL C.I.E.</small>	
HOJA 3 / 7	



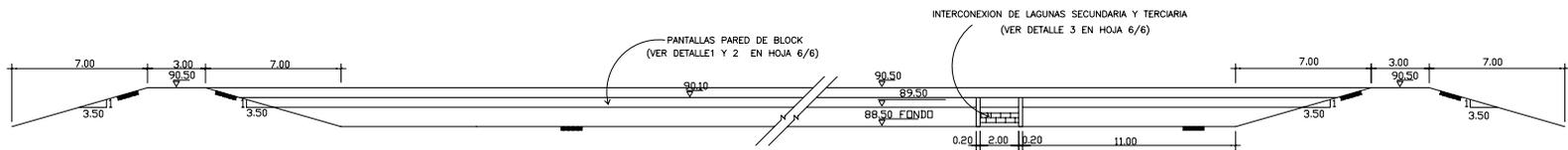
CORTE G-G LAGUNA PRIMARIA

ESCALA 1/125



CORTE E-E LAGUNA PRIMARIA

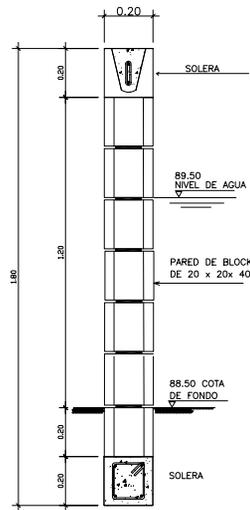
ESCALA 1/125



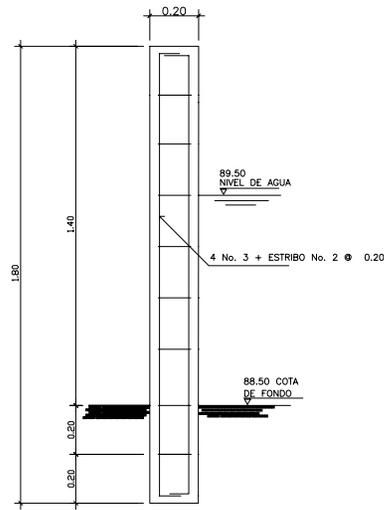
CORTE I-I LAGUNA TERCARIA CON JACINTOS

ESCALA 1/125

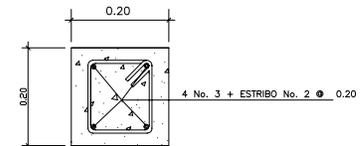
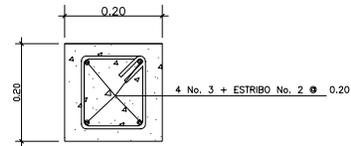
CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"		
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA G-3		
Proyecto: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS REGION MILITAR II GENERAL LUIS GARCIA LEON		
Contiene: PERFILES HIDRAULICOS		
Diseño: ING. ARTURO PASOS SOSA †		
Modifico: ING. RAFAEL MORALES		
Revisó: ING. RAFAEL MORALES		
Dibujó EDUARDO REYES †		
Escala: INDICADA	Fecha: JUNIO/2007	HOJA
OFICINA DE INGENIERIA		4 / 7
OFICINA DE OPERACIONES		
CORTE DEL C.I.E.		



