

T.UES
1501
A185p
1998
Ej.2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

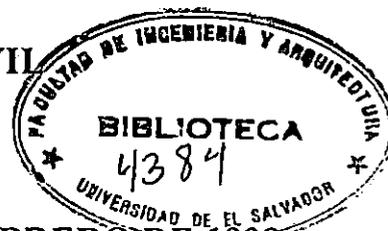


PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES EN NUEVA CONCEPCION
CHALATENANGO

PRESENTADO POR

DAYSI DEL CARMEN ACOSTA ORELLANA
TELMA NOHEMI GARCIA VENTURA

PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL



CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 1998.

1510166f

1510164

Revisado el 25 febrero/98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



RECTOR :

DR. JOSE BENJAMIN LOPEZ GUILLEN

SECRETARIO GENERAL :

LIC. ENNIO ARTURO LUNA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR

SECRETARIO :

ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR :

ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURAN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO CIVIL

Título:

PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN NUEVA
CONCEPCION CHALATENANGO

Presentado por:

DAYSI DEL CARMEN ACOSTA ORELLANA
TELMA NOHEMI GARCIA VENTURA

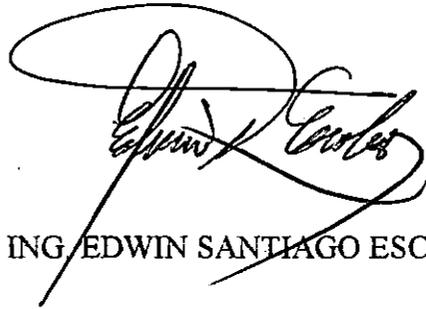
Trabajo de Graduación Aprobado por:

Coordinador : ING. EDWIN SANTIAGO ESCOBAR RIVAS
Asesores : ING. MIGUEL ANGEL RIVAS MONTERROSA
ING. JUAN GUILLERMO UMAÑA GRANADOS

San Salvador, Febrero de 1998

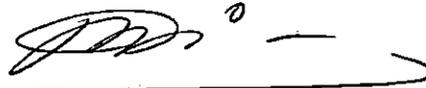
Trabajo de Graduación Aprobado por:

Coordinador y Asesor :



ING. EDWIN SANTIAGO ESCOBAR RIVAS

Asesores :



ING. MIGUEL ANGEL RIVAS MONTERROSA



ING. JUAN GUILLERMO UMAÑA GRANADOS



RECONOCIMIENTO

A nuestra Alma Mater y máximo centro de estudios de nuestro país, "UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR" por habernos formado en profesionales capaces para brindar servicios a la comunidad salvadoreña de manera íntegra, sabia y responsable.

Nuestro mayor agradecimiento se extiende a las personas e instituciones que colaboraron desinteresadamente e incondicionalmente a la realización de éste trabajo de graduación. Especialmente a la "Organización Panamericana de la Salud" (OPS), por su apoyo financiero, impulsándonos a seguir adelante hasta la realización de nuestra meta.

A los docentes que nos dieron sus enseñanzas, consejos y recomendaciones, así como también algunas personas que nos brindaron su colaboración:

- Ing. David Vásquez.
- Arq. Julián Monge.
- Ing. Raúl Rodríguez Rivera.
- Al Ing. Edwin Escobar Rivas.

Nuestro coordinador y asesor de trabajo de Graduación, con mucho cariño se le agradece su colaboración, orientación y comprensión, lo cual nos motivó a seguir siempre adelante, ya que estuvo pendiente de cada una de las etapas de nuestro proyecto.

- Al Ing. Juan Guillermo Umaña Granados.

Nuestro asesor, con mucho cariño le agradecemos todo su tiempo, sabiduría, dedicación, encausándonos hacia la realización de nuestra meta. Además se le agradece por ser el medio a través del cual se obtuvo el financiamiento que fue de gran ayuda para la finalización de nuestro trabajo.

- Al Ing. Miguel Angel Rivas Monterrosa.

Nuestro asesor con mucho cariño le agradecemos su colaboración y ejemplo, que nos motivó a ser mas responsables y constantes en nuestro trabajo. Lo cual conservaremos a lo largo de nuestra vida.

No podemos olvidarnos de las personas que nos ayudaron en el momento preciso a las cuales agradecemos con mucho cariño: Margarita, Juancito, Fredy (Motorista), Fredy Alvarenga (Montaner), Lito, Vladimir (Loco), Susan, Daniel Ramírez, Niña Marina, Janeth, Blanquita, Claudia y Carlos (Del Cafetín).

A todas y todos... que nos brindaron su apoyo para continuar adelante y lograr la meta propuesta gracias.

DAYSÍ Y NOHEMI

DEDICATORIA

Acto que dedico especialmente:

- A DIOS TODOPODEROSO Y A SAN JUDAS TADEO: Por haberme iluminado, así como darme la fe y fuerza de voluntad para seguir adelante, ante los tropiezos que se presentaron en mi camino.
- A MI FAMILIA CON MUCHO AMOR.
- AMI MADRE: Ana María Orellana De Acosta. Por haberme ayudado con mucho sacrificio en mi formación profesional y sobre todo por ser mi mayor motivo para seguir adelante en la vida. Con sus consejos que estuvieron presentes día a día en mi camino, además por ser una gran amiga. Infinitas gracias y que Dios te bendiga.
- A MI PADRE: René Acosta Márquez. Por haberme dado su apoyo y ayuda incondicional, especialmente por su colaboración para la culminación de mi trabajo de graduación y sobre todo por sus sabios consejos que forman parte de mi vida. Mi triunfo es suyo también infinitas gracias y que Dios le bendiga.
- A MI HERMANO: René Alexander Acosta Orellana. Por haberme dado su apoyo y colaboración, para la realización de mi carrera. Te quiero mucho.
- A MI SOBRINO: René Alejandro Acosta. Por haberme dado su ternura y alegría en los momentos más difíciles de mi carrera.

- A MIS TIAS: Selcy y Mary. Por haberme ayudado en mi trabajo de graduación las quiero mucho y que Dios las bendiga.
- A TIO CHAGO Y AZUCENA. Por brindarme su cariño y apoyo a lo largo de mi carrera. Los quiero mucho.
- A HUGO LEONEL BONILLA CHICAS. Por ser una persona especial, con quien puedo contar en los buenos y sobre todo en los malos momentos. Por su ayuda para la realización de mi trabajo de graduación. Gracias y que Dios te bendiga.
- A MI COMPAÑERA Y AMIGA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN: Telma Nohemi García Ventura. Por haber compartido buenos y malos momentos a lo largo de nuestro trabajo de graduación y sobre todo gracias por su paciencia.
- A MIS AMIGOS: Olga Judith, Elba Vargas, Mauricio Palucho, Omarsito (el cholo), Rudy, Vaquero, Gavidia. Por haberme dado su apoyo y colaboración en nuestro trabajo. Les quiero mucho.
- Y a todas aquellas personas que colaboraron para la culminación de mi trabajo de graduación. Gracias.

DAYSI ACOSTA

DEDICATORIA

MOMENTO QUE COMPARTO Y DEDICO:

- DIOS TODOPODEROSO. A quien debo todo lo que soy, agradezco su infinito e incondicional amor y es a través de él que puedo lograr todo lo que me propongo, y este triunfo viene de sus manos lo cual lo hace bendito y antes de ser mío es de él.
Gracias señor Jesús.
- A MI MAMI. Telma Ventura. A quien quiero, nadie como ella para saber lo que deseo y motivarme a obtenerlo, gracias por estar siempre conmigo en los momentos buenos y malos, por todo el sacrificio amor y comprensión que día a día me brinda.
Gracias Mami por ayudarme a lograr este triunfo. Que Dios la bendiga.
- A MI PAPI. Lisandro García. Quien me quiere tanto y a quien quiero, así como compartimos este cariño, compartimos los triunfos y fracasos, y este es un triunfo que le agradezco y comparto con él. Gracias por ser mi Papi y apoyarme en los momentos que más lo necesito. Que Dios lo bendiga.
- A MIS HERMANOS. Por que cada uno de ellos es especial y todos conformamos el mejor equipo del mundo. Gracias por estar siempre conmigo, apoyándome y preocupándose por mí, nadie mejor que ustedes para celebrar este triunfo. Son las personas que más quiero en el mundo a parte de mi Mami y mi Papi.

Gracias Carlos Roberto García Ventura (Robe), Alba Nelly García Ventura (Negra), Argentina García Ventura(Lila), Alma Griselda García Ventura (Guiché), José Alex García Ventura (Negro), Marcia Cecilia García Ventura (Marcia).

- A MIS SOBRINOS. Miguelito, Karlita, Gabrielita, Alexito, Karlita. Porque con su presencia nos llenan de alegría siempre y los quiero mucho.
- A MI COMPAÑERA Y AMIGA DE TRABAJO DE GRADUACION. Daysi. Por ser una persona que se identifica mucho conmigo a quien quiero y aprecio mucho y es bueno haberla conocido. Gracias.
- A MIS AMIGOS. A quienes agradezco todo el cariño que cada uno me brinda y es un privilegio para mí tenerlos, son personas muy lindas y especiales. Doy gracias a Dios por haberlos puesto en mi camino.
- Y a todas aquellas personas que nos brindaron su ayuda infinitamente gracias.

TELMA NOHEMI GARCIA VENTURA

INDICE

CONTENIDO

PAGINA

CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES.

1.1. INTRODUCCION.....	2
1.2. ANTECEDENTES.....	4
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.4. JUSTIFICACION.....	14
1.5. VENTAJAS DEL USO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.....	16
1.6. DESVENTAJAS DEL USO DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACION.....	17
1.7. OBJETIVOS.....	18
1.8. DELIMITACION.....	19
1.9. LIMITACIONES.....	20

CAPITULO II. ANALISIS DE FUNDAMENTOS.

2.1. INTRODUCCION.....	22
2.2. BASE PARA LA BIODEGRADACION.....	23
2.3. MICROBIOLOGIA.....	24
2.3.1. BACTERIAS.....	26
2.3.1.1. MORFOLOGIA.....	27
2.3.1.2. REPRODUCCION Y CRECIMIENTO BACTERIANO.....	28
2.3.2. HONGOS.....	34
2.3.3. ALGAS.....	34
2.3.4. PROTOZOOS.....	35
2.3.5. ROTIFEROS.....	36
2.3.6. CRUSTACEOS.....	36
2.3.7. VIRUS.....	36
2.3.8. RICKETTSIAS.....	36

2.4. PROCESOS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO	37
2.4.1. PROCESO DE TRATAMIENTO AEROBIO	38
2.4.2. PROCESO DE TRATAMIENTO ANAEROBIO	39
2.4.3. PROCESO DE TRATAMIENTO FACULTATIVO	44
2.5. LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	45
2.5.1. CLASIFICACIÓN DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	46
2.5.1.1. LAGUNAS AEROBIAS	47
2.5.1.2. LAGUNAS ANAEROBICAS	49
2.5.1.3. LAGUNAS FACULTATIVAS	50
2.6. REMOCIÓN DE ORGANISMOS PATÓGENOS POR MEDIO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	53
2.6.1. REMOCIÓN DE BACTERIAS	53
2.6.2. REMOCIÓN DE PARÁSITOS	57
2.7. MODELOS DE REDUCCIÓN BACTERIANA	59
2.7.1. MODELO DE MEZCLA COMPLETA	59
2.7.2. MODELO DE FLUJO DISPERSO	61
2.7.3. SUBMODELO HIDRAULICO	62
2.7.4. VALIDACIÓN DEL MODELO DE FLUJO DISPERSO PARA LA PREDICCIÓN DE LA REDUCCIÓN DE LA REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	68
2.8. MODELOS DE DISEÑO PARA LAGUNAS FACULTATIVAS	70
2.8.1. MODELO BASADO EN LA CINÉTICA DE PRIMER ORDEN	70
2.8.2. MODELO DE EQUILIBRIO CONTINUO Y MEZCLA COMPLETA BASADO EN LA CINÉTICA DE PRIMER ORDEN	77
2.8.3. MODELO DE FLUJO DISPERSO PARA LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA	79
2.8.4. ESTUDIO SOBRE LA CARGA MÁXIMA APLICABLE DE McGARRY Y PESCOD	81
2.8.5. MÉTODO PRESENTADO POR EL CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIA DEL AMBIENTE (CEPIS)	84
2.9. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS DIFERENTES MODELOS DE LAGUNAS	90
2.10. CRITERIOS DE DISEÑO DE LAGUNAS ANAEROBIAS	94
2.11. OBSERVACIONES REALIZADAS A LAS TEORÍAS DE DISEÑO EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN	98

CAPITULO III DIAGNOSTICO DE LA ZONA.

3.1. INTRODUCCION.....	100
3.2. LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	101
3.2.1. UBICACIÓN DE LA CIUDAD DE NUEVA CONCEPCION.....	104
3.2.2. ESQUEMA DE LA CIUDAD DE NUEVA CONCEPCION.....	105
3.3. POBLACION	108
3.3.1. PROYECCION DE LA POBLACION.....	108
3.3.1.1. CALCULO DE LA TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	109
3.3.1.2. CALCULO DE LA POBLACION PARA EL INICIO (1998) Y FINAL (2023) DEL PROYECTO Y AÑOS INTERMEDIOS.....	109
3.3.2. ENFERMEDADES DE ORIGEN HIDRICO.....	111
3.3.2.1. ASPECTOS DE SALUD PUBLICA.....	113
3.3.3. EDUCACION.....	120
3.4. SUELO Y TOPOGRAFIA DE LA ZONA.....	122
3.5. PRODUCCION AGROPECUARIA DE LA ZONA.....	128
3.6. METEOROLOGIA.....	130
3.6.1. VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO.....	130
3.6.2. TEMPERATURA DEL AIRE.....	132
3.6.3. EVAPORACION, PRECIPITACION E INFILTRACION.....	134
3.6.4. RADIACION SOLAR	135
3.6.5. EVAPOTRANSPIRACION.....	137
3.6.6. HUMEDAD RELATIVA.....	138
3.7. CONSUMO DE AGUA.....	139
3.7.1. CALCULO DEL CAUDAL DE AGUA POTABLE.....	141
3.7.2. COBERTURA DE AGUA POTABLE EN BASE AL NUMERO DE VIVIENDAS OCUPADAS.....	143
3.7.3. SERVICIO DE ALCANTARILLADO SANTTARIO.....	145
3.7.4. CALCULO DEL CAUDAL DE AGUAS NEGRAS	145
3.7.5. COBERTURA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO.....	149

3.7.6. COBERTURA DE SERVICIOS SANITARIOS	150
3.7.7. CALIDAD DEL AGUA.....	151
3.7.7.1. EVALUACION DE PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS DEL AGUA RESIDUAL.....	153

CAPITULO IV. DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA CIUDAD DE NUEVA CONCEPCION.

4.1. INTRODUCCION.....	156
4.2. DESGLOSE DE PARAMETROS EMPLEADOS EN EL PROGRAMA.....	157
4.3. PROGRAMA DE DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. PROPUESTO POR CEPIS.....	164
4.4. DIMENSIONES DEL SISTEMA DE LAGUNAS	177
4.4.1 TIPO Y NUMERO DE LAGUNAS QUE COMPONE EL SISTEMA	177
4.4.2 FORMA DE LAS LAGUNAS	177
4.4.3 RELACION CARGA/AREA	177
4.4.4 EFICIENCIAS PARA LA REMOCION DE DBO Y COLIFORMES FECALES.....	179
4.5. PLANO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.....	182
4.6. PLANO DE DISTRIBUCION EN PLANTA DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION	184
4.7. CRITERIOS DE DISEÑO PARA DIQUES Y TALUDES	186
4.8. PERFILES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES DE DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION	187
4.9. OBRAS DE ARTE COMPLEMENTARIAS AL DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.....	193
4.9.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR: CAMARA DE REJAS	193
4.9.2. CANALES Y TUBERIAS DE CONEXIÓN.....	197
4.9.3. ESTRUCTURA PARA MEDICION DE CAUDALES	200
4.9.4. ESTRUCTURA PARA DISTRIBUCION PROPORCIONAL DE CAUDALES ENTRE VARIAS LAGUNAS.....	201
4.9.5. ESTRUCTURA DE ENTRADA.....	203
4.9.6. ESTRUCTURA DE INTERCONEXION.....	203

4.9.7. ESTRUCTURA DE SALIDA.....	203
4.9.8. ESTRUCTURA DE REUNION.....	203

CAPITULO V. PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

5.1. INTRODUCCION.....	210
5.2. PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA CIUDAD DE NUEVA CONCEPCION, CHALATENANGO.....	211
5.2.1. DESGLOSE DE COSTOS	211
5.2.2. RESUMEN DE COSTOS.....	219
5.2.3. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	220
5.2.4. EQUIPO DE TRABAJO Y SEGURIDAD	220

CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. CONCLUSIONES.....	223
6.2. RECOMENDACIONES.....	225

BIBLIOGRAFIA.....	227
--------------------------	------------

ANEXOS	232
---------------------	------------

CAPITULO I
ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Las aguas negras desde tiempos antiguos han constituido un problema, en lo que a su evacuación y tratamiento se refiere y con el incremento de la densidad de población la cantidad de desechos líquidos a evacuar es mayor y su tratamiento implica más costos.

El empleo de los métodos tradicionales de tratamiento representan gastos fuertes en instalaciones, además de necesitar personal especializado, por este motivo se insiste en la conveniencia de utilizar sistemas de tratamiento más económicos y eficientes en la depuración de aguas negras.

El problema de deposición de las aguas negras en los cuerpos receptores de agua, es grave en nuestro país, puesto que poco a poco la degradación de los mismos aumenta, previéndose que en un futuro inmediato, muchas de las corrientes superficiales lleguen a constituir cabalmente un sistema de alcantarillas abiertas, lo que repercute en la formación de un medio ambiente nocivo para la salud de los habitantes. Todo este deterioro nos lleva a un desbalance entre la disponibilidad de recursos hídricos y la demanda que existe por parte de los habitantes; esto obliga a buscar un sistema de tratamiento de aguas residuales que resulte económico y eficiente.

Ante las inconveniencias ocasionadas por la forma inadecuada de deposición de aguas residuales, en la ciudad de Nueva Concepción, Chalatenango, con el interés de estudiar más a fondo la problemática y encontrar una solución adecuada que pueda contrarrestar los efectos

que producen; se realiza una descripción del problema de contaminación, ocasionada por el vertimiento directo de las aguas residuales en los cuerpos de agua.

Dentro de éste se presenta los antecedentes del problema que ha venido ocasionando la deposición de aguas residuales a través del tiempo, así como también las experiencias adquiridas por medio del Sistema de Lagunas de Estabilización, para el tratamiento de las mismas. Dentro de la descripción se hace un planteamiento del problema, donde se mencionan las causas que provocan la falta de tratamiento de las aguas residuales y las consecuencias que ocasionan como la incidencia de enfermedades de origen hídrico, que afectan a la población, la degradación de los recursos hídricos y por consiguiente el deterioro ambiental. Además en este documento se incluye la justificación, donde se presentan todas las razones por la cual es necesario trabajar en la solución del problema, por medio del Sistema de Lagunas de Estabilización, desarrollando cada uno de los objetivos específicos, a través de los cuales se logrará el objetivo general, como es, presentar una propuesta de diseño de un Sistema de Lagunas de Estabilización, para el tratamiento de aguas residuales domésticas, para la ciudad de Nueva Concepción, departamento de Chalatenango, ya que los habitantes sufren, conocen y padecen las consecuencias del problema.

Se plantean también los alcances que enmarcarán el desarrollo del trabajo, así como también sus limitaciones.

Con este documento se pretende dejar una base que puede ser utilizado para futuros estudios sobre tratamiento de aguas residuales, empleando el Sistema de Lagunas de Estabilización.

1.2 ANTECEDENTES

Es fácil suponer que las primitivas civilizaciones nómadas, no tuvieron mayores problemas en cuanto a su abastecimiento de agua y disposición de excretas; en cambio, las primeras concentraciones sedentarias, tomaron como una condición prevaleciente, su abastecimiento de agua. Este comportamiento se confirma al observar que todas las viejas ciudades fueron edificadas junto a cursos de agua, de los que podían fácilmente suplirse del elemental líquido; con el transcurso del tiempo y el crecimiento de estas concentraciones humanas, surgió también la necesidad del desalojo de las aguas residuales, que han constituido un inconveniente desde la más remota antigüedad hasta nuestros días.

La Roma Imperial, para liberarse de las aguas residuales, construyó alrededor del año 600 A. C., la famosa cloaca máxima, descargando directamente en el Tiber, por lo que fue preciso construir un nuevo acueducto que condujera aguas puras desde un lugar más distante.

Sin embargo, a pesar de la enorme importancia del correcto desalojo y eliminación de las aguas residuales, este problema no ha tenido en la mayoría de los países, la debida atención por parte de los gobernantes y organismos relacionados con la materia.

Esta indiferencia se ha perpetuado a través de los tiempos, y no fue sino hasta fines del siglo pasado, con el apareamiento de epidemias de origen hídrico y el descubrimiento y comprobación de las teorías bacterianas de Luis Pasteur, cuando se han dado los primeros pasos para resolver positivamente este problema. Algunas ciudades como Buenos Aires, Tucumán, Santiago de Chile, Chicago, Detroit, etc. iniciaron la construcción de plantas de

tratamiento para la depuración de sus aguas residuales. En París fue diseñado por el Ing. Louis Belgrand , un sistema de campo de cultivo en los que se vertían las aguas residuales de las ciudades para evitar la polución del río Sena.