DETALLE 1 PARED DE PANTALLA
ESCALA 1/10

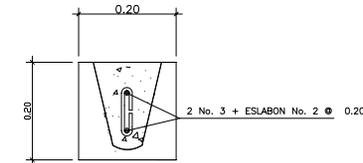


DETALLE 2 COLUMNA DE REFUERZO
DE PANTALLA A CADA 2 mts.
ESCALA 1/10

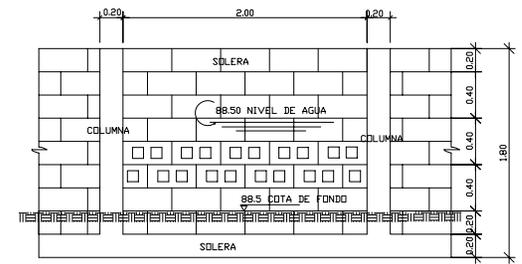


CIMIENTO SOLERA S COLUMNA
SECCION TRANSVERSAL

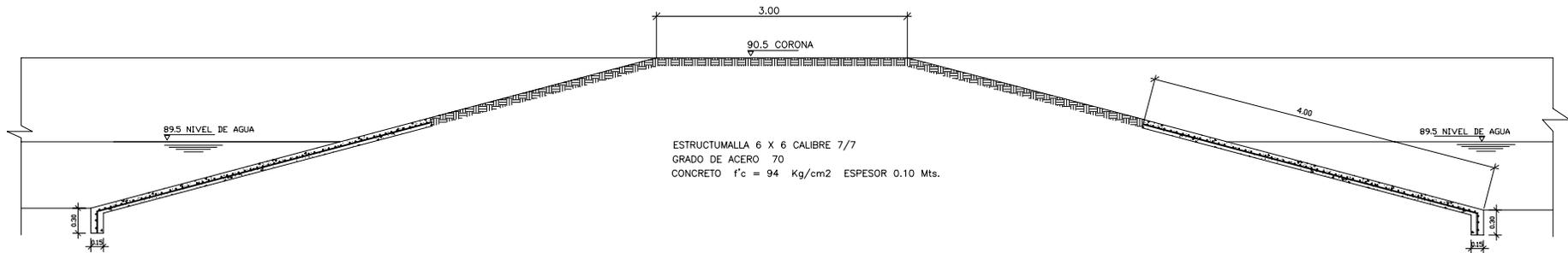
ESCALA 1/5



DETALLE BLOCK "U"
ESCALA 1/5



ELEVACION INTERCONEXION, LAGUNA SECUNDARIA
LAGUNA CON JACINTOS
ESCALA 1/20

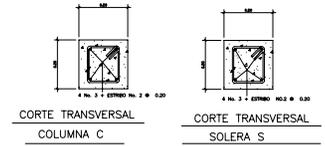
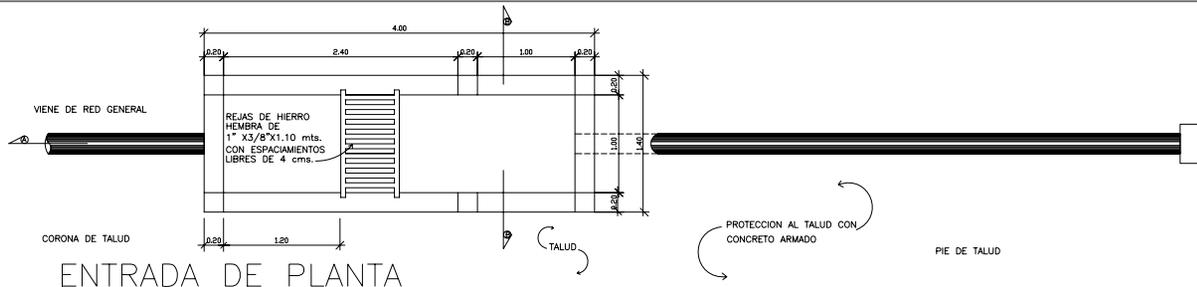


ESTRUCTUMALLA 6 X 6 CALIBRE 7/7
GRADO DE ACERO 70
CONCRETO $f'_c = 94$ Kg/cm² ESPESOR 0.10 Mts.

SECCION TRASVERSAL PROTECCION DE TALUD

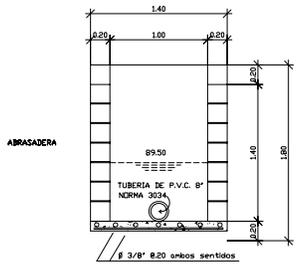
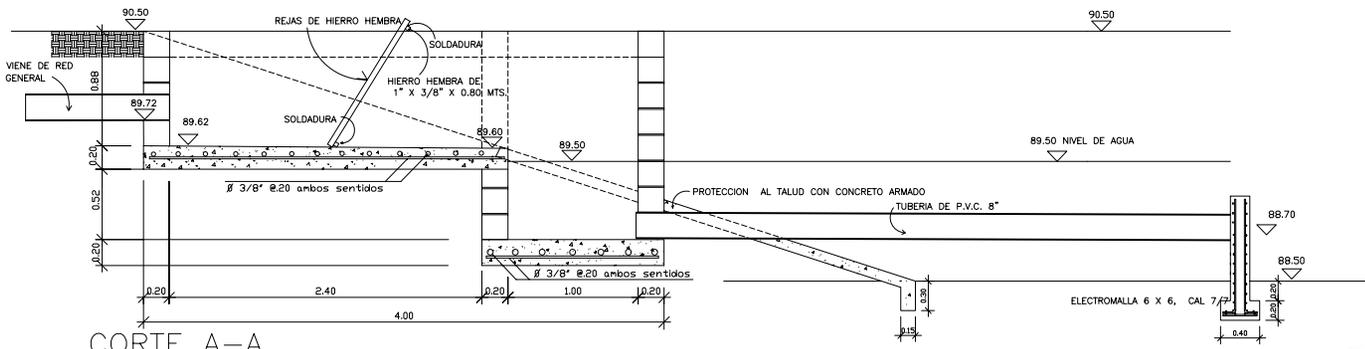
ESCALA 1/25