Como puede observarse, desde los lejanos tiempos, de la Roma Imperial, se presentó el problema de la polución de los cursos de aguas con el vertimiento directo de aguas residuales; el problema presentado hace 2600 años, continúa manifestándose en nuestras poblaciones, con el agravante de que ya no contamos con la misma disponibilidad de recursos hidrológicos y que la densidad de población ha aumentado y sigue aumentando alarmantemente, ocasionando cada día mayores daños a los cuerpos de agua.

Hasta aquí se han expuesto los múltiples problemas que ocasionan las aguas negras y siempre buscando dar una solución favorable a los mismos, es que desde el siglo XIX se ha investigado y utilizado en América Latina, Lagunas de Estabilización, que es una estructura destinada al tratamiento de las aguas negras y sus principios descansan fundamentalmente en el fenómeno de autopurificación natural.

Este proceso se está verificando día a día , en ríos, lagos, lagunas, etc. , que al recibir compuestos orgánicos putrescibles dan lugar a una autodepuración, logrando estabilizarlas. Esto nos revela que la historia del proceso que se lleva a cabo en dichas Lagunas de Estabilización, es tan antiguo como la naturaleza misma.

Hace ya muchos siglos, que pueblos de Asia, usaban estas lagunas para descargar las aguas negras, aunque parece ser que en la antigüedad, enfocaban más el problema desde el punto de vista del desarrollo de la piscicultura, que el de saneamiento ambiental.

Estos almacenamientos de aguas negras en lagunas, se han practicado en países de occidente, desde hace poco tiempo.

De Alemania se tienen datos sobre lagunas, que indican que desde hace unos 60 años, vienen experimentando con almacenamiento de aguas negras.

En los últimos años se han desarrollado técnicas modernas, en las cuales se hace uso de percoladores, sedimentadores, etc.; pero estas formas de tratamiento obligan a construir estructuras costosas, con equipo mecánico de alto costo y un mantenimiento caro.

El desarrollo de estas técnicas para el tratamiento de aguas negras, hizo que durante mucho tiempo en el occidente se creyera que éstas, sólo podrían depurarse mediante instalaciones, cuando en realidad la propia naturaleza puede efectuar una tarea excelente.

Las lagunas de estabilización se han ensayado con gran interés en Estados Unidos, teniendo alrededor de 65 años de estar experimentando con ellas, y dejando bases de las experiencias que van adquiriendo.

El uso de Lagunas en E.E.U.U., se experimentó por primera vez en una forma accidental, en Santa Rosa, California, debido a que se había obstruido un percolador, lo que obligó a descargar las aguas servidas en una depresión cercana, dando como resultado la purificación de las mismas, lo que hizo que se construyeran más lagunas en esa región .

En el año 1929 en una localidad llamada Fessenden se tuvo la experiencia siguiente : se había instalado una red de alcantarillados, pero por razones económicas no lograron que se hiciera un tratamiento de las aguas negras mediante una planta de tratamiento , pensando entonces en depositar dichas aguas en un estanque que excavaron apresuradamente en las orillas de la ciudad

Transcurrieron dos meses hasta que los funcionarios municipales decidieron hacer una inspección, quedando sorprendidos al descubrir que las aguas negras, habían adquirido misteriosamente, un grado de purificación superior al que hubiera sido posible darles con un equipo costoso.

Debido a esto se construyó la primera laguna en la población de Maddok, situada en Dakota del Norte en 1948; el comportamiento de esta instalación lo verificó el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos.

De esta forma las lagunas de estabilización pueden constituir un sistema eficiente para tratar las aguas negras.

Se insistió tanto en el método, que los demás países abordaron el tema con verdadero interés.

Experiencias Efectuadas en Varios Países.

Estas experiencias fueron efectuadas por varios países con el afán de definir el comportamiento de las lagunas de estabilización, al ser sometidas a diferentes condiciones de trabajo; también con las mismas lagunas se investigó su comportamiento, cuando se aplicó aireación mecánica.

En Indiana (E.E.U.U), el experimento consistió en una laguna conteniendo desechos procedentes de una planta empacadora de carne. La intensidad de carga aplicada fue de 250kg, de DBO/Ha/día, obteniéndose una remoción del 70% de DBO.

En la Universidad de Florida se demostró que las lagunas de estabilización se mantienen aerobias y operan satisfactoriamente hasta cargas de 220-230 kg DBO/Ha/día.

En el estado de Washington, cerca de la desembocadura del Columbia y con unas condiciones climáticas muy desfavorables, se construyeron lagunas que trabajaron en condiciones anaerobias, sometiéndose a cargas del orden de 300kg DBO/Ha/día; se obtuvieron

resultados sorprendentes, tales como una remoción de DBO de 85% y una remoción bacterial NMP de 99%.

En Sao Paulo (Brasil) en la población de San José, se construyeron 2 lagunas que trabajaron en serie; la primera fue anaerobia y la segunda aerobia ; se obtuvieron datos que corresponden a los efectos combinados de ambas lagunas, obteniéndose una remoción de DBO de 96 % y una remoción bacterial de NMP de 99.8 %.

En Israel se ha experimentado con lagunas de estabilización anaerobias, para tratar aguas negras de tipo doméstico.

Se sintieron malos olores debido a que la carga que se aplicó fue de 2300 Kg.DBO/Ha/día. Sin embargo, se ha notado que las lagunas anaerobias trabajan satisfactoriamente a cargas de 250 Kg. DBO/Ha/día.

En Africa se experimentó, obteniendo muy buenos resultados en Nairobi, Africa del Este. La operación consistió en someter las lagunas a diferentes tasas de trabajo, con el objeto de determinar el límite entre lagunas aerobias y anaerobias; notándose que ambas trabajan satisfactoriamente.

Otra experiencia de esta naturaleza se obtuvo en 1821 en la ciudad de Santa Rosa California, cuando tratando de formar un filtro natural por medio de un lecho de gravas, en el que debían que cargar y filtrarse las aguas residuales antes de verterse en el Río Santa Rosa, se

formó un estanque cuando los lodos sellaron el filtro; como consecuencia, se presentaron los mismos fenómenos de autopurificación, que produjeron un efluente limpio y sin malos olores.

Sin embargo, a pesar de estos alentadores experimentos, no fue sino a partir aproximadamente de 1940 que tanto en Estados Unidos como en otros países, se intensificaron los estudios sobre este nuevo tipo de tratamiento, que al mismo tiempo que proporciona excelentes resultados en cuanto a la reducción de la DBO, contaminación bacterial, Nitrógeno, malos olores, etc.; tienen el notable incentivo de requerir menor inversión de máquinas y muy reducidos costos de operación.

Se conoce que el sistema de lagunas de estabilización, diseñada en la ciudad de Cañas, provincia de Guanacaste (Costa Rica) en 1957, es el más antiguo de América Latina, que ha sido sometido a procesos de evaluación desde 1960 hasta 1992 y aún continúa operando.

En 1960 se diseñaron en Lima, Perú, las lagunas de estabilización de San Juan de Miraflores, cuya construcción (21 lagunas)se realizó por etapas en el período 1960-1964.

Estas lagunas se encuentran a pocos kilómetros de la sede del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente (CEPIS) de la OPS, lo cual se aprovechó para negociar con las autoridades peruanas, su utilización como centro experimental. Aprovechando los datos de campo obtenidos en estas lagunas experimentales, se logró desarrollar el modelo del CEPIS para predecir la calidad de efluentes de estabilización.

En 1970, se encontró que a ese año había en América Latina, 181 lagunas de estabilización de aguas residuales en operación.

La mayoría de estas lagunas fueron diseñadas para el tratamiento de residuos líquidos de origen doméstico.

En América Central y Brasil se utilizaron algunas de estas lagunas para el tratamiento de desechos industriales y agrícolas.

En 1978, indica que a ese año existían en América Latina, 561 lagunas de estabilización para el tratamiento de residuos líquidos municipales.

En 1995, existían más de 3200 lagunas de estabilización en América Latina, de las cuales casi la mitad se encontraba en Cuba.

La epidemia del cólera, que se presentó en América Latina en 1991 continuando en 1995, provocó un despertar en relación con la construcción de instalaciones para el tratamiento de aguas residuales en América Latina, la cual había quedado casi paralizada durante la llamada "década perdida" de los años ochenta.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de la enorme importancia del correcto desalojo y adecuada depuración de las aguas residuales, este problema en nuestro medio no ha tenido la atención que realmente merece, ya que el vertimiento de las aguas residuales siempre se ha hecho directamente a los cuerpos de agua, ocasionando un problema de contaminación, que da como resultado la incidencia de enfermedades que afectan a la salud y bienestar de los habitantes, produciendo un bajo nivel de desarrollo, contribuyendo a esto, la densidad de población sigue aumentando alarmantemente, con el agravante de que no contamos con la misma disponibilidad de recursos hidrológicos y los pocos que quedan se encuentran contaminados.

Uno de los núcleos poblacionales que más les aqueja el problema de la deposición de aguas residuales, que trae como resultado la contaminación de los recursos hídricos, es la ciudad de Nueva Concepción.

La ciudad de Nueva Concepción, se encuentra ubicada en el departamento de Chalatenango, en la zona norte del país. Cuenta con una población aproximada de 7903 habitantes, censo/92, disponiendo éstos de un sistema de abastecimiento para agua potable y un sistema de alcantarillado para la evacuación de aguas negras, que descarga a la entrada de la ciudad, a una distancia de 143 mts de la calle principal; no contando con un sistema de tratamiento que pueda contrarrestar los daños provocados por el vertimiento directo de estas aguas a los cuerpos receptores.

La falta de tratamiento de las aguas residuales se deben al poco interés que existe en tratarlas. Ya que no hay un organismo que se responsabilice de esta función, por no estar contemplados dentro de un marco legal, debido a que las políticas del estado, no van orientadas a resolver este problema.

Esto agrava aún más el problema de contaminación ocasionado por la falta de tratamiento en esta zona, afectando de esta forma la población, ya que cuanto mayores son los niveles de contaminación bacteriológicas, mayores son los niveles de exposición y riesgo para la salud de los habitantes. Teniendo como consecuencia la incidencia de enfermedades de origen hídrico.

El problema se prolonga aún más, ya que estas aguas son vertidas a la quebrada "El Zanjón", que se une a una distancia de 5 Km. con el río Tepetayo, extendiéndose 2 Km. hasta llegar al río "Jayuca", afectando en su recorrido al caserío y hacienda Las Guaras, al caserío y hacienda Santa Amalia de la Cruz, al cantón y caserío Santa Rosa; éste río es afluente del río Lempa, el cual es una fuente de abastecimiento que se está degradando con la inadecuada deposición de aguas residuales, trayendo como consecuencia el deterioro de los recursos hídricos con los que cuenta el país.

Otro aspecto importante que se ve afectado, es el desarrollo urbanístico de esta zona, por estar ubicado el punto de descarga a la entrada de la ciudad, el cual se vuelve un inconveniente para que la ciudad crezca en ese sentido; limitando así el desarrollo de la zona y no aprovechando las ventajas de acceso y servicio que ofrece.

Tratando de dar una solución favorable a la problemática, con el fin de beneficiar a la comunidad, se propone el diseño de un Sistema de Lagunas de Estabilización para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Históricamente las aguas negras siempre han constituido un serio problema para las comunidades que las produce y para las comunidades aledañas, creando un foco de contaminación y un grave peligro a la salud de todos los habitantes que residen aguas abajo de este punto.

Cuando la descarga se realiza en un cuerpo de agua, este cuerpo receptor es contaminado a tal punto de experimentar una degradación parcial o total; con el paso del tiempo; produciéndose de esta forma una destrucción de la flora y fauna acuática.

En nuestro país, actualmente la situación se ha agravado mucho mas debido al rápido crecimiento de la población y al desarrollo industrial, los cuales, generan una cantidad de aguas negras cada vez mayor.

En nuestro medio, las prácticas empleadas para la disposición de aguas residuales vertidas directamente a los cuerpos de agua, son negativas y por lo tanto deben eliminarse, ya que los rios existentes por su poca longitud y su escaso caudal resultan insuficientes para que produzca una dilución en el volumen de materia orgánica contenida en las aguas residuales y que pueda depurarse naturalmente en forma satisfactoria de acuerdo a la normativa sanitaria

vigente, para tal efecto, y por consiguiente, tratando de sanear una ciudad, se crea un grave problema sanitario rural.

Por tal motivo, al emplearse practicas inadecuadas para eliminar tales desechos, se están perdiendo en nuestro país todas las fuentes de agua naturales superficiales, ya que el hombre es el principal causante de la degradación de estos recursos y no adquiere conciencia de los problemas que esto produce, como las altas tasas de contaminación de que son objeto dichas fuentes; ocasionando así un deterioro en el ecosistema.

En base a lo anterior y para conocer mas a fondo esta problemática, se realizó una investigación en la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), institución encargada de los requerimientos para el tratamiento y disposición de las aguas residuales a nivel nacional. Como resultado, se conocieron las diferentes comunidades en las cuales existen iniciativas para darle solución a este problema .

De estos núcleos poblacionales el que más se presta para la realización de un proyecto de tratamiento de aguas residuales, por medio de lagunas de estabilización es Nueva Concepción, departamento de Chalatenango, siendo una zona que cuenta con un sistema de alcantarillado para evacuar las aguas servidas.

Cabe mencionar que la comunidad conoce y sufre los problemas sanitarios que las aguas residuales ocasionan ; afectando principalmente la salud y ocasionando bajos niveles de desarrollo en el área.

En esta zona, las aguas servidas se evacuan en una quebrada de invierno, que atraviesa terrenos utilizados para la agricultura y ganadería; existiendo viviendas aledañas. Además, actualmente se está construyendo un rastro municipal en las afueras de la ciudad, que proyecta descargar sus aguas en esta quebrada, agravando aún más el problema.

Luego de realizar una visita a la población, y constatar las condiciones antes mencionadas; nos lleva a reflexionar y conocer la realidad prevaleciente en nuestro medio, motivándonos así a darle una solución técnica, encaminada a trabajar en función del desarrollo sostenible, para evitar la contaminación ocasionada por la descarga de aguas residuales en los ríos.

Posteriormente se entrevistó al alcalde municipal, mostrando interés en nuestra colaboración para solventar dicho problema.

Una forma de dar solución al problema, es a través del sistema de plantas de tratamiento, pero debido a las características de la zona, no es recomendable, principalmente por su mantenimiento y operación, ya que las experiencias nos demuestran que quedan abandonadas y resultan de costo elevado.

1.5 VENTAJAS DEL USO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

1. El sistema es relativamente económico, con respecto a los demás métodos de tratamiento convencionales (plantas de tratamiento que incluyen sedimentadores,

- filtros, aereadores, tanques inmhoff, etc.). Lográndose resultados magníficos que compiten con los logrados a costos excesivamente altos.
2. Su mantenimiento y operación es sumamente sencillo y a la vez económico, ya que el proceso depurativo lo lleva a cabo la naturaleza misma; reduciéndose la intervención del hombre a velar por que se mantengan las condiciones normales del proceso.
 3. La principal ventaja que ha tenido el aprovechamiento de las aguas residuales en América Latina ha sido evitar la descarga de nutrientes en los cuerpos de agua, al aprovecharse éstos como fertilizantes para los cultivos.
 4. Las lagunas de estabilización pueden convertirse hasta en sitios de recreación.

Por lo antes expuesto, se puede garantizar que las lagunas de estabilización, que es un proceso natural de autopurificación, constituyen un método apropiado, eficiente, de menor costo en la depuración de aguas negras, logrando de esta manera beneficiar a la comunidad.

1.6 DESVENTAJAS DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

1. Las lagunas de estabilización requieren áreas extensas, cuando se trata de poblaciones relativamente grandes, lo que vuelve inadecuada e inconveniente su aplicación.
2. Cuando se trata de terrenos demasiado caros, el costo de una laguna de estabilización, resulta elevado.

3. La infiltración excesiva del agua a través del fondo y diques de la laguna, pueden volverla inoperante cuando se trata de suelos permeables, cuya impermeabilización encarecería la obra.
4. Es necesario hacer gastos adicionales en la construcción de los medios de producción de la instalación como cercas, señales, etc.

1.7 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

Presentar una propuesta de Diseño de un sistema de Lagunas de Estabilización para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, para la ciudad de Nueva Concepción, Departamento de Chalatenango.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Hacer un análisis comparativo de la teoría de diseño de lagunas de estabilización, con el fin de establecer los criterios de diseño a utilizarse en este estudio.
2. Elaborar un diagnóstico de la ciudad de Nueva Concepción a través de visitas técnicas, que corroboren, completen y actualicen la información existente de la zona, para el diseño del sistema de lagunas de estabilización.
3. Estructurar una metodología de Diseño de Lagunas de Estabilización, a través de la propuesta del sistema de tratamiento para la ciudad de Nueva Concepción.
4. Proporcionar indicadores de costos para sistemas de lagunas de estabilización.

1.8 DELIMITACION

Para la realización del diseño de lagunas de estabilización, se definieron aspectos que enmarcaron el desarrollo del trabajo.

El diseño se realizó para el área urbana de Nueva Concepción, departamento de Chalatenango, que posee una población aproximada de 7903 habitantes; proyectando el crecimiento poblacional y las posibles ampliaciones futuras a través de métodos estadísticos.

La información empleada en el diseño se obtuvo de entidades como ANDA de la cual se siguieron todos los requerimientos que establece para el tratamiento de aguas residuales; así como también, se tomaron en cuenta las condiciones locales, regionales y criterios internacionales; además se utilizó la información miscelánea proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). También se tomaron en cuenta, los factores preponderantes que determinarán el comportamiento adecuado del sistema, tales como la cantidad y la calidad del afluente, la carga unitaria, radiación solar, temperatura, vientos, lluvia, evaporación infiltración, periodos de retención y calidad del efluente.

El proyecto se desarrolló hasta la etapa de diseño para su posible ejecución a futuro por parte de la municipalidad.

1.9 LIMITACIONES

1. Para análisis de agua residual y otros necesarios se acudió, a instituciones como Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA); Instituto Geográfico Nacional(IGN); Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG),etc.
2. Para la topografía del lugar se utilizaron los cuadrantes topográficos con escala 1:5000 obtenidos por el Instituto Geográfico Nacional.
3. En la ciudad de Nueva Concepción no existe oficina de ANDA; por lo que toda la información será recopilada en el área Metropolitana de San Salvador.

CAPITULO II
ANALISIS DE FUNDAMENTO

2.1. INTRODUCCION.

Para conocer más a fondo los elementos que intervienen en los procesos de tratamiento de aguas residuales, es necesario estudiar ciertos elementos básicos para que se lleve a cabo la biodegradación, así como también conocer los principios básicos de la microbiología, ya que a través de ella se estudiará cada uno de los microorganismos presentes en las aguas residuales y que son importantes en los procesos de tratamiento biológico como son: bacterias, hongos, algas, protozoos, rotíferos, crustáceos, virus y rickettsias. Además se presenta la clasificación de estos procesos de tratamiento según la dependencia de oxígeno (aerobio, anaerobio y facultativo), y los ciclos que se dan dentro del proceso para lograr la estabilización de la materia orgánica.

En este documento se hace énfasis en el sistema lagunas de estabilización como proceso de tratamiento biológico, su clasificación según el tipo de laguna y su aplicación. Se incluye la eficiencia de este sistema en cuanto a la remoción de organismos patógenos, así como los modelos de reducción bacteriana y su validación.

Además se presentan las teorías de diseño de lagunas de estabilización desarrolladas por diferentes autores y ciertas observaciones realizadas a éstas.

Lo que se presenta en este capítulo es de gran importancia, ya que son las bases para la realización del diseño de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales.

2.2 BASES PARA LA BIODEGRADACION

Algunos compuestos son degradados por los microorganismos porque de esta manera ganan la energía suficiente para crecer, reproducirse y para otras funciones biológicas básicas para la vida.

Las fuentes de energía contienen oxígeno en los compuestos de dos grandes grupos: Los que contienen formas de hidróxido (OH) y los que contienen formas ácido carboxílico (COOH). La reacción de oxidación ocurre cuando los electrones son transferidos a lo largo de una cadena de electrones en aquellos compuestos que aceptan o transfieren electrones a un reactor final.

Muchos compuestos son bioquímicamente inertes, como por ejemplo: Los alquinos, las estructuras saturadas de alquino y el benceno no sustituido. Estos carecen completamente de oxígeno y no pueden ser sujetos a reacciones de hidrogenantes.

La habilidad de las bacterias para utilizar estos compuestos descansa en el hecho que puedan catalizar la oxidación utilizando oxígeno; otras bacterias poseen enzimas que trabajan sin oxígeno y por tanto requieren coenzimas.

Las bacterias efectúan aquellos procesos para los que están capacitadas genéticamente. Deben ser capaces de producir las enzimas correctas y debe existir para ello el ambiente apropiado. Si por ejemplo algún químico especial está presente, ya sea en concentraciones muy bajas o muy altas, puede que: A muy bajas concentraciones las enzimas no se vean inducidas; y a muy altas concentraciones el compuesto resulte tóxico.

Las bacterias necesitan una fuente continua de carbono para crecer y aún si se encuentran demasiado sustrato, es posible que, por lo menos inicialmente, las bacterias no sean capaces de metabolizarlo. Necesitan un período de "aclimatación" en donde se les permita incrementar su número y fortalecerse. Si el compuesto intermedio es tóxico las bacterias pueden llegar a morir o bien puede detenerse la formación de nuevas que efectúen la metabolización destruyéndose el sistema.

Es importante conocer las bases de la biodegradación, ya que nos presenta los elementos que los microorganismos tienen como fuente de energía para realizar sus funciones básicas como son crecer y reproducirse, además la existencia de condiciones favorables para su desarrollo.

Para conocer más a fondo los microorganismos y sus funciones es fundamental el conocimiento de la microbiología ya que ella estudia los organismos minuciosamente.