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA"	
SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA G-3	
Proyecto: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS REGION MILITAR II GENERAL LUIS GARCIA LEON	
Contiene: DETALLES DE PROTECCION DE TALUD Y PANTALLAS	
Diseño: ING. ARTURO PASOS SOSA †	
Modifico: ING. RAFAEL MORALES	
Revisó: ING. RAFAEL MORALES	
Dibujó EDUARDO REYES †	
Escala: INDICADA	Fecha: JUNIO/2007
JEFE DEPTO. DE INGENIERIA	OFICIA DE OPERACIONES
COMTE. DEL C.I.E.	5/7



ENTRADA DE PLANTA

ESCALA 1/25

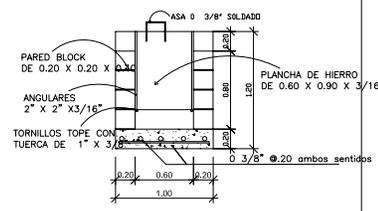
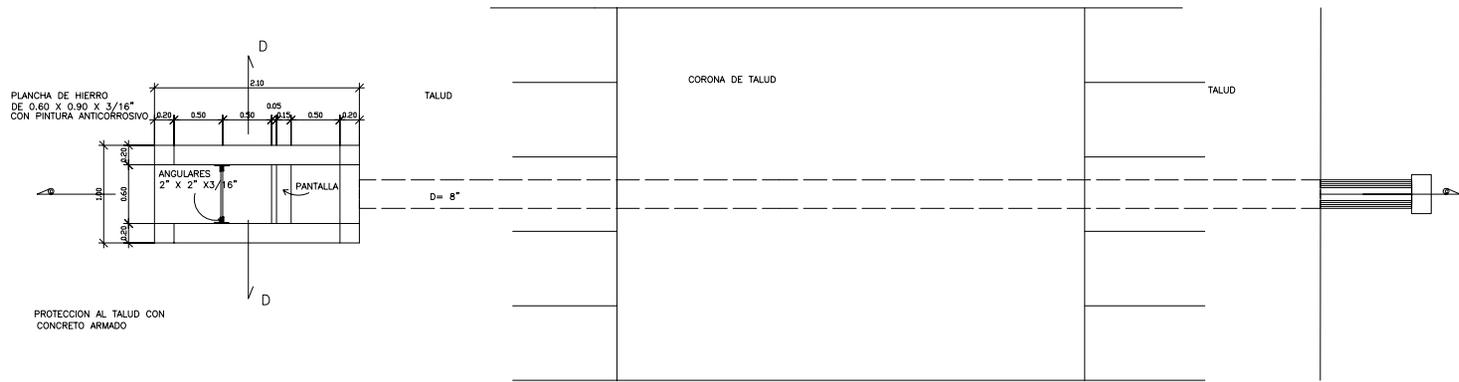