2.3 MICROBIOLOGIA.

La microbiología estudia los organismos con gran detalle y observa sus procesos vitales enfocados a su actividad metabólica mientras se desarrollan, reproducen, envejecen o mueren. También se ocupa de las modificaciones a su medio que puedan alterar sus actividades metabólicas, regular su desarrollo o cambiar su patrón genético sin destruirlas. Los microorganismos es la forma de vida de dimensiones microscópicas en la cual tiene muchas características que lo hacen sujetos ideales para la investigación de los fenómenos biológicos.

Tomando en cuenta el criterio más aceptado, los microorganismos se clasifican en cinco Reinos.²

Tabla 2.1: Clasificación de los Microorganismos.

REINO	MIEMBROS REPRESENTATIVOS	CARACTERISTICA
Animal	Eucarióticos Rotíferos - Crustáceos	Multicelulares
Vegetal	Eucarióticos. Plantas verdes y algas Superiores	Multicelulares y Multinucleados
Protista	Eucarióticos Micro-algas y protozoos	Unicelular
Monera	Procariotes. Bacterias, algas azul-verdosa	Unicelulares
Hongos	Eucarióticos Levaduras y Mochos	Multinucleados

Estos microorganismos, para llevar a cabo sus funciones vitales adecuadamente, deben tener una fuente de energía. Utilizan los compuestos orgánicos formados por: Carbono, hidrógeno y oxígeno, pero además requieren de los elementos inorgánicos como el nitrógeno (N) y el fósforo (P), macronutrientes, y otros más que se encuentran en reducida proporción como el azufre (S), Potasio (K) calcio (Ca) y Manganeseo (Mn), que son también necesarios para la síntesis celular.

De los microorganismos antes mencionados, existen algunos de gran interés, como: Las bacterias, algas, hongos, protozoos, rotíferos, crustáceos, virus, rickettsias, etc., ya que estos intervienen en los procesos de tratamiento biológico, especialmente aquellos que son patógenos.

² Microbiología. Michael J. Pelczar
Cuarta Edición
McGraw-Hill de México 1982.

2.3.1 BACTERIAS.

Son los microorganismos más importantes desde el punto de vista de salud pública. La mayoría de las bacterias pueden considerarse inofensivas, pero algunas son causantes de enfermedades y éstas son las que merecen el mayor interés en cuanto a depuración de aguas.

Las bacterias son organismos procarióticos unicelulares o simples grupos de células similares. Por lo común se multiplican por fisión binaria, consumen alimentos solubles, y, por lo general, se encuentran donde haya alimento y humedad.³

La célula posee una estructura compleja, a pesar de su reducido tamaño, está cubierta por una membrana rígida formada de compuestos químicos complejos como las proteínas, los polisacáridos y lípidos, y encierra un protoplasma no rígido que contiene el núcleo de la célula y otros cuerpos que desempeñan funciones biológicas vitales.

La densidad de protoplasma es mayor que la del medio adyacente a la pared celular, llamado ectoplasma que es semipermeable. Esto significa que todo el material que ingrese o egrese del interior de la célula debe estar en solución para atravesar dichos medios.

Si un organismo obtiene su carbono celular a partir de anhídrido carbónico se le llama autótrofo, si utiliza materia orgánica, heterótrofo. En los organismos autótrofos, la energía puede ser proporcionada por el sol o por una reacción inorgánica de oxidación - reducción, conociéndoles

³ Microbiología de Pelczar
Cuarta Edición
Libro McGraw-Hill 1982.

como autótrofos fotosintéticos y autótrofos quimiosintéticos respectivamente. En los organismos heterótrofos la energía requerida para la síntesis celular procede de la oxidación o fermentación de la materia orgánica.⁴

2.3.1.1 MORFOLOGIA.

Las 3 principales formas de las bacterias son: cocos, bacilos y espirilos.⁵ Como se muestra en la figura 2.1.

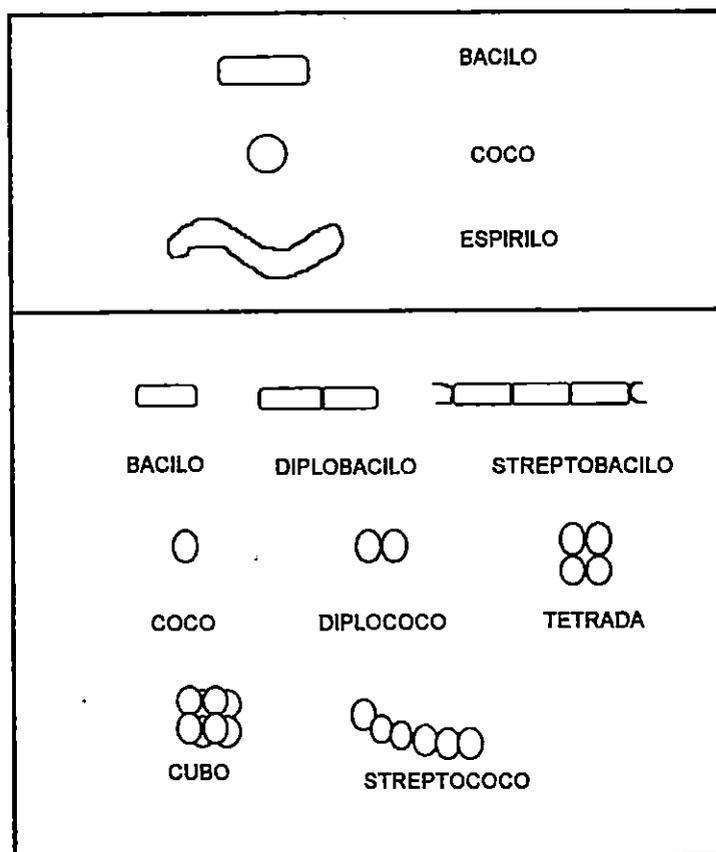


Figura 2.1: Forma física de las bacterias.

⁴ Curso Internacional sobre lagunas de estabilización Sub-Secretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias. Universidad de Cuenca. República del Ecuador. OPS.

⁵ Microbiología de Philip L. Carpenter Segunda Edición Editorial Interamericana 1969.

Los cocos tienen forma de esfera, aparecen en forma independiente (cocos), o en pares (diplococos), cadenas (estreptococos), en forma de racimos de uvas (estafilococos) o en agrupamientos cúbicos a manera de rectángulos (Sarcinas).

Los bacilos tienen forma de bastón, rectos o cilíndricos o bien elipsoidales largos. A veces su aspecto es algo curvo u ondulado. Aparecen solas, en cadenas o en disposición paralela.

Los espirilos son de forma helicoidal, tienen una forma de sacacorcho. Algunas especies incluyen solamente parte de una vuelta de espiral y por eso se llaman vibriones. Otros están compuestos de una o dos vueltas y otros contienen muchas vueltas. Generalmente aparecen como células aisladas o en cadenas cortas.

2.3.1.2 REPRODUCCION Y CRECIMIENTO BACTERIANO.

Reproducción.

Las bacterias se reproducen a través de la fisión celular. La célula se constriñe en la parte central y ésta progresa con el tiempo hasta que la célula se divide produciendo dos células completas y separadas. En condiciones ambientales favorables esto puede ocurrir cada 20-30 minutos; en unas pocas horas si la célula sobrevive, una progresión de este tipo produciría muchísimos descendientes de una sola célula. (Ver Figura 2.2).

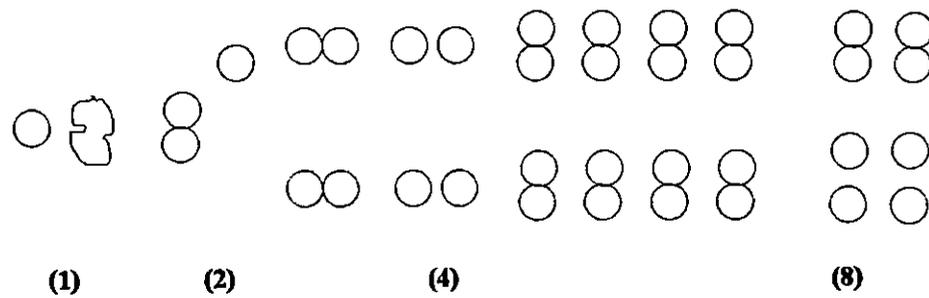


Figura 2.2. Reproducción de Bacterias

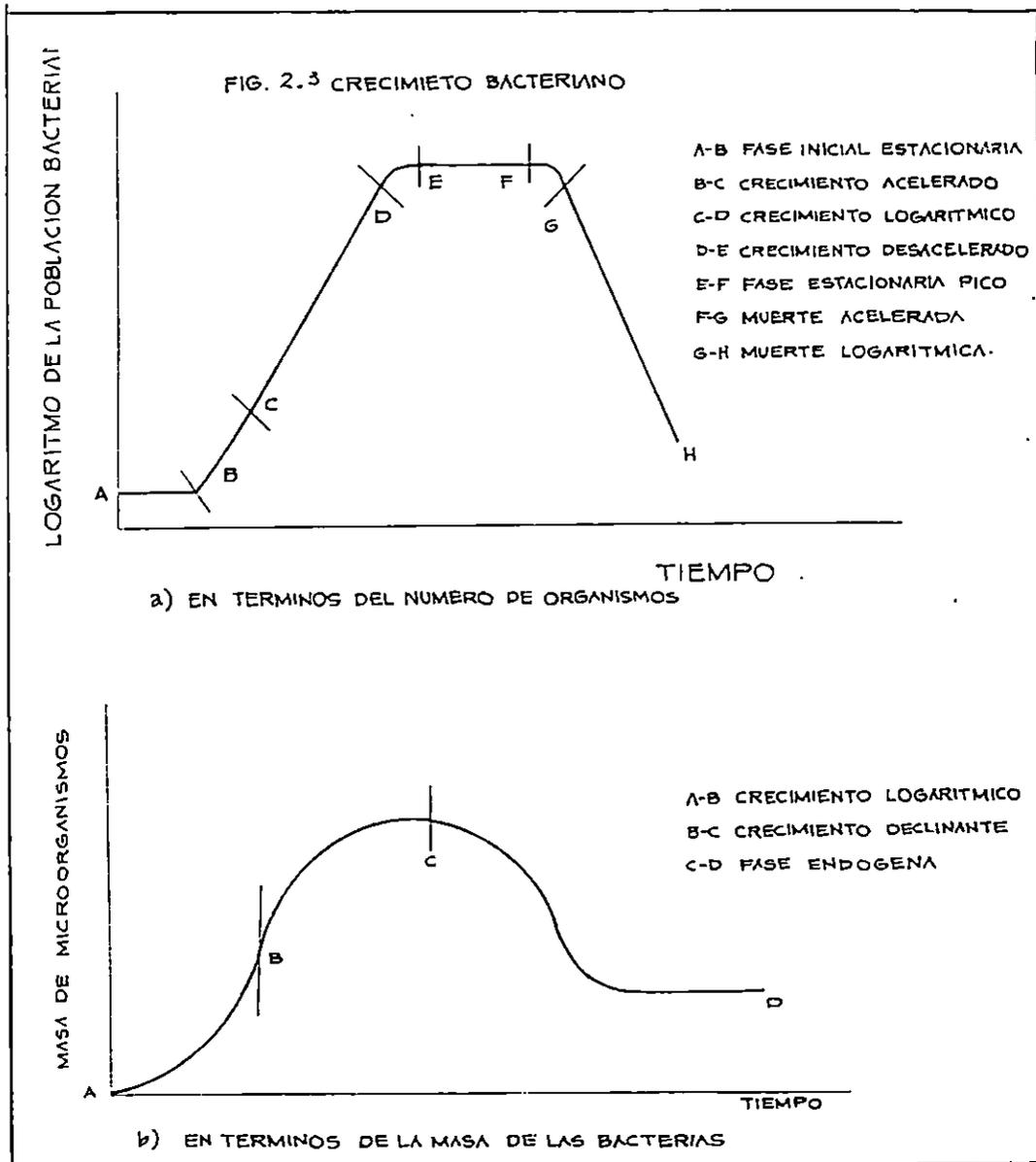
Crecimiento Bacteriano.

Sin embargo hay factores que limitan el crecimiento y supervivencia de las bacterias, según la disponibilidad de alimento, temperatura, etc.; pueden llegarse a una tasa de crecimiento igual a cero, a la vez que la tasa de mortalidad comienza a incrementarse hasta que el número de bacterias vivas es cero. Por supuesto que esto ocurriría en un sistema cerrado y con una cantidad de alimento limitada. Las anteriores son las condiciones bajo las cuales se desarrolla la discusión teórica siguiente:

Como ya se mencionó, las bacterias se reproducen por fisión binaria y su crecimiento puede ser explicado de dos maneras: En base al número de organismos (Ver figura 2.3a) y en base a la masa de las bacterias (ver figura 2.3b).

En la primer forma se tiene inicialmente un pequeño número de organismos que son inoculados a un medio de cultivo de volumen fijo conocido, y las variables a manejar son el número de organismos y el tiempo. Se puede distinguir cuatro fases: ⁶

⁶ Microbiología para Ingeniería Sanitaria
Ross E. Mc Kinner. Departamento de Ingeniería Civil. McGraw-Hill 1962.



- i) Fase Inicial Estacionaria: Se da durante el tiempo que requieren las bacterias para aclimatarse al nuevo medio ambiente en el que se encuentran y pueden comenzar a dividirse.
- ii) Fase Logarítmica: En esta fase las células se dividen a una razón que está determinada por el tiempo particular de nuevas células y la habilidad de las bacterias para procesar el alimento.
- iii) Fase Estacionaria: La población permanece estacionaria debido a que las células han utilizado ya el alimento disponible para crecer y continuar reproduciéndose, o bien algunas células han comenzado a morir.

- iv) Fase de muerte logarítmica: Acá el número de bacterias que mueren excede el número de bacterias que se generan y si no existe más sustrato o las características del medio no son las apropiadas, las bacterias empiezan a reducir progresivamente su número.

En términos de la masa pueden conocerse las siguientes fases:

- i) Fase Inicial Estacionaria: De nuevo, las bacterias requieren de un período de tiempo para aclimatarse y es más corto que en el caso anterior porque la masa comienza a incrementarse antes que las células inicien la fisión.
- ii) Fase Logarítmica: Acá se tiene que hay una cantidad de alimento en exceso alrededor de las células y la velocidad a la que se metabolice el sustrato es sólo función de la habilidad propia de cada bacteria.
- iii) Crecimiento Declinante: La masa bacteriana y su razón de incremento se ve detenida y disminuida debido a las limitaciones en la provisión de alimento.
- iv) Fase Endógena: Los microorganismos se ven forzados a metabolizar su propio protoplasma sin reemplazo, puesto que las concentraciones de alimento disponibles han llegado a un mínimo. Durante esta fase ocurre el fenómeno conocido como lisis y consiste en la difusión en el medio de los nutrientes contenidos en las células muertas, que, a su vez, proveen a las células restantes de alimento.

Es importante hacer notar que las figuras 2.3a y 2.3b y su discusión corresponde a una población única de microorganismos. En los tratamientos biológicos raramente se encuentra una sola población, al contrario, están caracterizados por una mezcla de poblaciones complejas e interrelacionadas, cada una de las cuales poseen su propia curva de crecimiento.

Sin embargo la proporción de cada una de las curvas depende de la cantidad y concentración del sustrato y otros factores especiales como temperatura y pH. Además la predominancia de unos sobre otros depende de si el sistema es aeróbico o anaeróbico. La figura 2.4 muestra las curvas típicas que describen el crecimiento de los microorganismos involucrados en un sistema de tratamiento aerobio.

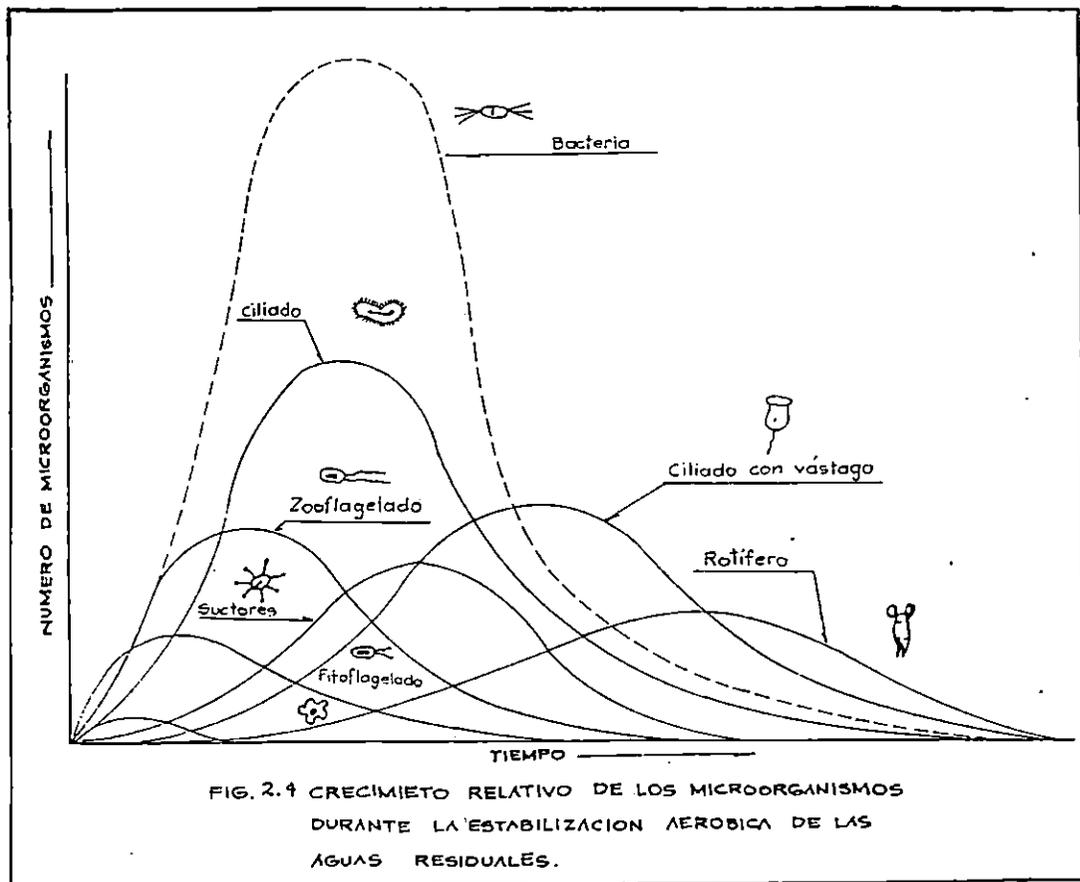


Figura 2.4. Crecimiento Relativo de los Microorganismos Durante la estabilización Aeróbica de las Aguas Residuales.

Factores que Afectan a las Bacterias.

La temperatura y el pH juegan un papel importante en la vida y la muerte de las bacterias. Se ha comprobado que la velocidad de reacción (Velocidad de reacción: Rapidez de crecimiento que presentan los microorganismos ante cambios de temperatura), para los microorganismos se duplica

por cada 10°C de aumento de temperatura, y esto hasta alcanzar una temperatura límite. (Ver figura 2.5).

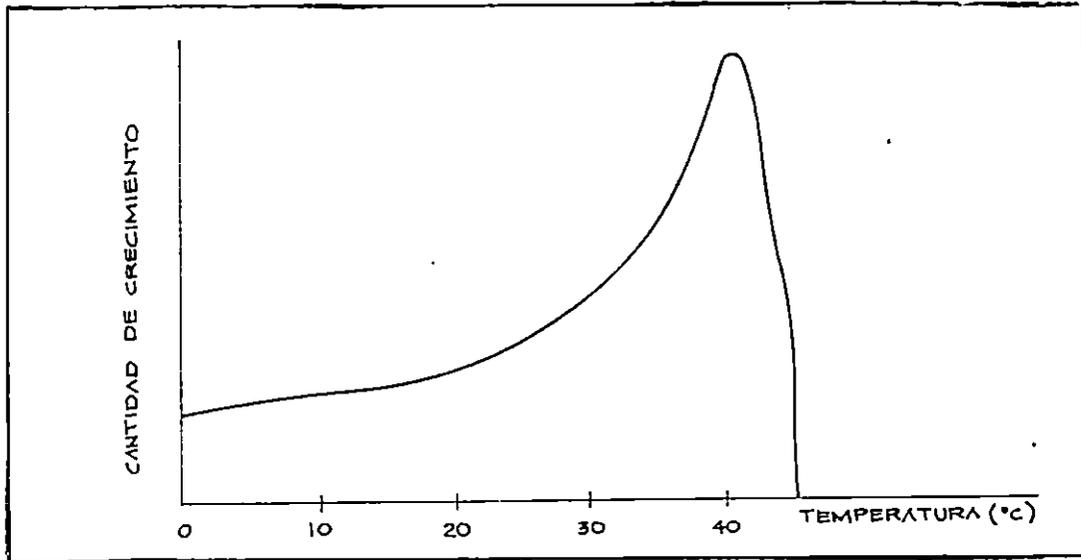


Figura 2.5 Efecto de la Temperatura en el Crecimiento de los Microorganismos

Los requisitos de temperatura para el óptimo crecimiento de las bacterias varía de especie en especie. Hay bacterias que crecen mejor a bajas temperaturas (12 - 18 °C) que se conocen como criófilas, las que requieren temperaturas cercanas a las del cuerpo humano se conocen como mesófilas (25 - 40 °C) y las que requieren de mayores temperaturas son conocidas como termófilas (55 - 65 °C).

El pH es un factor clave puesto que la mayoría de bacterias no toleran niveles de pH por encima de 9.5 o por debajo de 4.0. El pH óptimo para su crecimiento oscila entre 6.5 y 7.5.

Además de la temperatura y el pH, la luz también puede afectar a las bacterias ya que hay ciertas longitudes de onda de luz que logran destruirlas. Dichas ondas caen en la zona del espectro de luz llamado ultra - violeta. Para que la luz ultravioleta destruya a las bacterias, debe chocar con éstas directamente, por ello si el agua es turbia o si la fuente de luz no está muy cerca del agua, las bacterias no serán destruidas.

Hay otros factores que afectan a las bacterias, como son: El grado de humedad, la ósmosis, presencia de germicidas y bactericidas o de antimetabolitos en el agua.

2.3.2 HONGOS.

Los hongos son heterótrofos, no fotosintéticos y multicelulares. La mayoría de los hongos son aerobios estrictos. Pueden crecer con muy poca humedad y toleran un medio ambiente con pH de 2.2 a 9.6 aunque el pH de 5 a 6 es el más favorable para muchos de esos organismos, además tienen una baja demanda de nitrógeno.

Lo anterior hace que los hongos sean muy importantes para la formación de compost a partir de residuos sólidos orgánicos, cuando se tratan por esta vía.

2.3.3 ALGAS.

Son unicelulares o multicelulares autótrofos y fotosintéticos. En las lagunas de oxidación son un valioso elemento porque producen oxígeno a través del mecanismo de la fotosíntesis. La reacción neta es a producción de oxígeno.

Para que una laguna de oxidación actúe eficazmente es imprescindible que las algas proporcionen oxígeno a las bacterias aerobias y heterótrofas.

Debido a que las algas utilizan anhídrido carbónico en la fotosíntesis pueden producirse valores de pH elevados, lo cual ocurre durante el día. En la noche las algas producen el CO₂, por lo que significa un descenso de éste.

A pesar de su gran utilidad tiene que evitarse su crecimiento excesivo, que puede ser por medio de la eliminación de nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo.

2.3.4 PROTOZOOS.

La mayoría de los protozoos son heterótrofos. Son generalmente de un orden de magnitud, mayor que las bacterias y suelen consumir a éstas como fuente de energía, lo que hace que actúen como purificadores de los efluentes de procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales, al consumir bacterias y otras partículas orgánicas.

Los protozoos pueden dividirse en los siguientes grupos:

1. Sarcodina, como la Entamoeba histolytica.
2. Mastigophora.
3. Sporozoa, como los plasmodium.
4. Infusoria o Ciliata, como la vorticella.
5. Suctora.

2.3.5 ROTIFEROS.

Es un animal aerobio, heterótrofo y multicelular. Son muy eficaces al consumir bacterias dispersas y floculadas, así como pequeñas partículas de materia orgánica. Su presencia en el efluente indica un proceso aerobio de purificación biológica muy eficiente.

2.3.6 CRUSTACEOS.

Es un animal aerobio, heterótrofo y multicelular, pero que además tiene un cuerpo duro o coraza. Su presencia indica cantidades apreciables de oxígeno disuelto.

Son características de un efluente de muy buena calidad.

2.3.7 VIRUS.

Es la más pequeña estructura biológica conocida, que contiene toda la información necesaria para su reproducción. Muchos virus que producen enfermedades al hombre, son excretados en las heces humanas, alojados en alguna célula que le sirve de huésped, ya que es la única manera como puede vivir.

Sin embargo existe una mínima probabilidad de que vivan por un corto período de tiempo en un medio como el agua, pues ya se les ha aislado en los flujos de aguas polutas, encontrándose virus como los causantes de la poliomielitis y la hepatitis.

2.3.8 RICKETTSIAS.

Son similares en unos aspectos a los virus y en otras a las bacterias. Tienen un tamaño intermedio entre ambos. Las rickettsias son ya sea cocos o bacilos; su reproducción es similar a la de

las bacterias pero, como los virus deben hacerlo dentro de un huésped.

2.4 PROCESOS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

Los procesos biológicos se clasifican según la dependencia de oxígeno por parte de los microorganismos responsables del tratamiento, clasificación en:

- Aeróbicos
- Anaeróbicos
- Facultativos

Los objetivos que persiguen el tratamiento biológico del agua residual son la coagulación y eliminación de los sólidos coloidales no sedimentables y la estabilización de la materia orgánica. En el caso de aguas residuales domésticas el principal objetivo es reducir el contenido orgánico.

De manera muy general se puede considerar que los elementos de la naturaleza son la materia prima con la cual los seres vivos construyen su biomasa. Como es conocido los elementos en la naturaleza circulan a través de ella en ciclos, cuando esta biomasa - materia orgánica, pierde su función y se considera como desecho, en cumplimiento de los ciclos naturales de los elementos que los conforman, deben degradarse para liberarlos, tomando en ello parte activa a los microorganismos.

Si se considera el ambiente bioquímico en el cual pueden ocurrir los procesos de descomposición de la materia orgánica, se advierte que la naturaleza ofrece tres opciones básicas. Una descomposición en ambiente aerobio (con presencia de oxígeno), en el cual el oxígeno actúa como un receptor final de los electrones liberados en la descomposición, una descomposición

anaerobio (sin presencia de oxígeno), y otros a través de microorganismos facultativos (trabajan con o sin presencia de oxígeno).

2.4.1 PROCESO DE TRATAMIENTO AEROBIO.

El proceso aerobio se caracteriza por que la descomposición de la materia orgánica se lleva a cabo en una masa de agua que contiene oxígeno disuelto. En éste proceso en el que participan bacterias aerobias se originan compuestos inorgánicos que sirven de nutrientes a las algas, las cuales a su vez producen más oxígeno que facilita la actividad de las bacterias aerobias. Existe una simbiosis entre bacterias y algas que facilitan la estabilización aerobia de la materia orgánica.

El desdoblamiento de la materia orgánica se lleva a cabo con instrucciones de enzimas producidas por las bacterias en sus procesos vitales.

A través de estos procesos bioquímicos en presencia de oxígeno disuelto las bacterias logran el desdoblamiento aerobio de la materia orgánica. El oxígeno consumido es parte de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Las algas a través del proceso de Fotosíntesis generan gran cantidad de oxígeno disuelto en presencia de la luz solar.

Como resultado final en el proceso aerobio, se lleva a cabo la estabilización de la materia orgánica putrescible (muerta), originalmente presente en las aguas residuales, la cual se transforma

en materia orgánica viva incorporada al protoplasma de las algas⁷. La estabilización de la materia orgánica en este proceso se da a través del ciclo aerobio (ver figura 2.6).

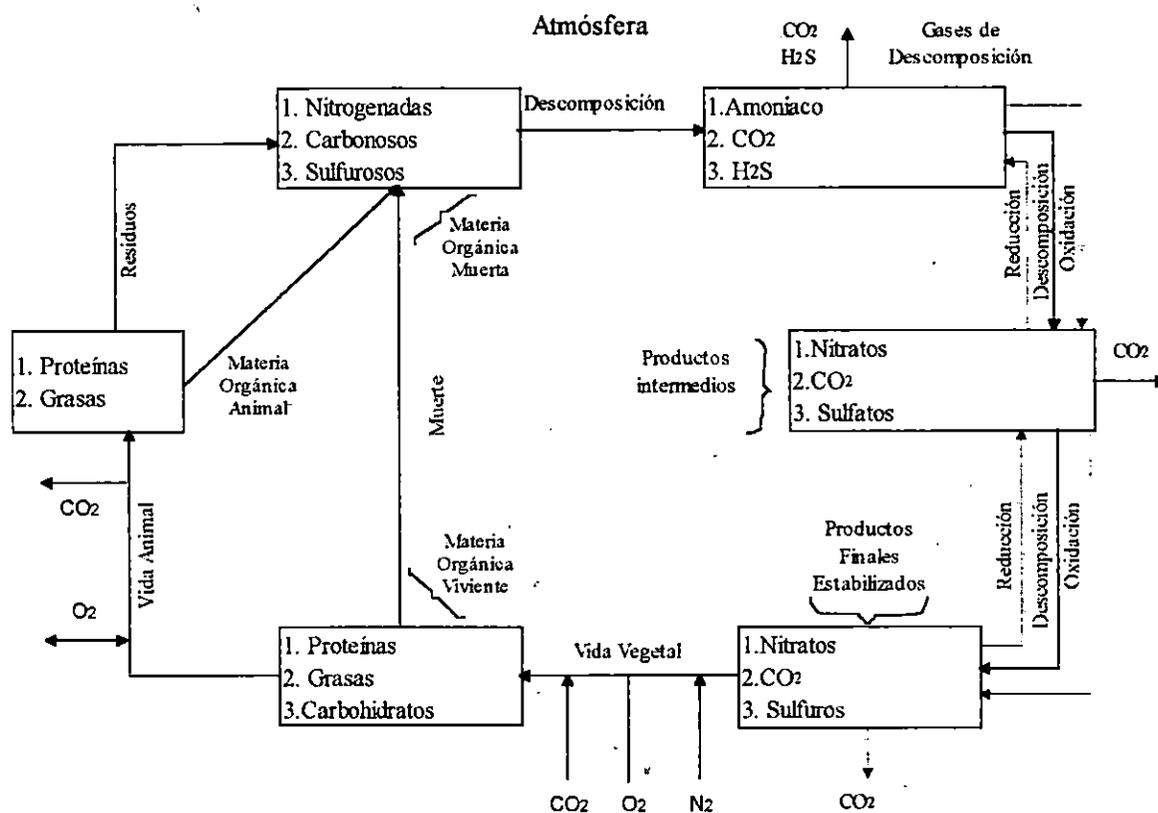


Figura 2.6 Ciclo Aerobio

2.4.2 PROCESO DE TRATAMIENTO ANAEROBIO.

Es el proceso de degradación de la materia orgánica por la acción coordinada de diversos grupos de microorganismos, en aquellos ambientes en ausencia de oxígeno.

La descomposición anaeróbica de materia orgánica involucra procesos metabólicos que son menos eficientes que el metabolismo aerobio. Los organismos anaerobios por lo general liberan materia orgánica rica en energía del sustrato en donde actúan, puesto que no utilizan completamente la energía potencial que reciben.

Este proceso puede ser considerado como ventajoso para el tratamiento de aguas residuales, pues la baja producción de material celular minimiza la cantidad de lodo que deberá ser eliminado. Por lo tanto su principal aplicación se encuentra en la digestión de lodos procedentes de aguas residuales domésticas, una vez concentradas.

Como producto del proceso anaerobio se obtiene un gas, denominado usualmente como biogas, cuya composición básica es de metano y dióxido de carbono (95%), pero con la presencia adicional de nitrógeno, hidrógeno, amoníaco y sulfuro de hidrógeno (<1.0%).

La estabilización de la materia orgánica en este proceso se a través del ciclo anaerobio, ver figura 2.7. El proceso anaerobio puede tener usos con objetivos de gran interés como son:

- En el saneamiento ambiental.
- Para la recuperación de energía.
- Para mejorar las propiedades fertilizantes de los residuos orgánicos.

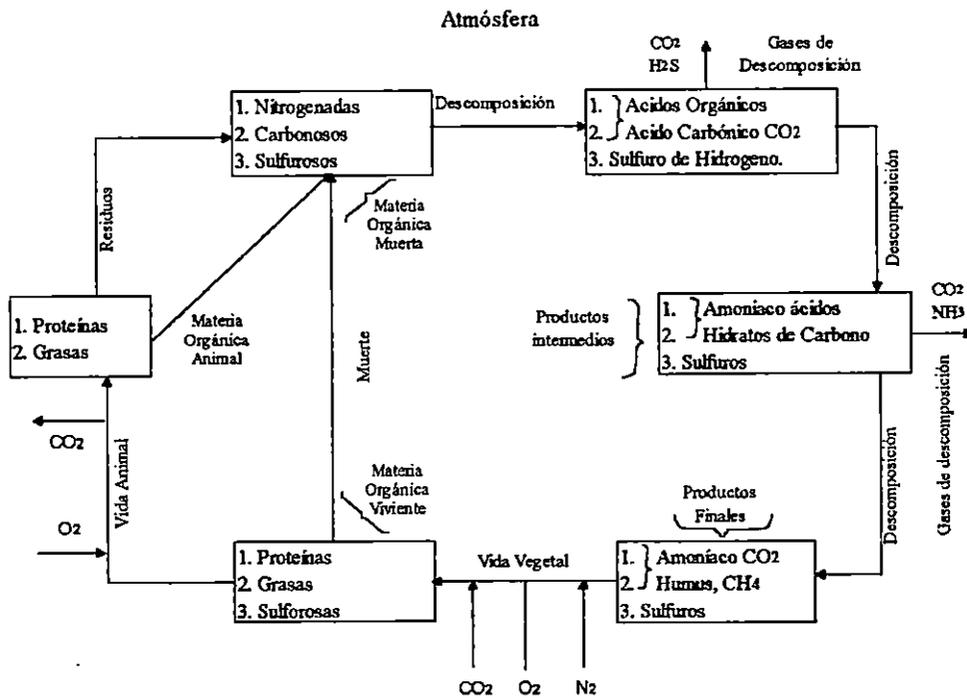


Figura 2.7. Ciclo Anaerobio

En el saneamiento ambiental se hace énfasis especialmente en el tratamiento de los residuos líquidos con materia orgánica disuelta y el proceso anaerobio de la materia orgánica no disuelta, particulada. En esta última la etapa de descomposición que controla todo el proceso es la solubilización de la materia orgánica y usualmente es un material no fluido que presenta problemas para el flujo dentro de los reactores.

Tradicionalmente la aproximación más usual para la comprensión de los fenómenos involucrados en el proceso anaerobio ha sido la de dividirlo en dos etapas:

Una ácida inicial y una final productora de metano. Sin embargo de acuerdo a los desarrollos más recientes las etapas básicas en las cuales se puede dividir el proceso son:

1. Hidrólisis

En esta etapa los compuestos insolubles y solubles poliméricos de alto peso molecular son partidos en compuestos de todo el proceso es la de solubilización de la materia orgánica y usualmente, es un material no fluido que presenta problemas para el flujo de los reactores, denominados mono y oligómeros como los azúcares, aminoácidos y polipéptidos por la acción de exoenzimas, de manera que los compuestos pueden ser asimilados por la célula. Esta etapa la realiza el grupo de bacterias fermentativas.

2. Acidogénesis

Una vez asimiladas por las bacterias los compuestos generados en la primera etapa, son transformados en ácidos orgánicos saturados ácidos propiónico, butírico y acético, en proporciones relativas variables que dependen de las condiciones del medio ambiente. De forma paralela se produce hidrógeno. Esta etapa la realiza el grupo de bacterias fermentativas.

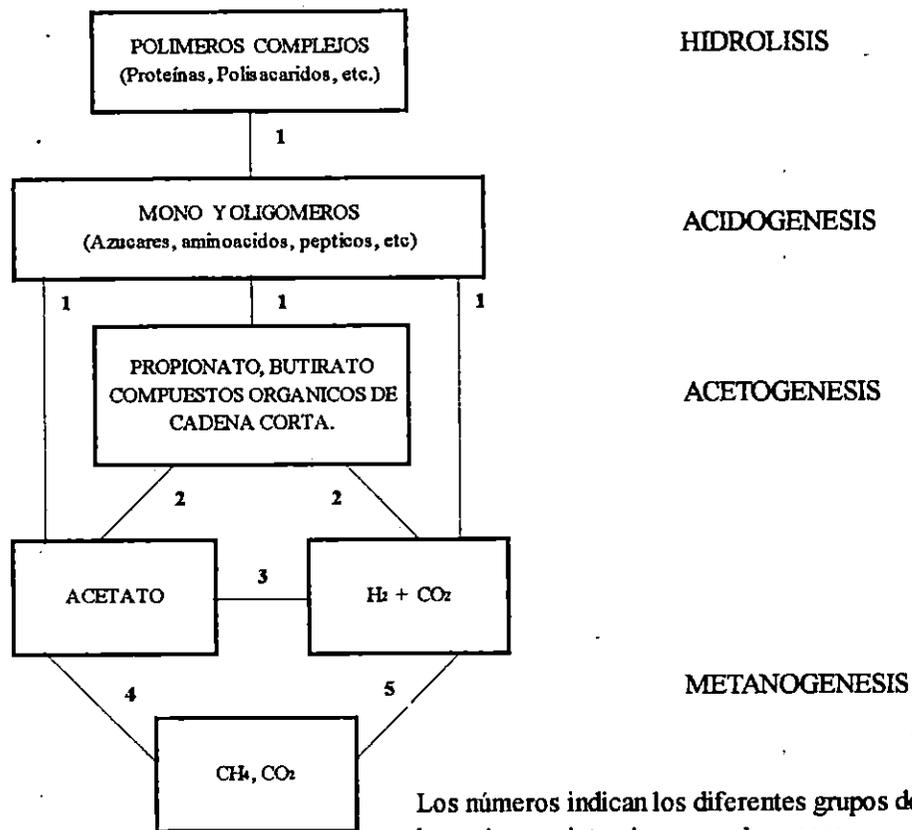
3. Acetogénesis

Existen, para propósitos prácticos dos precursores del metano, el ácido acético y el hidrógeno; es decir que los demás productos de la fase anterior deben ser necesariamente transformados a estos para que exista génesis de metano. La realización de esta fase está fuertemente influenciada por las condiciones medio ambientales, especialmente en cuanto a la presión parcial del hidrógeno. En esta etapa están involucradas las bacterias acetogénicas productoras de hidrógeno y las bacterias metanogénicas y acetogénicas consumidoras de hidrógeno.

4. Metanogénesis

Es la etapa mas importante del proceso, pues es en ella en la cual se produce la remoción de la materia orgánica disuelta en el agua y puede recuperarse la energía en forma de metano. Del correcto equilibrio entre esta etapa y las anteriores depende la estabilidad del proceso, estando involucradas las bacterias metanogénicas acetoclásticas y las metanogénicas hidrogenoclásticas, ver figura 2.8.

En este proceso las reacciones anaerobias son mas lentas y los productos de las mismas pueden originar malos olores. Las condiciones anaerobias se establecen cuando el consumo de oxígeno disuelto es mayor que la incorporación del mismo a la masa de agua por la fotosíntesis de las algas o por la aireación superficial. La aplicación de una carga superficial muy alta hace que desaparezcan las algas y el oxígeno disuelto y que la laguna se torne de color gris oscuro. El desdoblamiento de la materia orgánica sucede en una forma más lenta y se generan malos olores por la producción de sulfuro de hidrógeno.



- 1 Bacterias fermentativas
- 2 Acetogénicas productoras de hidrógeno
- 3 Acetogénicas consumidoras de hidrógeno
- 4 Metanogénicas acetoclásticas.

Figura 2.8 Flujo del Carbono en la Digestión Anaerobia

2.4.3 PROCESO DE TRATAMIENTO FACULTATIVOS.

La estabilización de la materia orgánica se lleva a cabo en este proceso a través de la acción de los organismos aerobios cuando hay oxígeno disuelto en el agua y de los organismos anaerobios cuando en la misma no hay oxígeno disuelto; estos aprovechan el oxígeno originalmente presente en las moléculas de la materia orgánica que se está degradando. Este proceso resulta útil, efectivo en la estabilización de la materia orgánica y en la reducción de organismos patógenos originalmente presente en las aguas residuales.

De los procesos de tratamiento biológicos se estudiarán el sistema de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales.

2.5 LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

Una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen de poca profundidad (2 - 4 mts) y con períodos de retención relativamente grandes (por lo general de varios días).

Cuando las aguas residuales son descargadas en lagunas de estabilización se realiza en las mismas, en forma espontánea, un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico.

Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

Los parámetros más utilizados para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de aguas residuales y la calidad de sus efluentes son: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que caracteriza la carga orgánica; y el número más probable de coliformes fecales (NMP cf/ 100 ml), que caracteriza la contaminación microbiológica. También tiene importancia los sólidos totales, sedimentables, en suspensión y disueltos. Los parámetros antes mencionados son empleados para el diseño de lagunas de estabilización.

2.5.1 CLASIFICACION DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

Las lagunas de estabilización pueden clasificarse en:

- Lagunas aeróbicas
- Lagunas anaeróbicas
- Lagunas facultativas

Tabla No. 2.2: Tipos de Lagunas y su Aplicación.

TIPO DE LAGUNA	NOMBRE COMUN	CARACTERISTICA PRINCIPAL	APLICACION
AEROBICA	a) Baja tasa b) Alta tasa c) Terciaria o de maduración	a) Diseñada para mantener condiciones aerobias en toda la profundidad. b) Diseñada para optimizar la producción de algas. c) Son similares a las bajas, pero la carga que recibe es menor.	a) Tratamiento de materia orgánica soluble y efluente secundarios. b) Remoción de nutrientes, materia orgánica soluble. c) Refinar efluentes secundarios (filtros biológicos o lodos activados)
AEROBICA ANAEROBICA (fuente de oxígeno: algas)	LAGUNA FACULTATIVA	Son más profundas que las de alta tasa. Posee tres capas diferenciables.	Influentes con pretratamiento o tratamiento primario.
ANAEROBICA	LAGUNA ANAEROBICA DE PRE-TRATAMIENTO	Prevalecen condiciones anaerobias en toda la profundidad. Es seguida de laguna aeróbica o facultativa	Tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales.
ANAEROBICA CON FACULTATIVA	SISTEMA DE LAGUNAS	Combinación de lagunas	Tratamiento completo con alta remoción de bacterias

Fuente: Curso de Lagunas de Estabilización Teoría, Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento. CEPIS/OPS. 1996.