CORTE A-A

ESCALA 1/25

DETALLE DE COLUMNA

ESCALA 1/25

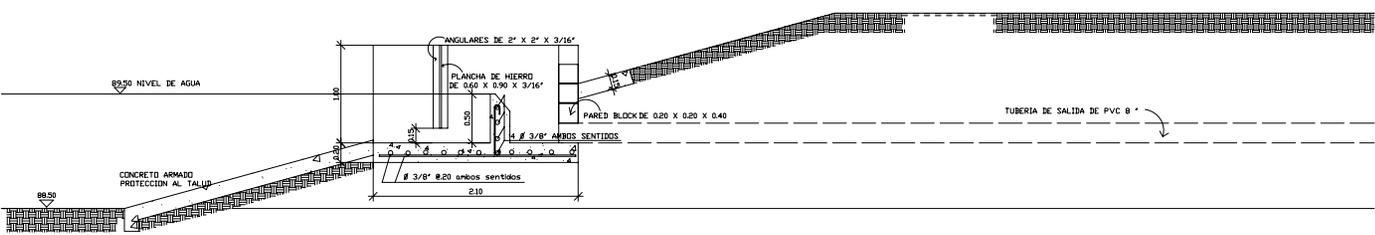


SALIDA DE PLANTA

ESCALA 1/25

CORTE D-D

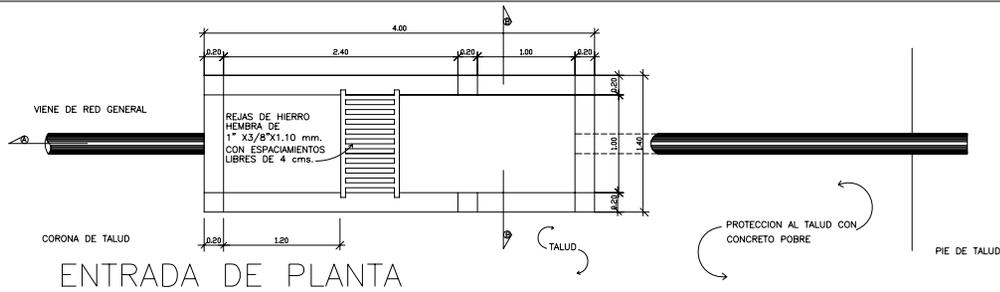
ESCALA 1/25



CORTE C-C

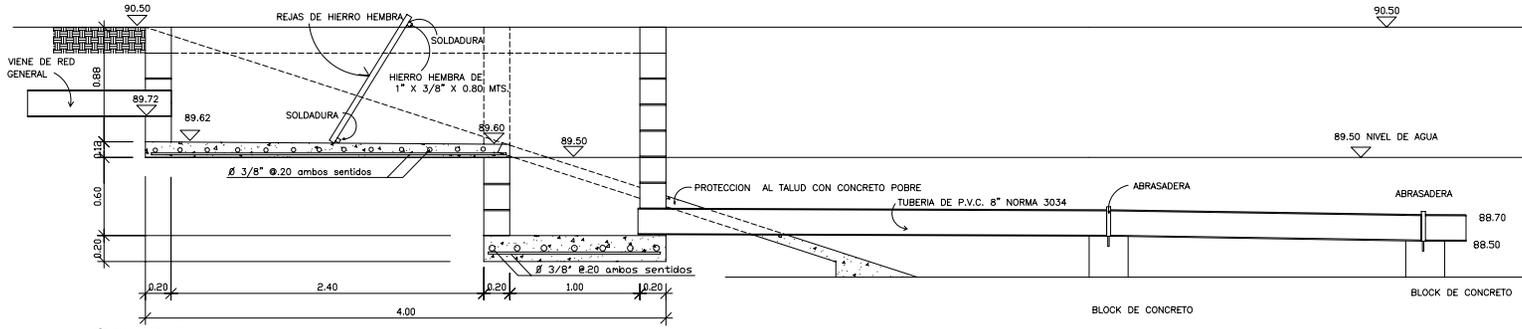
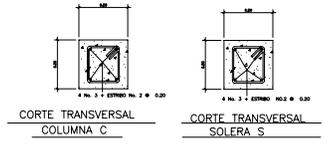
ESCALA 1/25

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA" SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA G-3	
Proyecto: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS REGION MILITAR II GENERAL LUIS GARCIA LEON	
Contiene: DETALLES DE ENTRADA Y SALIDA	
Diseño: ING. ARTURO PASOS SOSA †	
Modifico: ING. RAFAEL MORALES	
Revisó: ING. RAFAEL MORALES	
Dibujó EDUARDO REYES †	
Escala: INDICADA	Fecha: JUNIO/2007
OFICINA DE INGENIERIA	OFICINA DE OPERACIONES
CORTE DEL C.I.E.	HOJA 6 7