2.5.1.1 LAGUNAS AEROBICAS

Se les conoce también como lagunas de alta producción de biomasa; utilizan el oxígeno producido por medio de la fotosíntesis. Es un proceso complejo en el que la energía de la luz es absorbida por los cloroplastos de las células y el que se toma en la interfase agua- aire para mantener el mismo nivel de oxígeno disuelto en todo su profundidad. Las lagunas aeróbicas son poco profundas cerca de 50 cm, los tiempos de retención son relativamente cortos (2 a 6 días) y con cargas variables de DBO entre 110 y 20 kg/Hab/día. ⁸

En el estanque aeróbico la estabilización de la materia orgánica es llevada a cabo por la acción de bacterias aeróbicas, con producción de protoplasma bacteriano, bióxido de carbono y agua como productos finales, las algas toman el bióxido de carbono, el agua y los minerales inorgánicos lo emplean en la construcción de su protoplasma, eliminando a su vez oxígeno, el cual mantiene en equilibrio la aerobiosis del estanque.

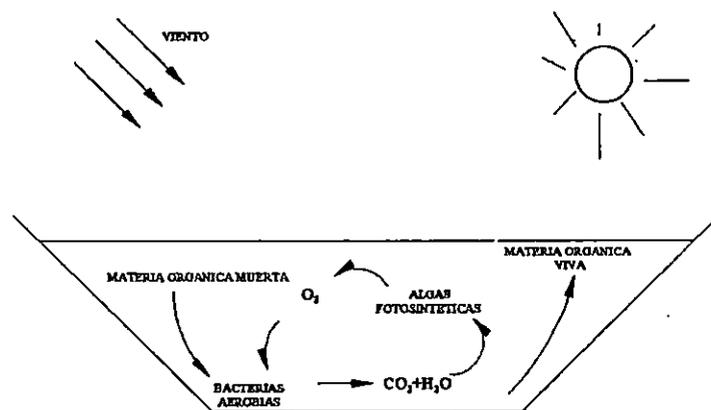


Figura 2.9. Esquema de Laguna Aerobia

⁸ Curso "Lagunas de Estabilización Teoría, Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento. CEPIS/OPS, 1996.

Las lagunas aeróbicas pueden diseñarse para dos objetivos básicos:

- La maximización de la producción de algas.
- La optimización de la cantidad de oxígeno producido.

Este tipo de lagunas han sido utilizadas perfectamente en climas calientes y con buena radiación solar, con propósitos de producción y cosechas de algas y su uso en tratamientos de aguas residuales no es generalizada. En las lagunas aeróbicas la tasa de oxidación de la materia orgánica provocada por los microorganismos, excede a la tasa de aireación superficial natural, siendo suministrado el oxígeno adicional por las algas.

El oxígeno es liberado por las algas y es utilizado por las bacterias heterótrofas para la oxidación de la materia orgánica. Los hidratos de carbono, proteínas y grasas, contenidos en las aguas residuales son desdoblados por acción de las bacterias y hongos. En el proceso de estabilización se pueden distinguir 3 etapas:

1. Transformación de la materia orgánica para obtener energía: las bacterias y los hongos oxidan la materia orgánica, utilizando el oxígeno disuelto en el agua y produciendo energía.
2. Síntesis del material celular: utilizan la energía de la etapa anterior para sintetizar nuevo material celular.⁹

⁹ Tratamiento y Depuración de las Aguas residuales.
Metcalf - Eddy. Editorial Labor. Barcelona España 1977.

3. Autodestrucción o fase endógena: a medida que avanza el grado de estabilización de la materia orgánica, disminuye la cantidad de sustrato disponible y se inicia la fase endógena del crecimiento.

2.5.1.2 LAGUNAS ANAEROBICAS.

En el proceso anaeróbico, la materia orgánica es licuada, gasificada, mineralizada y transformada en materia orgánica más estable.

Son estanques relativamente profundos (2.5 a 5.0 mts) en donde los procesos de estabilización se llevan a cabo en ausencia de oxígeno libre y sin actividad fotosintética.

La estabilización se lleva a cabo mediante precipitación y conversión anaerobia y productos finales de bióxido de carbono, metano, ácido orgánicos, gases y tejido celular. (Ver figura 2.10).

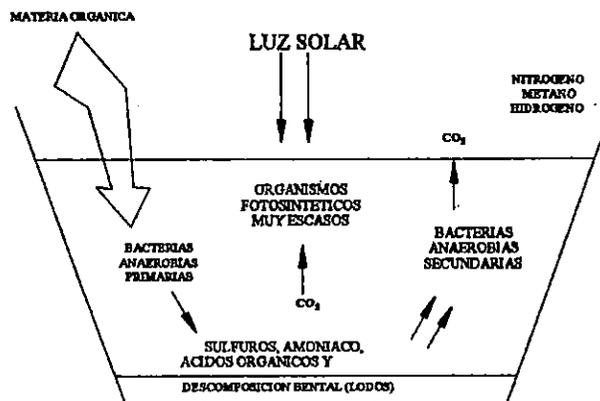


Figura 2.10. Esquema de una Laguna Anaerobia.

Se emplean como primera unidad del sistema en casos donde la disponibilidad del terreno es limitada o para el tratamiento de aguas residuales con elevada carga orgánica. Se diseñan de manera

que funcione como sedimentador y digester de lodos abiertos, sin mezcla completa.

Debido a las altas cargas que soportan (1000 Kg DBO/ha/día) y a la reducida eficiencia que se logra el efluente que produce requiere de tratamiento adicional, que puede consistir en una laguna facultativa posterior dispuesta en serie. Las lagunas anaeróbicas son menos eficientes para la reducción de organismos coliformes.

La estabilización de la materia orgánica se logra por fermentación anaeróbica.

Los mecanismos son muy complejos y aun no están claramente definidos. En la descomposición anaerobia las reacciones son más lentas, las aguas toman color negro-grisáceo, de aspecto desagradable y con producción de malos olores.

Pueden distinguirse dos grandes fases: Una fermentación inicial, seguida por formación de metano y bióxido de carbono.¹⁰

2.5.1.3 LAGUNAS FACULTATIVAS.

Pueden distinguirse tres zonas en las lagunas facultativas :

- 1- Superficial Aerobia: donde existe la relación simbiótica entre las algas y las bacterias.
- 2- Intermedia Facultativa.

¹⁰ Tecnología utilizada para el Tratamiento de Aguas Residuales.
Rodolfo Saenz, 1980. OPS - OMS.

3- Inferior Anaerobia: Los Sólidos acumulados son descompuestos por bacterias anaeróbicas.

Las partículas mayores se sedimentan para formar una capa de lodos en el fondo y la descomposición anaerobia de los sólidos produce sólidos orgánicos disueltos y gases como el bióxido de carbono gaseoso y metano.

En la superficie y la zona intermedia , la materia coloidal y soluble es oxidada por las bacterias aeróbicas y facultativas quienes utilizan el oxígeno producido por las algas que crecen abundantemente cerca de la superficie del agua.

Las lagunas facultativas se oxigenan principalmente por la actividad fotosintética de las algas bajo la influencia de la radiación solar, la aireación superficial por la acción del viento también aporta una importante proporción de oxígeno, más durante la noche, cuando las algas demandan oxígeno, en la misma forma que las bacterias.

A causa de la absorción de la luz solar por las células de las algas, la penetración efectiva de la luz puede ser inferior a un metro, en consecuencia, la formación de oxígeno suele quedar limitado a la capa superior¹¹.

¹¹ Microbiología para Ingeniería Sanitaria. Mckinney. Ross E. McGraw Hill. 1962.

Generalmente cuando la carga orgánica aplicada a las lagunas es baja ($<$ de 300 kg. de DBO / Ha. /Día), y la temperatura ambiente varía entre 15 y 30° C, en el estrato superior de la laguna suelen desarrollarse poblaciones de algas microbianas, que en presencia de la luz solar producen grandes cantidades de oxígeno, haciendo que haya una alta concentración de oxígeno disuelto que en muchos casos llega a valores de sobresaturación. La parte inferior de las lagunas facultativas suelen estar en condiciones anaerobias. Conviene que las lagunas de estabilización trabajen bajo condiciones definidamente facultativas o definidamente anaeróbicas, ya que el oxígeno es un tóxico para las bacterias anaerobias que realizan el proceso de degradación de la materia orgánica y la falta de oxígeno hacen que desaparezcan las bacterias aerobias que realizan este proceso. Se recomienda diseñar las lagunas facultativas a 20° C para cargas orgánicas mayores de 100 kg/ ha/ día; cuando la carga orgánica aplicada se encuentra entre los dos límites se pueden presentar problemas con malos olores y la presencia de bacterias formadas de sulfuros. El límite de carga para las lagunas facultativas aumenta con la temperatura ¹² (ver figura 2.11).

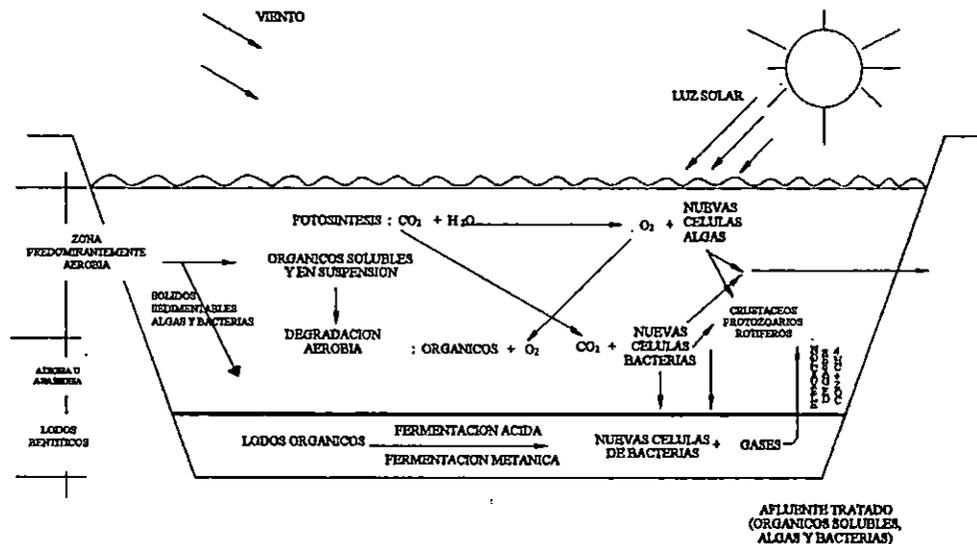


Figura 2.11. representación Esquemática de Reacciones Biológicas de una Laguna Facultativa

¹² Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ciencias Del Medio Ambiente.

2.6 REMOCION DE ORGANISMOS PATOGENOS POR MEDIO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

En nuestro medio el objetivo prioritario de las aguas residuales debe ser la remoción de parásitos, bacterias, y virus patógenos pues son males endémicos en nuestro país y no la remoción de materia orgánica y nutrientes.

La opción tecnológica mediante la cual se alcanza plenamente el objetivo "no patógenos", corresponde a las lagunas de estabilización que, tomando como base el período de retención y los mecanismos naturales, pueden lograr la remoción total de parásitos, bacterias y virus patógenos.

El uso de la prueba de coliformes es una herramienta valiosa para la evaluación de la calidad bacteriológica de aguas contaminadas. Hasta el momento no se conoce un mejor indicador de contaminación fecal que el coliforme, por lo cual se continúa con su uso.

2.6.1 REMOCION DE BACTERIAS.

Tanto en lagunas de estabilización facultativas como en las anaerobias se presenta un decaimiento de bacterias patógenas, que en la práctica de la ingeniería sanitaria se mide a través del decaimiento de las bacterias coliformes fecales. Esta razón de decaimiento es muy baja, lo que hace que para lograr efluentes de buena calidad microbiológica las lagunas de estabilización necesiten periodos de retención muy grandes (de 5 a 30 o más días) dependiendo de los requerimientos de calidad de los efluentes, de las característica del agua residual, de la temperatura, de la radiación solar y otras características.

Factores que Influyen en el Decaimiento Bacteriano.

- Temperatura del agua.

La temperatura del agua es quizás el factor más descrito y mejor conocido. La elevación de la temperatura aumentará el decaimiento bacterial presuntamente por el incremento de la actividad metabólica ya que se ha demostrado que el crecimiento de algas es máximo en un rango de temperatura de 25 a 30 °C . Un aumento en la concentración de algas mejorará la eficiencia del tratamiento de la laguna con relación a la remoción de bacterias. Un aspecto importante es que los depredadores se multiplican más rápidamente a temperaturas más altas y por ello el número de bacterias disminuye velozmente.

- Radiación Solar.

La radiación solar, puede tener un efecto directo e indirecto sobre el decaimiento bacteriano. El efecto indirecto es que las algas crecerán más rápidamente con el incremento de la intensidad de la luz. Por si solo, el aumento del número de algas es importante para el decaimiento bacteriano.

El efecto directo es la formación de sustancias tóxicas de oxígeno causados por la luz. Se ha demostrado que las sustancias húmicas, comunes en el desagüe y en las lagunas de estabilización absorben luz solar y pasan esta energía al oxígeno originando formas tóxicas de oxígeno. Estas formas de oxígeno dañan y destruyen a las bacterias en la laguna. El daño ocasionado por la luz a los coliformes fecales, procesos conocidos como foto-oxidación, es completamente dependiente del oxígeno. Este mecanismo actúa sinérgicamente con un PH elevado, tal vez debido a que las formas tóxicas dañan la membrana interna de los coliformes fecales. Por eso no es sorprendente que la foto-

oxidación se vea afectada por la luz, PH y la concentración de oxígeno disuelto.

- Valor de PH.

Diferentes investigaciones sugieren que los valores de PH que se aproximan a 9 o más podrían desempeñar un papel crítico en el aceleramiento del decaimiento bacteriano. Un valor de PH de 9 o más es letal para los coliformes fecales. Pero también por debajo de este nivel pueden ocurrir reducciones considerables de coliformes fecales y se puede encontrar una relación entre un incremento de la velocidad del crecimiento bacteriano y los elevados niveles de PH.

- DBO y Nutrientes.

Las bacterias requieren formas orgánicas de carbón y nitrógeno, lo cual implica que una escasez de sustratos orgánicos podría reducir el número de coliformes. La carga orgánica por si sola no influencia la remoción de coliformes, sino a través de cambios ambientales asociados a ella. Por tanto, el parámetro estará representado por cambios en los otros parámetros.

- Oxígeno Disuelto.

Como se ha indicado también bajo la radiación solar, la existencia de formas tóxicas de oxígeno es importante para el decaimiento bacteriano. Es evidente que las altas concentraciones de oxígeno disuelto tengan un efecto positivo sobre la formación de compuestos tóxicos de oxígeno.

- Concentración de Algas.

La influencia de algas en el decaimiento bacteriano no es directa. El efecto más importante para las bacterias está determinada por la relación de las algas y otros factores, especialmente por el PH, oxígeno disuelto y penetración de la luz en las lagunas. Durante el día las algas producen oxígeno y absorben CO₂. Estos procesos metabólicos dependen de la luz e incrementan los niveles de oxígeno disuelto y PH. Durante el día las algas también producen biomasa y la concentración total de algas aumenta.

- Profundidad de la Laguna.

Si una laguna no es muy profunda, la luz solar puede llegar hasta cerca del fondo y la fotosíntesis se puede dar en casi todo el volumen de la laguna. Los beneficios de la fotosíntesis por las algas ha sido mencionado antes y no es sorprendente que el decaimiento bacteriano se incremente significativamente mientras menor sea la profundidad de la laguna.

Por otro lado, es evidente que para el mismo flujo del afluente y área, una laguna más profunda tendría de retención mayor y por lo tanto habrá más tiempo disponible para la eliminación de las bacterias. Se ha observado que lagunas con profundidades que van de 0.32 a 1.35 mts. la mayor tasa de remoción compensa el menor tiempo de retención de las lagunas poco profundas, de tal manera que el área requerida para la eficiencia de remoción de una bacteria específica es en gran medida independiente de la profundidad de la laguna. Además, en lagunas más profundas la eficiencia del tratamiento con relación a los nutrientes es menor.

- Competencia y Depredación.

Las bacterias provenientes de las aguas residuales forman parte de la cadena alimenticia de la laguna y gran número de estos organismos son consumido por los protozoarios u otras más evolucionadas de la vida animal. En el ambiente de la laguna también hay competencia por los nutrientes disponibles. Especialmente cuando la escasez relativa de los nutrientes, las bacterias fecales ofrecen una competencia menos fuerte a los organismos de la laguna.

2.6.2 REMOCION DE PARASITOS

Las lagunas residuales están contaminadas por una fuerte carga de organismos patógenos excretados por individuos enfermos o de portadores sanos, entre estos agentes patógenos se encuentran: los protozoos y los helmintos, que parasitan al hombre y son evacuados con las heces. En menos cantidad se encuentran parásitos propios de animales, pero que pueden ser causa de zoonosis parasitarias.

La presencia de parásitos en las lagunas residuales es uno de los factores de riesgo más importantes, ya que estos organismos pueden llegar a la población a través de las fuentes de agua de consumo y de riego contaminada con aguas residuales. Ante este panorama epidemiológico es de vital importancia que las tecnologías de tratamientos de aguas residuales, sean muy eficientes en la remoción de estos organismos. Esta es una característica atractiva de las lagunas de estabilización, su gran eficiencia en la remoción de parásitos.

La remoción de parásitos en las lagunas de estabilización se obtiene por la sedimentación de los quistes de los protozoos y huevos de helmintos.

De acuerdo con el resultado de un buen número de investigaciones y evaluaciones de las lagunas y para asegurar la reducción total de helmintos y quistes de protozoos, se ha recomendado el diseño de la laguna de estabilización con un período de retención de 8 a 10 días como mínimo. El período de retención recomendado por la OMS es de 10 días. En la siguiente tabla 2.3 se muestran las velocidades de sedimentación de los enteroparásitos más comunes en las aguas residuales.

Tabla No. 2.3 Velocidad de sedimentación de quistes y huevos helmintos.

ESPECIE	CARACTERISTICAS DE LOS QUISTES Y HUEVOS			Velocidad de Sedimentación (m / hora)
	Tamaño (mμ)	Densidad (g/cm ³)	Forma	
PROTOZOOS				
Entamoeba histolytica	20	1.1	Esférica	0.11
HELMINTOS				
Ascaris Lumbricoides	55x40	1.11	Esférica	0.65
Uncinarias	60x40	1.055	Esférica	0.30
Schistosoma sp	150x50	1.18	Cilíndrica	12.55
Taenia Saginata	30	1.1	Esférica	0.26
Trichuris trichiura	50x22	1.5	Cilíndrica	1.53

2.7 MODELOS DE REDUCCION BACTERIANA

2.7.1 MODELO DE MEZCLA COMPLETA

El modelo de mezcla completa ha sido usado repetidamente para el dimensionamiento de lagunas para reducción bacteriana. Este modelo supone que el afluente se dispersa instantáneamente y uniformemente por toda la laguna (ver figura 2.12). Entre las principales fallas de este modelo está la suposición del submodelo hidráulico de mezcla completa. Otro inconveniente es la aplicación a lagunas de igual tamaño en serie, lo cual produce serias distorsiones y en la práctica no tiene buenos resultados, principalmente en el caso de sistemas en serie con unidades primarias de tipo anaeróbico.

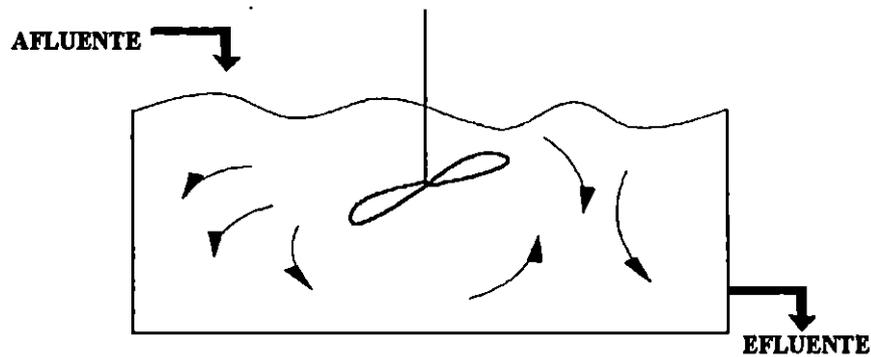


Figura 2.12. Flujo Completamente Mezclado

Asumiendo mezcla completa, los datos de evaluaciones de lagunas han sido utilizadas para calcular las constantes globales de mortalidad bacteriana, con el uso de la fórmula:

$$K_b' = \frac{\left(\frac{N_o}{N-I}\right)}{PR}$$

En donde:

N y N_o : Son respectivamente el coliforme fecal del efluente y afluente en #/ 100 ml.

K_b' : Es la constante de mortalidad global en

(1 / días)

PR :

Es el período de retención de la laguna en días.

Este modelo entra en desuso con el desarrollo de las constantes de mortalidad neta y la caracterización del submodelo hidráulico que forman parte del modelo de flujo disperso.

Para el dimensionamiento de lagunas aeróbicas las constantes de mortalidad global fueron desarrolladas por Marais, haciendo uso de experimentos de coliforme fecal, total realizados en afluente y efluente de las lagunas, asumiendo reactor completamente mezclado. Los promedios para dos organismos se reportaron alrededor de 2.0 (1/días). Estos datos se ajustaron razonablemente al modelo de Marais con un valor de $K_b' = 2$. Es importante mencionar que durante esas experiencias los investigadores dieron muy poca importancia a la temperatura, y condiciones anaeróbicas.

Para determinar la influencia de la temperatura en la tasa de reducción bacteriana, Marais realizó experimentos y encontró un valor de $K_b' = 2.6$ para 20°C. Con la relación de dependencia de temperatura, la cual es válida entre (5 y 20 °C).

$$K_b' = 2.6 \times 1.19^{(T - 20)}$$

La ecuación significa que la mortalidad de coliforme fecal en lagunas de estabilización es altamente dependiente de la temperatura.

2.7.2 MODELO DE FLUJO DISPERSO

Los dos componentes esenciales de este modelo son: La constante de mortalidad neta y la característica del submodelo hidráulico a través del factor de dispersión.

- Mortalidad Neta -

Es una constante de reacción de primer orden que caracteriza a la ley de Chick y es desarrollada a través de pruebas específicas en equilibrio discontinuo o en reactores de forma alargada.

Se han realizado ensayos con lagunas subdivididas, simulando flujo a pistón, que son de gran utilidad en la determinación de tasa de mortalidad neta de bacterias, no solo por que proporcionan datos de la constante cinética de mortalidad, sino porque al mismo tiempo, valida el uso del modelo de flujo disperso.

Estudios realizados por varios autores, consideran que uno de los aspectos de mayor importancia en el coeficiente de mortalidad neto es la influencia de la temperatura, ya que realizaron experimentos para calcular el coeficiente Φ , obteniendo resultados similares que determinaron que para $\Phi = 1.07$, utilizando flujo tipo pistón y con espacios muertos, se logran mayor eficiencia al evaluar la mortalidad de microorganismos patógenos en lagunas de estabilización. Llegaron a determinar un coeficiente de dependencia de la temperatura con la ley modificada de Arrhenius $\Phi = 1.07$, tomando la siguiente consideración:

$$K_b' = 1.1 \times 1.07^{(T - 20)}$$

2.7.3 SUBMODELO HIDRAULICO

Las condiciones ambientales que se presentan en las lagunas de estabilización son hostiles para los microorganismos patógenos.

Se han realizado estudios con el fin de identificar las causas de la reducción de bacterias, incluyendo los altos niveles de PH común en las horas de mayor productividad de algas, exposición a radiaciones, oxígeno disuelto y la limitación de nutrientes.

Este modelo se basa en condiciones cinéticas de primer orden y supone condiciones completamente mezcladas. Marais, propuso un modelo para la remoción de bacterias en lagunas en las cuales se supuso que la constante de decaimiento de primer orden dependía de la temperatura; otros modelos consideran también reacciones de primer orden en las cuales la tasa de decaimiento depende de la temperatura.

Se presenta un gráfico adicional de curvas de dispersión de un reactor de volumen (V) y caudal de ingresos (Q). La escala horizontal es la razón entre el tiempo de retención ($PR = V/Q$), y la escala vertical, es la razón entre la concentración del trazador (C) y la concentración que se obtendría si el trazador se mezclara instantánea con todo el contenido del reactor (C_0).

La curva A es una curva teórica para una dispersión ideal en la cual el afluente se dispersa instantáneamente y uniformemente por todo el tanque (completamente mezclado), mientras que la línea vertical en F representa lo que podría ocurrir en un reactor idealizado en el cual la velocidad de flujo es siempre la misma (flujo tipo pistón) (ver figura 2.13).

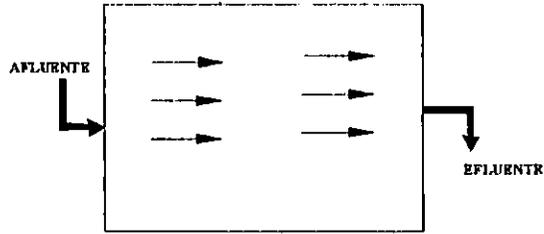


Figura 2.13. Flujo Tipo Pistón

Las curvas B, C, D y E muestran los flujos característicos bajo condiciones parcialmente mezcladas. Los modelos de flujo hidráulico que se cumplen en los estanques con una gran razón de L/W , normalmente se ubican entre los completamente mezclados y los de flujo tipo pistón. Las lagunas con coeficientes relativamente altos de L/W se aproximan a las características de mezclas de las curvas E y F, y son más deseables puesto que la ocurrencia de cortocircuitos será mínima y permite una mayor eficiencia en la remoción de microorganismos entéricos.

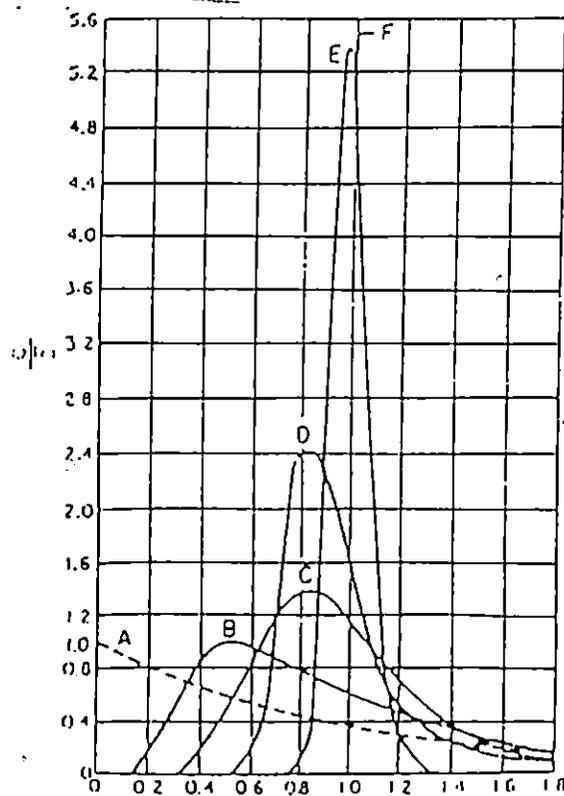


Figura 2.14. Curvas de Dispersión.

v/q

La inclusión de las características de dispersión en las ecuaciones de diseño de lagunas de estabilización producen mejores resultados en la predicción de la calidad de sus efluentes, porque ellos dan razón de los fenómenos hidráulicas que ocurren en la laguna, forma de la laguna, velocidad de flujo, cortocircuito y dispositivos de entrada y salida. Sin embargo el uso de este modelo de flujo disperso, no da razón de la existencia de zonas muertas o estancadas, las cuales reducen el volumen efectivo de la laguna, con bajas relaciones L/W. El número de dispersión de flujo (d) puede expresarse como:

$$d = \frac{D}{UL} \quad (1)$$

Donde:

$D =$ Coeficiente de dispersión longitudinal o axial que caracteriza el grado de mezcla en el flujo. ($m^2/día$)

$U =$ Velocidad de flujo, en (m/día)

$L =$ Longitud del paso de fluido desde el afluente hasta el efluente.

Las fórmulas para las condiciones de mezcla completa y de flujo tipo pistón, suponiendo cinética de primer orden, condiciones estables y falta de pérdidas debido a la evaporación y la infiltración son:

$$N = \frac{N_o}{1 - Kb.PR} \quad (2)$$

$$N = N_o \cdot e^{1-Kb.PR} \quad (3)$$

Donde:

N = Número de coliformes fecales en el efluente
(# / 100 ml)

N_0 = Número de coliformes fecales en el afluente
(/ 100 ml)

K_b = Tasa de mortalidad de coliformes fecales
(1 / día)

La ecuación (2) se ha usado para diseñar lagunas de estabilización para la remoción de coliformes fecales. Marais encontró que el valor de K_b para la reducción de coliformes fecales es:

$$K_b = 3.6 \times (1.19)^{(T-20)} \quad (4)$$

Donde:

T = Temperatura del agua de la laguna en el mes más crítico o mes más frío
(°C).

Puesto que normalmente las lagunas de estabilización se diseñan en serie, Marais encontró que para alcanzar el máximo decaimiento bacterial, todas las lagunas deberían de ser del mismo tamaño y aplica la siguiente ecuación:

$$N = \frac{(N_0)}{(1 - K_b \times PR)^n} \quad (5)$$

Donde:

n = número de lagunas en serie.

Considerando el flujo parcialmente mezclado bajo condiciones estables, para la reducción de microorganismos, puede utilizarse el modelo de flujo disperso en el cual el modelo de transporte de un contaminante considerado, como la velocidad de reacción, esté descrito adecuadamente por los dos mecanismos de transporte indicados; ésta aplicación es correcta para la reducción de bacterias en una laguna de estabilización en donde la población microbiana está directamente asociado con el fluido.

Wehner y Wilhen desarrollaron la ecuación, con el criterio de continuidad en la entrada y salida del reactor, ubicando adecuadamente el sub-modelo hidráulico de un reactor límites de mezcla completa y flujo tipo pistón.

$$\frac{N}{N_0} = \frac{4a e^{(\frac{1}{2}ad)}}{(1+a)^2 \cdot e^{\frac{a}{2d}} - (1-a)^2 \cdot e^{(\frac{a}{2d})}} \quad (7)$$

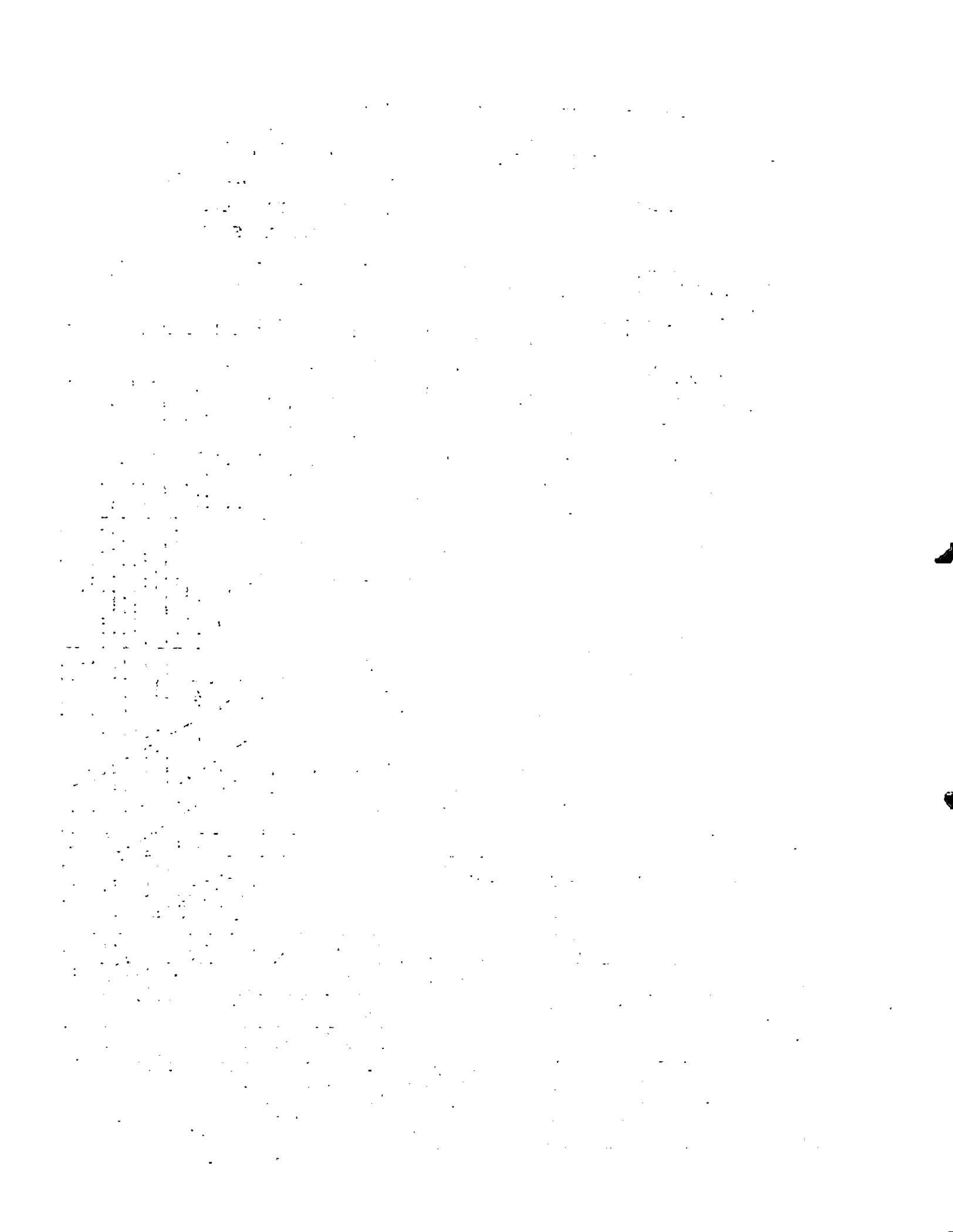
Donde:

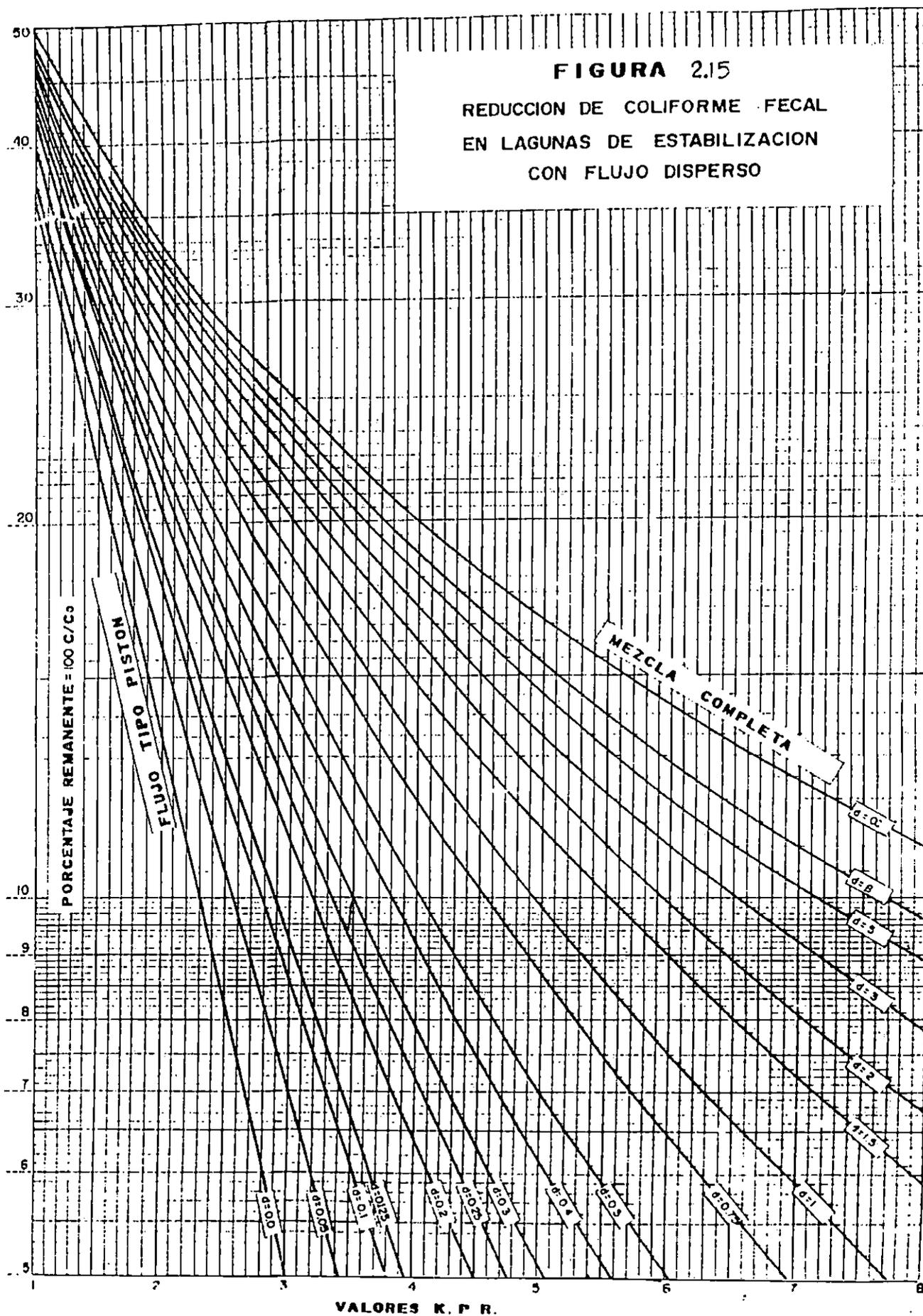
$$a = (1 + 4 \times K_b \times \overset{R}{PR} \times d)^{1/2}$$

de dispersiones de flujo
1700

Para facilitar su uso se muestra la relación entre los valores de K_b , PR y los % de reducción de bacterias. (ver figura 2.15).

En lagunas de estabilización, el valor de "d" raras veces excede el valor de 1 debido a las bajas cargas hidráulicas. Thirumurthi recomienda el uso de una simplificación de la ecuación anterior tomando en consideración que los valores de d en lagunas de estabilización son generalmente menores a 2. La siguiente ecuación es la versión simplificada por Thirumurthi, y el error relativo en su aplicación no es significativo siempre que el valor de d sea menor a 2.





$$\frac{N}{N_0} = \frac{1 - a e^{\left(\frac{1-a}{2d}\right)}}{(1-a)^2} \quad (8)$$

Polprasert y Bhattarai, desarrollaron un modelo de predicción del factor de dispersión, mediante la siguiente ecuación:

$$d = \frac{0.185 [PR \cdot v \cdot (W + 2Z)]^{0.489} W^{1.511}}{(LZ)^{1.489}} \quad (9)$$

Donde:

W = Ancho de la laguna (mts)

v = Viscosidad cinemática del agua (m² / día)

L = Largo de la laguna (mts).

Sáenz, ha transformado la ecuación anterior para expresar la viscosidad cinemática del agua (T), en °C, quedando:

$$d = \frac{1.158 [PR(W + 2Z)]^{0.489} W^{1.511}}{(T - 12.5)^{0.734} \cdot (LZ)^{1.489}} \quad (10)$$

2.7.4 VALIDACION DEL MODELO DE FLUJO DISPERSO PARA LA PREDICCIÓN DE LA REMOCIÓN DE COLIFORMES FECALES EN LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.

El indicador principal para la vigilancia de la calidad bacteriológica son los coliformes fecales, los cuales se han aplicado en lagunas de estabilización, como indicador de remoción de

bacterias patógenas, ya han sido identificadas y comprobadas en muchos estudios a nivel mundial.

El modelo de flujo disperso surge como una alternativa al tradicionalmente utilizado para bacterias que es el de mezcla completa, su aplicación ha sido estudiada y recomendada por varios autores. Este modelo ha sido utilizado en el proyecto de acuicultura de San Juan Miraflores. (Lima - Perú).

Para estimar el período de retención necesario para reducir los niveles de coliformes fecales en los afluentes de la laguna de estabilización que abastece una unidad piscícola.

Tomando en cuenta la temperatura promedio del agua, se han establecido las siguientes relaciones para tasas de mortalidad neta de coliformes fecales.

Para:

$$\text{Lagunas primarias : } K_b = 0.477 \times 1.18^{(T-20)}$$

$$\text{Lagunas secundarias : } K_b = 0.904 \times 1.04^{(T-20)}$$

$$\text{Lagunas terciarias : } K_b = 0.811 \times 1.09^{(T-20)}$$

El modelo de flujo disperso es calibrado finalmente en el cual incluye las características geométricas de las lagunas, que comprenden sus tasas de evapo-filtración.

El modelo de flujo disperso no solo puede ser una ayuda para la operación de lagunas, sino también una herramienta para el diseño.

2.8.- MODELOS DE DISEÑO PARA LAGUNAS FACULTATIVAS.

Considerando que las lagunas facultativas son procesos para el tratamiento de compuestos orgánicos, existen cinco enfoques principales para su dimensionamiento.

2.8.1.- Modelo Basado En La Cinética de Primer Orden.

Teoría desarrollada por Hermann y Gloyna, La cual considera el tiempo de retención necesario para una determinada reducción de la materia orgánica y su dependencia de la temperatura.

Esta Parte de la relación, modificada por Arrhenius, puede ser expresada de la siguiente forma:

$$\frac{PR_T}{PR_o} = \exp [C(T_o - T)] = \theta^{(T_o - T)} \quad (11)$$

En donde:

C = Constante de arrhenius

PR_T = Tiempo de reacción requerido a la temperatura T .

PR_o = Tiempo de reacción original evaluado a la temperatura T_o .

T = Temperatura requerida en °C

T_o = Temperatura original en °C.

La relación anterior puede aplicarse para lagunas facultativas puesto que hay evidencia que reacciones aeróbicas como anaeróbicas siguen la misma cinética.

En base a investigaciones de laboratorio con cuatro lagunas facultativas, Hermann y Gloyna determinaron la evaluación de la constante de la ecuación (11), llegando a necesitar un período de retención $PR_0 = 3.5$ días para efectuar una reducción del 85 - 95% con una temperatura de 35° C. Para estas condiciones se encontró que la constante C es igual 0.0693 y que el coeficiente θ es igual a 1.072.

Sustituyendo valores en la fórmula anterior se obtiene:

$$P_{RT} = 3.5 \times 1.072^{(35-T)} \quad (12)$$

Para corregir desviaciones del promedio DBO última, se introduce la relación $S_a/200$.