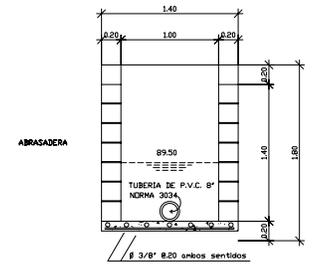
ENTRADA DE PLANTA

ESCALA 1/25



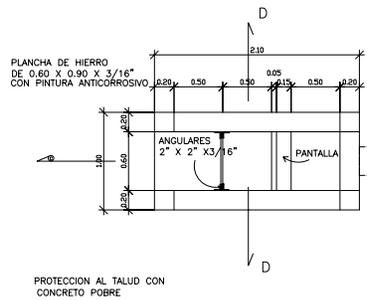
CORTE A-A

ESCALA 1/25



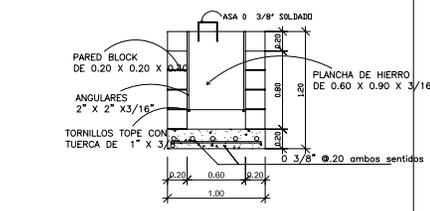
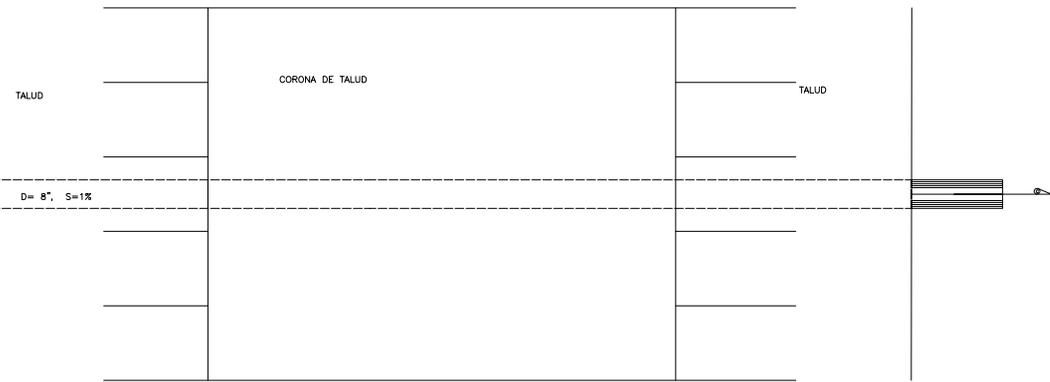
DETALLE DE COLUMNA

ESCALA 1/25



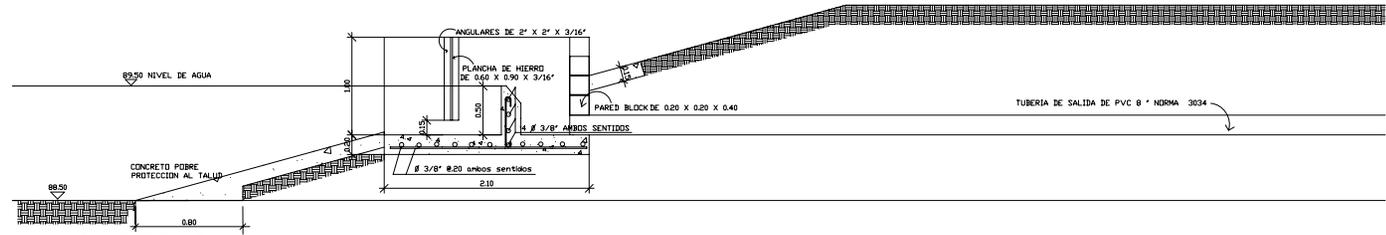
SALIDA DE PLANTA

ESCALA 1/25



CORTE D-D

ESCALA 1/25



CORTE C-C

ESCALA 1/25

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJERCITO "TCIFVA" SECCION DE OPERACIONES E INGENIERIA G-3		
Proyecto: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS REGION MILITAR II GENERAL LUIS GARCIA LEON		
Contiene: DETALLES DE ENTRADA Y SALIDA		
Diseño: ING. ARTURO PASOS SOSA †		
Modifico: ING. RAFAEL MORALES		
Revisó: ING. RAFAEL MORALES		
Dibujó EDUARDO REYES †		
Escala: INDICADA	Fecha: JUNIO/2007	HOJA
7		7
OFICINA DE INGENIERIA		OFICINA DE OPERACIONES
CORTE DEL C.I.E.		