En Donde:

S_a = Es la DBO última del desecho en mg/LT $\rightarrow 1.1 \text{ cfb}$

$$L_0 = Q L_{c0} \times 10^{-3}$$

Se introduce además el período de retención nominal PR:

$$R = \left[PR = \frac{L'}{Q_a} \right] \quad (13)$$

En donde :

V = Volumen de la laguna. Mt^3

Q_a = Caudal del afluente, (mt³/ día)

PR = Período de retención nominal, (días)

Sustituyendo la ecuación (13) en la ecuación (12) se obtiene:

$$V = 3.5 \times Q_a \times (S_a / 200) \times 1.085^{(35-T)} \quad (14)$$

Estudios posteriores determinaron un valor del coeficiente $\theta = 1.085$ que ha sido aceptado. En función de consideraciones prácticas, como la demanda DBO ejercida por el lodo de fondo y posibles deficiencias en operación se adoptaron valores para $PR_o = 7$ días, $T_o = 35^\circ\text{C}$. Con estas sustituciones se obtiene:

$$V = 0.035 \times Q_a S_a \times 1.085^{(35-T)} \quad (15)$$

La ecuación anterior ha estado publicada en varias décadas pero su uso ofrece dificultades en países en desarrollo puesto que usualmente se desconocen valores de concentración promedio del desecho. Adicionalmente, el cálculo del área a partir de la carga orgánica superficial C_{sa} - [Kg DBO/ (Ha. Día)], es más importante que el cálculo del volumen, puesto que el ingeniero usualmente tiene que efectuar consideraciones sobre profundidad adicional para almacenamiento de lodos.

La carga orgánica superficial se expresa en la siguiente forma:

$$\dot{\lambda}_p = Csa = 0.001 \times Qa \times (Sa/A) \quad (16)$$

Sustituyendo $Qa \times Sa$ de ecuación (15) en ecuación (16) e introduciendo $V = 10000$
 $d \times A$.

Donde:

d = Profundidad de la laguna en metros

A = el área de la laguna en Ha.

Se obtiene la siguiente relación:

$$\dot{\lambda}_p = Csa = 285.7 \times d \times 1.085^{(35-T)} \quad (17)$$

La ecuación anterior se halla representada gráficamente (ver figura 2.16), en la cual se puede deducir el beneficio que trae la profundidad de lagunas facultativas para obtener menores áreas y mayores cargas orgánicas superficiales.

La ecuación (14) puede transformarse para poner el período de retención en función de la concentración, con lo cual se obtiene la ecuación (18) que esta representada gráficamente (ver figura 2.17).

$$PR = 0.035 \times Sa \times 1.085^{(35-T)} \quad (18)$$

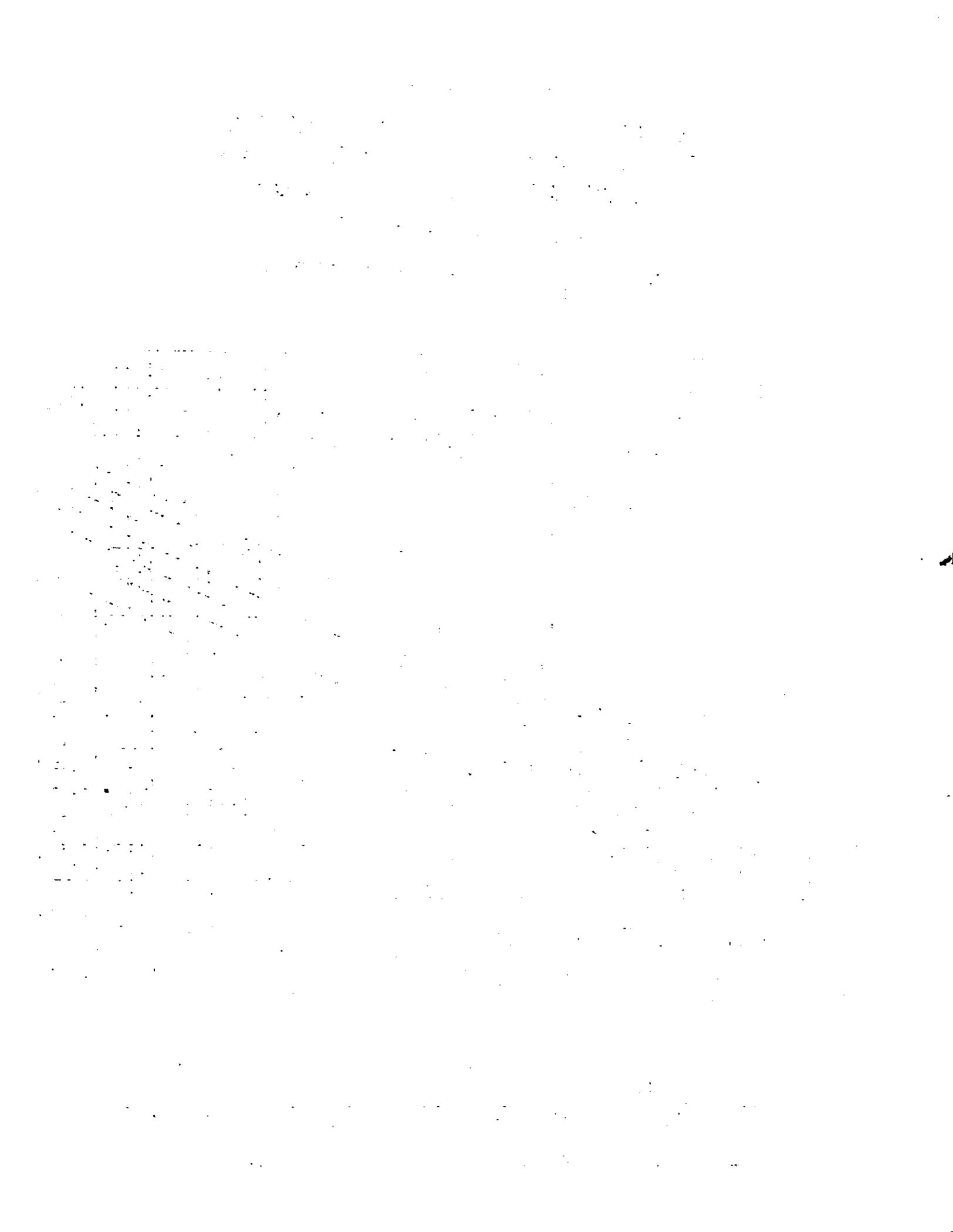


FIGURA N° 2.16
 RELACION ENTRE CARGA SUPERFICIAL
 TEMPERATURA Y PROFUNDIDAD PARA
 LAGUNAS DE ESTABILIZACION

$$CS = 285.7 \times d \times \theta^{T-35}$$

$$CS = \frac{\text{Kg DBO}}{\text{Ha x DIA}}, \quad d = m, \quad \theta = 1.085$$

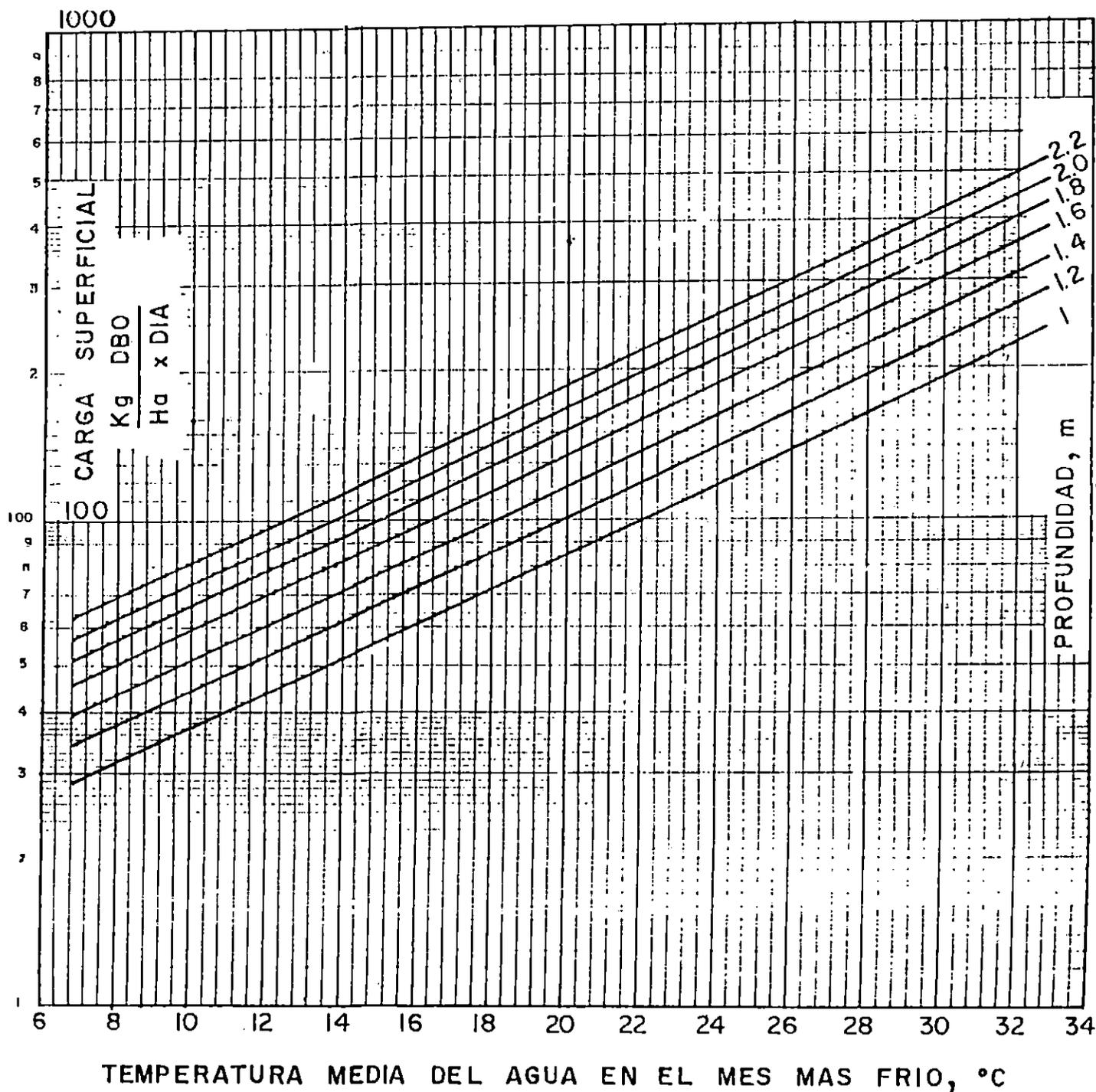
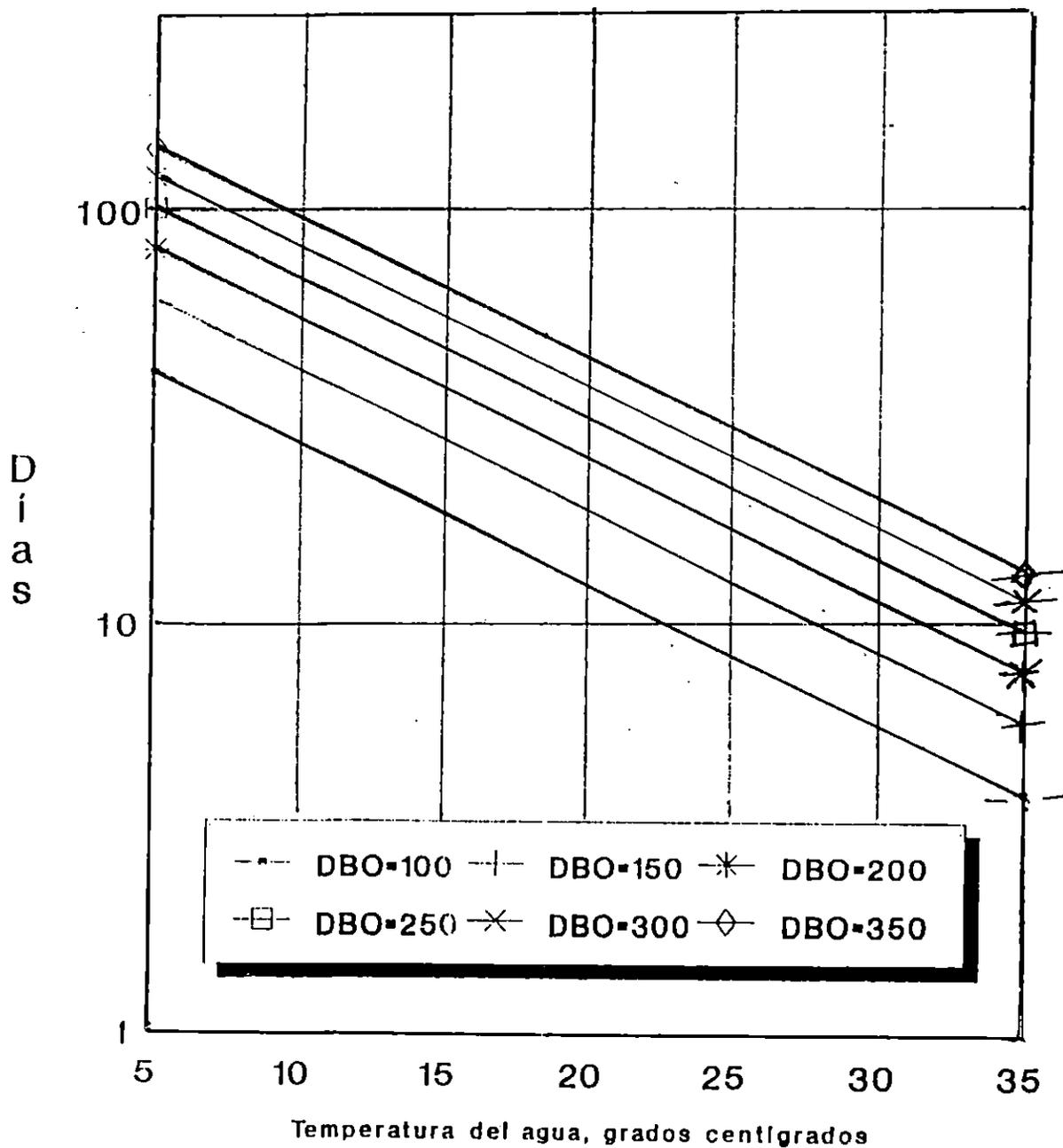


Figura No. 2.7
 PERIODO DE RETENCION EN LAGUNAS
 SEGUN MODELO DE GLOYNA



Para este modelo se debe tener en cuenta que fue desarrollado para las siguientes suposiciones:

1. Una remoción de DBO alrededor de 90%.
2. Durante los experimentos se mantuvieron condiciones de mezcla induciendo corrientes de aire en la superficie evitando la sedimentación de la materia orgánica.
3. La temperatura fue mantenida en condiciones de equilibrio y el dimensionamiento se efectúa para la temperatura del agua del mes más frío.
4. El uso de las relaciones indicadas está restringido a profundidades de 2.0 mts.

Este tipo de expresión resulta de áreas grandes y puede no ser aplicable, cuando el criterio de diseño de la laguna es la remoción de gérmenes patógenos.

La ecuación (17) ha sido luego afectada por f y f' resultando:

$$C_{sa} = f f' (285.7 \times d \times 1.085^{(35-T)}) \quad (19)$$

En donde:

f : Factor de toxicidad de las algas. Para aguas residuales domésticas y algunos desechos industriales biodegradables $f = 1$ y

f' : Es un factor de corrección debido a la presencia de sulfuros, cuyo valor puede evaluarse con la siguiente relación:

$$f' = \exp [K C_o (K_o t_o + 1)] \quad (20)$$

Donde:

K = Constante de inhibición para un desecho que contiene material tóxico en una concentración C_o .

K_o = Constante de biodegradación tóxica.

T_o = Tiempo de reacción para la constante K_o y la temperatura t_o .

2.8.2 MODELO DE EQUILIBRIO CONTINUO Y MEZCLA COMPLETA BASADO EN CINETICA DE PRIMER ORDEN.

Este modelo de comportamiento fue desarrollado por Marais y Shaw. Está basado en un balance de masa (en términos de DBO a los 5 días), alrededor de la laguna incorporando cinética de primer orden para la remoción de DBO. Este balance en condiciones iniciales de funcionamiento es expresado con la siguiente ecuación:

$$(V \cdot d_s/d_t) = Qa \cdot S_a - K_1 \cdot X_b \cdot S \cdot V \quad (21)$$

en condiciones de equilibrio continuo $d/dt = 0$. Para esta condición e introduciendo la definición de periodo de retención nominal $PR = V/Qa$ y $K = K_1 \cdot X_b$, se tiene la ecuación:

$$S = S_a / (1 + K \cdot PR) \quad (22)$$

En donde:

- S : Concentración de DBO a los 5 días, total del efluente, (mg / Lts).
- S_a : Concentración de DBO a los 5 días, soluble del efluente, (mg / Lts)
- K_1 : Constante de degradación específica de primer orden a la temperatura "T" del desecho (i/días).
- X_b : Concentración de biomasa activa, (mg / Lts)

- K' : Constante de degradación global de primer orden a la temperatura "T" del desecho (1/días).
- K_0 : Constante de degradación global de primer orden a la temperatura "T₀", (1 /días).
- PR : Período de retención nominal, (días).

Marais - Shaw introdujeron la influencia de la temperatura utilizando la relación modificada de Arrhenius.

$$K' = K_0 \times \theta^{(T - T_0)} = K_0 \times 1.085^{(T - 20)} \quad (23)$$

Expresado de otra forma:

$$PR = E' [K' \times (100 - E)] \quad (24)$$

En donde:

E : Eficiencia de Remoción de DBO expresado en porcentaje.

Para incorporar la carga orgánica superficial C_{sa} [Kg DBO/(Ha. Día)].

En la misma forma que para el modelo anteriormente discutido (Hermann y Gloyna) se llega a la siguiente expresión:

$$\lambda_{a_2} = C_{sa} = [10 * K_o * S_a * D * \theta^{(t-35)} * (100 - E)] E \quad (25)$$

Las relaciones anteriores son válidas para condiciones en las cuales no hay pérdida por infiltración.

En este modelo se tomaron en cuenta las siguientes suposiciones efectuadas en su desarrollo:

- a. Se asumió mezcla completa e instantánea en toda la laguna, por consiguiente el efluente de la laguna tiene la concentración igual al líquido en el tanque.
- b. De acuerdo al modelo no existe sedimentación de sólidos y por consiguiente, tampoco hay eliminación de la DBO asociada con sólidos sedimentados.
- c. La degradación sigue una reacción de primer orden dependiente de temperatura.
- d. El balance del líquido es positivo pues las pérdidas por percolación y evaporación no existen.
- e. El submodelo hidráulico de líquido es el mismo de la biomasa, es decir, que no hay sedimentación de lodos y la materia orgánica es 100% soluble.
- f. Las constantes de degradación globales, han sido determinadas a través de mediciones en afluente y efluente, asumiendo mezcla completa.

2.8.3. MODELO DE FLUJO DISPERSO PARA MEDICION DE MATERIA ORGANICA.

Thirimurthy ha desarrollado un modelo para condiciones de flujo intermedio, entre flujo a pistón y a mezcla completa utilizando la teoría de transporte de masa por dispersión y difusión, su

formulación es la siguiente:

$$\frac{L_0/L_{00}}{(S/S_0)} = [4 \cdot a \cdot \exp^{-1/2d} \left((1+a)^2 \cdot \exp^{(a/2d)} - (1-a)^2 \cdot \exp^{-(a/2d)} \right)] \quad (26)$$

En donde:

- S_0 : DBO 5 días total del afluente, (mg/LT).
- S : DBO 5 días soluble del afluente, (mg/LT) de la laguna.
- a : Constante del modelo, expresada por la siguiente relación.

$$a = (1 - K \cdot PR \cdot d)^{1/2}$$

En donde:

- K : Constante neta de reacción de la DBO, (1/días).
- d : Constante de difusidad o factor de dispersión adimensional que es una característica de cada laguna.
- PR : Período de retención nominal = V/Q , en (días).

Las retenciones de uso del modelo de flujo disperso son las siguientes:

1. Se asume que tanto la biomasa, como el líquido tienen el mismo comportamiento en relación con el modelo hidráulico.
2. Habiéndose caracterizado adecuadamente un submodelo hidráulico es necesario la constante neta de biodegradación K . El orden de magnitud de esta constante fue sugerido por Chian y Gloyna y son las siguientes:

$$0,17 < K < 0,2 \quad \text{fuerza oxidativa}$$

0.17 a 0.20 para lagunas facultativas.

0.13 a 0.16 para lagunas de maduración.

2.8.4. ESTUDIOS SOBRE CARGA MAXIMA APLICABLE DE Mc GARRY Y PESCOD.

En 1970 Mc Garry y Pescod, reportaron una correlación que describe la carga máxima aplicable a una laguna facultativa, en función de la temperatura del ambiente. Dicha correlación fue determinada a través del procesamiento de datos operativos de muchas instalaciones en el mundo trabajando cerca del límite de carga, y se consideraron como correlaciones empíricas a través de experiencias de campo.

La correlación desarrollada expresa la carga orgánica superficial máxima - CSm - en unidades de Kg DBO/(Ha.día), sobre la cual la laguna falla, eliminando su estrato aeróbico y convirtiéndose en anaerobia en toda su extensión:

$$CSm = 60.29 * 1.0993^{T_{ai}} = 400.6 * 1.099^{(T_{ai}-20)} \quad (27)$$

En donde:

T_{ai} : Temperatura ambiental, promedio mínimo mensual, °C.

La correlación anterior evidencia que para temperaturas entre 20 °C y 25 °C es posible aplicar cargas entre 400 y 600

Kg DBO/(Ha.día), respectivamente.

A nivel de diseño la aplicación de la correlación anterior debe ser para el mes más frío del año para asegurar el funcionamiento.

La segunda investigación de límite de carga facultativa fue efectuada en el Perú por Yáñez F. (1980), con el procesamiento de datos de carga en función de la fracción del amoníaco presente. Estos resultados se presentan gráficamente (ver figura 2.18), en donde se puede observar que la curva corta el valor de la ordenada correspondiente a 1.0, para un valor de carga de 357.4 Kg DBO/(Ha.día). Esta figura es de importancia para ayudar a entender en forma racional, el límite de carga entre las lagunas facultativas anaeróbicas en base a la predominancia del proceso biológico. Como la ganancia de amoníaco (NH_3) solo es posible como resultado de los procesos anaeróbicos, se concluye que para cargas sobre 357.4 Kg DBO/(Ha.día) predominan los procesos anaeróbicos.

La correlación de carga indicada en la figura 2.18 fue desarrollada con datos de 40 observaciones y tiene un alto coeficiente de correlación de 0.9727:

$$Y = C'Sa \quad (57.188 + 0.84 \cdot C'Sa) \quad (28)$$

En donde:

Y : Fracción del amoníaco que sale de la laguna.

Usando las correspondientes sustituciones de caudal, área, período de retención, volumen y el mismo factor de dependencia de la temperatura propuesto por Gloyna, se desarrolló la siguiente ecuación de dependencia de la temperatura:

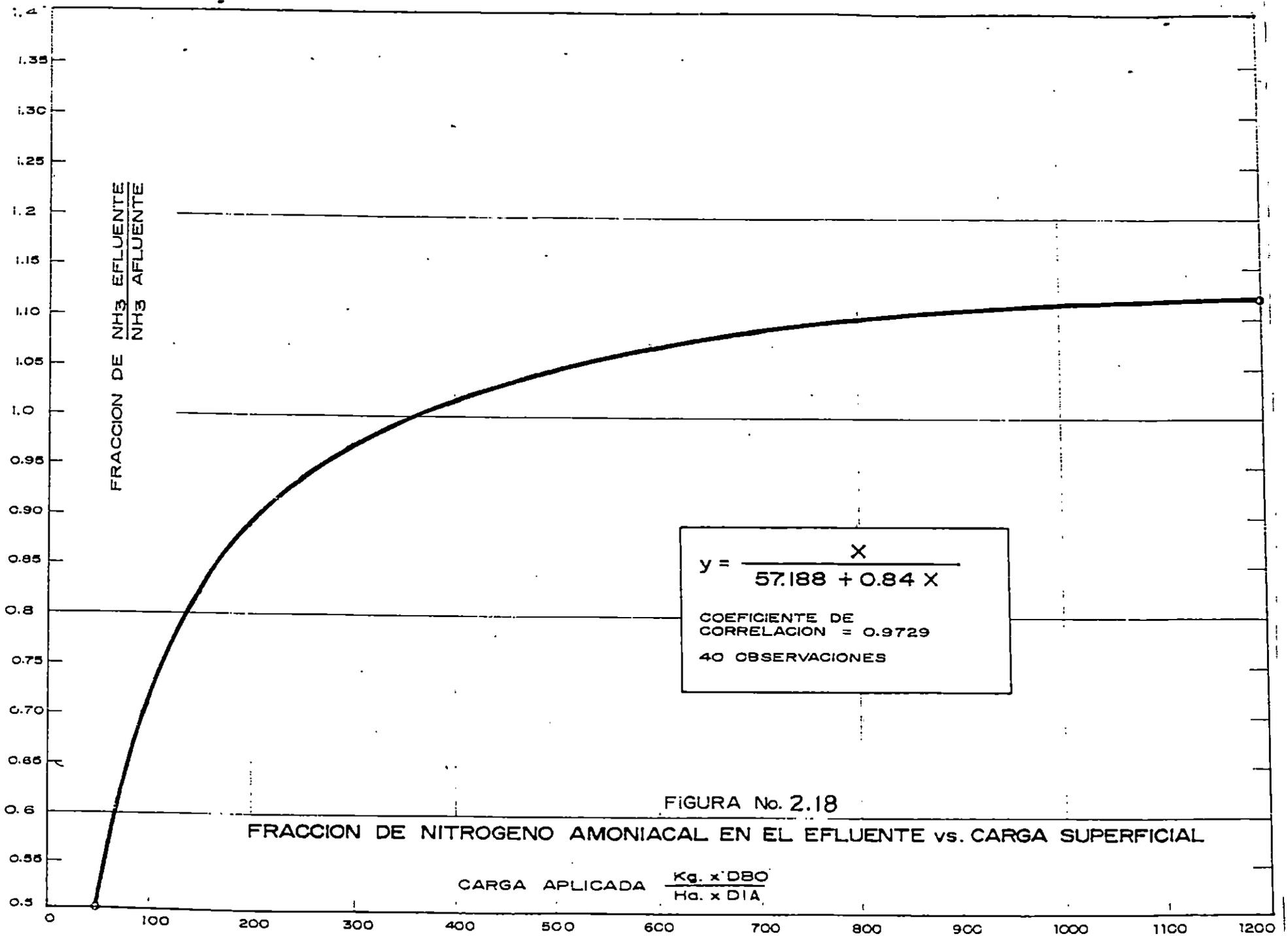


FIGURA No. 2.18

$$CSm = 357.4 * 1.085^{(T-20)} \quad (29)$$

En donde:

T : Temperatura de la laguna correspondiente al mes más frío, °C.

A nivel de diseño las ecuaciones (27) y la ecuación (29) pueden usarse dependiendo del dato disponible en relación con la temperatura..

Es recomendable usar cargas de diseño más bajas que la máxima aplicable y su valor debe determinarse en consideración a factores como:

- La existencia de variaciones bruscas de temperatura.
- La forma de la laguna (las lagunas de forma alargada son sensibles a variaciones y deben tener menores cargas).

2.8.5. METODO PRESENTADO POR EL CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIA DEL AMBIENTE (CEPIS).

Este modelo trabaja con hipótesis de funcionamiento de las lagunas de estabilización, donde se supone, que trabajan bajo algunos de los siguientes regímenes.

- Flujo a pistón
- Mezcla completa
- Flujo disperso
- Una laguna alargada con una relación largo / ancho > 15 se acerca al flujo a pistón.

- Una laguna aireada mecánicamente de forma circular se acerca a la mezcla completa.
- En realidad todas las lagunas trabajan bajo regímenes de flujo disperso, según se ha podido comprobar experimentalmente.

Al elaborar los diseños basados en las hipótesis antes mencionadas en las lagunas de estabilización ha sido muy difícil obtener calidades de efluentes que concuerdan con los resultados previstos por el diseñador. Aun con el modelo de flujo disperso que es el que más se aproxima a la realidad se tienen fracasos al hacer los diseños, a menos que se haya hecho una buena determinación de las constantes de reacción (calibración del modelo)

DETERMINACION DE LAS CONSTANTES DE DECAIMIENTO PARA DBO Y COLIFORMES FECALES

Cepis propone que para determinar la constante de decaimiento de la DBO de lagunas facultativas primarias, secundarias y terciarias (1/ días). Se emplea la siguiente ecuación, basada en la ley modificada de Arrhenius.

$$K = K_{20} * 1.05^{T-20} \quad (30)$$

Donde :

K_{20} : Constante de decaimiento DBO, a 20° C (1/días).

T : temperatura promedio del agua en el mes más frío en °C

CEPIS recomienda valores de $0.15 < K < 0.30$, a 20° C.

Para determinar la constante de decaimiento de coliformes fecales en lagunas facultativas, primarias, secundarias y terciarias (1/día), CEPIS emplea la siguiente ecuación:

$$K_b = K_{b20} * 1.037^{T-20} \quad (31)$$

Donde:

K_{b20} : constante de decaimiento para coliformes fecales, a 20° C

T : Temperatura promedio del agua en el mes más frío en °C.

Y se toman en cuenta los factores de corrección.

FACTORES DE CORRECCION PARA LA APLICACIÓN CORRECTA DEL MODELO DE FLUJO DISPERSO.

FCH = Factor de corrección hidráulico

FCS = Factor de características de sedimentación

FIA = Factor intrínseco de algas

- FCH toma en cuenta que el tiempo de referencia real es menor que el tiempo de retención teórico R_t que es igual al volumen entre el caudal Q_1 o sea que:

$$R = R_t FCH = V / Q FCH = (LWZ / Q) FCH \quad (32)$$

El valor de FCH esta en el rango de 0.3 a 0.8 dependiendo del diseño hidráulico de las lagunas.

- FCS toma en cuenta que los modelos se refieren a las cargas suspendidas; por lo tanto este factor representa la proporción que bno es sedimentable y continua suspendida. El valor de FCS varía entre 0.6 y 0.8 para la DBO y entre 0.9 y 1.0 para las bacterias en las lagunas primarias. En lagunas de orden superior al primario FCS es mayor de 0.9 para la DBO y muy cercano a 1.0 para las bacterias.
- El FIA toma en cuenta que por más tiempo que permanezcan las aguas residuales en una laguna de estabilización facultativa, la DBO nunca será menor a la DBO originada por el ciclo vital de las algas. El FIA es cero en lagunas anaerobias por no existir algas, y esta en el rango de 0.05 a 0.15 en las lagunas facultativas primarias. El FIA llega a ser mayor (0.15-0.30) en las lagunas secundarias y llega a tener valores mayores (0.30 - 1.20) en lagunas terciarias y de grado mayor.

CRITERIOS DE INTENSIDAD DE CARGA PARA EL DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION PROPUESTO POR CEPIS.

- Lagunas Facultativas Primarias.

La intensidad de carga para lagunas facultativas primarias a 20° c se encuentra en el siguiente rango:

$$i = 250-350 \text{ kg DBO}_5 / \text{Ha} / \text{día} , \text{ a } 20^\circ \text{ C}$$

Siendo

$$i = \text{Carga superficial}$$

Los periodos de retención de estas lagunas deben estar en el siguiente rango:

$$R = 5-25 \text{ días}$$

la profundidad de lagunas facultativas primarias debe ser:

$$Z = 1.5-3.0 \text{ mts}$$

El espacio adicional para la acumulación de lodos en este tipo de lagunas debe ser como máximo de 200 Lts / hab / año.

– Lagunas Secundarias y de Acabado.

La intensidad de carga será:

$$i = 150-250 \text{ Kg DBO}_5 / \text{Ha} / \text{día}, \text{ a } 20^\circ \text{ C.}$$

El período de retención debe ser:

$$R = 5-10 \text{ días}$$

La profundidad será:

$$Z = 1.5-3.0 \text{ mts.}$$

CRITERIOS DE EFICIENCIA EN LA REMOCION DE DBO Y COLIFORMES FECALES.

– Para remoción de DBO

$$e = \left(\frac{L_0 - L_p}{L_0} \right) * 100 \quad (33)$$

donde:

e : Eficiencia para la remoción de DBO₅ días

$$L_p = \frac{0.70 \times (1280.16 \times 200 \times 0.001) \times 4^{(1.18)} e^{\left(\frac{1-1.18}{20.40}\right)} + (1280.16 \times 200 \times 0.001) 0.05}{(1 + 1.18)^2}$$

$$L_{p1} = 21.69 \text{ } \rightarrow \frac{0.180}{d/c}$$

$$e = \frac{(256.03 - 29.26) \times 100}{256.03}$$

$$e = 88.77\%$$

$$L_{o2} = L_{p1} = Q L_{c2} \times 10^{-3}$$

$$L_{c2} = \frac{L_{p1}}{Q \times 10^{-3}} = \frac{21.69}{1280.6 \times 10^{-3}} = 16.94$$

$Lo = Q * Lco * 10^{-3}$: Carga orgánica inicial en (Kg / día)

Lco : concentración inicial de carga orgánica en mg DBO₅/Lts.

Lp : Carga del efluente (Kg DBO₅ / día)

$$Lp = (SCf * lo * 4^a \exp^{(1-a/2d)}) / (1+a)^2 + Lo * IAF \quad (34)$$

SCf : factor de características de sedimentación.

a : Parametro adimensional de DBO

$$a = \sqrt{(1 + 4 * K * R * d)} \quad (35)$$

K : constante de decaimiento de DBO (1/día)

IAF : Factor intrínseco de algas.

d : Factor de dispersión

$$d = [(1.158 * R * (W + 2Z))^{0.489} (W)^{1.511}] / [(T + 42.5)^{0.734} (LZ)^{1.489}] \quad (36)$$

W : ancho de la laguna en mts.

L : Longitud de la laguna en mts.

Z : profundidad de la laguna en mts.

R : período de retención en días

- Para Remoción de Coliformes Fecales

$$e = ((No - N)/No) * 100 \quad (37)$$

Donde:

e : Eficiencia en la remoción de coliformes fecales.

N_0 : Concentración inicial de coliforme fecal NM PCF/ 100 ml

N : Concentración de coliforme fecal del efluente.

$$N = (N_0 * 4ab \exp^{(1-ab/2d)}) / (1+ab)^2 \quad (38)$$

ab : parametro adimensional de coliforme fecal

$$ab = \sqrt{(1 + 4 * Kb * R * d)} \quad (39)$$

K_b : Tasa de mortalidad de coliformes fecales, (1/día)

2.9 ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LOS DIFERENTES MODELOS DE LAGUNAS FACULTATIVAS.

Los diferentes que desarrollaron los modelos de diseño de lagunas facultativas lo hicieron en base a las siguientes características:

- Tipo de modelo
- Régimen Hidráulico
- Balance del líquido
- Fases consideradas
- aspectos de energía

Como se muestra en el tabla 2.4

– Herman y Gloyna

en cuanto al tipo de modelo lo desarrollaron para una remoción de DBO del 90%, considerando las variables de temperatura y tiempo de retención necesarias para una determinada reducción de materia orgánica. Este modelo se desarrollo bajo condiciones de tiempo inicial. Además emplean un régimen hidráulico de mezcla completa, en el cual no hay sedimentación de materia orgánica. En cuanto a aspectos de energía este modelo presenta dependencia de temperatura.

– Marais y Shaw.

Emplearon un régimen hidráulico de mezcla completa e instantánea, contempla un balance del líquido positivo ya que no existen pérdida por evaporación ni percolación, considera una fase líquida, ya que no hay sedimentación de lodos y la materia orgánica es de 100% soluble. Este modelo presenta dependencia de temperatura.

– Thirimurthy y Gloyna.

Desarrollaron un modelo para condiciones de flujo tipo pistón y mezcla completa (flujo disperso) no hay consideración de un balance líquido, consideran una fase líquida y una fase sólida limitada; este modelo presenta dependencia de la temperatura.

– McGarry y Pescod.

Consideran correlaciones empíricas a través de experiencias de campo en la que describen la carga máxima aplicable a una laguna facultativa en función de la temperatura del ambiente.

– CEPIS.

Este método está diseñado para una remoción de sustrato del 70-90%, considera un equilibrio continuo, bajo condiciones de tiempo inicial tiene un régimen hidráulico de flujo disperso, dentro del balance líquido considera las pérdidas por evaporación, considera una fase líquida, ya que no hay sedimentación y tiene dependencia con la temperatura.

Tabla No. 2.4 Características Principales de los diferentes modelos de Lagunas Facultativas.

CARACTERÍSTICAS	MODELO DE LAGUNAS					
	Hermann y Gloyna	Marais y Shaw	Marais	Thirimurthy y Gloyna	McGarry y Pescod	CEPIS (Perú)
A. Tipo de Modelo						
1. Remoción de substratos	90%	variable	variable	variable	variable	variable
2. Número de Variables	pocas	pocas	pocas	reducido	pocas	reducido
3. Interrelación entre Variables	simple	simple	simple	simple	simple	simple
4. Equilibrio	continuo	continuo	continuo	continuo	-	continuo
5. Condición en tiempo	inicial	inicial	inicial	inicial	-	inicial
B. Régimen hidráulico						
1. Mezcla completa	si	si	si	no	-	si
2. Flujo tipo Pistón	no	no	no	no	-	no
3. Flujo disperso	no	no	no	si	-	no
C. Balance de líquido						
1. Evaporación	no	no	no	no	no	si
2. Infiltración	no	no	no	no	no	no
3. Precipitación						
D. Fases Consideradas						
1. Líquida	si	si	si	si	si	si
2. Sólida (lodos)	no	no	no	limitada	no	no
3. Gaseosa	no	no	no	no	no	no
E. Aspectos de Energía						
1. Radiación solar incluida	no	no	no	no	no	no
2. Dependencia de temperatura	si	si	si	si	si	si

Fuente: Lagunas de Estabilización, Fabian Yanez Cossio, Lima, Perú, 1993.

2.10 CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAGUNAS ANAEROBICAS.

El diseño de lagunas anaeróbicas está todavía en desarrollo, en cuyo caso el uso de criterios de diseño constituye una práctica aceptable. Los principales parámetros usados en dimensionamiento de este tipo de lagunas son:

- Carga superficial
- Carga volumétrica
- Profundidad
- Eficiencia y
- Acumulación de sólidos.

El primer criterio de carga orgánica superficial no constituye propiamente un criterio de diseño y se usa en lagunas anaeróbicas para comprobar que la carga sea suficientemente alta a fin de sobrepasar la carga facultativa, sobre todo en las condiciones iniciales de operación con una carga reducida por efecto de un reducido número de habitantes conectados al sistema de alcantarillado. Se ha demostrado que el límite de carga facultativa es de 357 Kg DBO/ (Ha. d) para 20° C y para que se presenten condiciones propiamente anaeróbicas, la carga de trabajo debe estar muy por encima de los 1000 Kg DBO/(Ha. d).

El criterio más empleado en el dimensionamiento de lagunas anaerobicas es el de carga volumétrica. Para mantener condiciones anaeróbicas en lagunas primarias se sugiere mantener una carga volumétrica sobre 100 g DBO₅ / (m³.d). Se ha sugerido un límite superior de 1000 g DBO₅ / (m³. d), pero con aguas residuales que contengan concentraciones de sulfatos en exceso

de 100 mg /l, es posible que se presenten malos olores. Para evitar esta situación en lagunas anaeróbicas, tratando aguas residuales domésticas, se ha sugerido una carga máxima de 400 g DBO₅/ (m³. d).

En los Estados Unidos, seis estados han establecido cargas de diseño entre 320 y 4000 g DBO₅ / (m³. d.) para este tipo de lagunas. El intervalo más consistente en la mayoría de los estados se encuentra entre 192 y 240 g DBO₅ / (m³. d.). Para temperaturas debajo de 19° C se ha sugerido una carga de diseño de 100 g DBO₅ / (m³. d.) y 300 g DBO₅ / (m³. d.) para temperaturas sobre los 20° C. En función de los datos anteriores, se adopta las recomendaciones de diseño de la OMS de 100 a 300 g DBO₅ / (m³. d.) para temperaturas sobre los 20° C. La profundidad recomendada en la mayoría de los casos está entre 2.5 y 5.0 m.

Los parámetros en los cuales se encuentra más divergencia son el período de retención y la eficiencia. El primero evidentemente está en relación directa con la concentración del desecho y por consiguiente el segundo es de difícil comparación entre datos de varias fuentes. Dos tipos de datos aparecen aceptables, el primero sugerido por Marais para temperaturas sobre los 20° C, con los valores que se indican en la tabla 2.5, y el segundo, sugerido por Arceivala que recomienda intervalos de valores de temperaturas, períodos de retención y eficiencias, según los valores que se indican en la tabla 2.6.

Tabla 2.5
Eficiencia de Lagunas Anaeróbicas En Función del Periodo de Retención

PERIODO DE RETENCION, DIAS	REDUCCION DE DBO ₅ , %
1	50
2.5	60
5	70

Tabla 2.6
Relación Entre Temperatura, Periodo De Retención Y Eficiencia En Lagunas Anaeróbicas.

TEMPERATURA °C	PERIODO DE RETENCION, DIAS	REMOCION DE DBO, %
10 - 15	4 - 5	30 - 40
15 - 20	2 - 3	40 - 50
20 - 25	1 - 2	50 - 60
25 - 30	1 - 2	60 - 80

La acumulación de material flotante o natas en las lagunas anaeróbicas es generalmente un factor favorable para la operación, puesto que ayuda a la retención de calor en la unidad. Las natas usualmente cubren la superficie en forma irregular, flotando a la deriva impulsadas por el viento y dejando al descubierto parte de la superficie del agua.

Los sólidos en lagunas anaeróbicas se acumulan principalmente en las unidades primarias y requieren de limpieza después de un cierto período de operación. El lodo sedimentado sufre una degradación anaeróbica reduciendo los sólidos valátiles en una proporción de por lo menos el 50% y además sometido a un proceso de espesamiento. La tasa de acumulación del lodo en el fondo de la laguna anaeróbica esta en el intervalo de 0.08 a 0.113

l / (Hab.d) y para propósitos de diseño se puede tomar el límite superior que equivale a 40 m³ (Hab.año).

La profundidad de lagunas anaeróbicas es, por lo general suficiente de manera que no es necesario considerar, una profundidad adicional para la acumulación de lodos. En la práctica se considera conveniente efectura una limpieza cuando la altura de lodos alcanza la mitad de la profundidad. Esta es una situación idealizada porque la distribución del material de fondo es irregular y depende principalmente del número de entradas del desecho crudo. En casos en los cuales se observe que hay una acumulación visible de material de fondo cerca de la entrada de la laguna, se podrá disminuir el periodo entre limpiezas. El número de años de operación entre dos limpiezas consecutivas puede calcularse mediante la siguiente relación que considerará la pérdida del volumen en un 50%, por efecto de la acumulación de lodos:

$$n = (0.5 * V) / (ta * P) \quad (40)$$

En donde:

- n : número de años de operación para limpieza.
- V : volumen de la laguna en m³
- ta : Tasa de acumulación de losdos, normalmente 0.04 m³/ (hab.año)
- P : población servida.

2.11 OBSERVACIONES REALIZADAS A LAS TEORIAS DE DISEÑO EN LAGUNAS DE ESTABILIZACION.

Con el transcurso del tiempo, las teorías de diseño en lagunas de estabilización, establecidas por diferentes autores, han sufrido ciertas modificaciones, con la incorporación de nuevos parámetros que llevan como finalidad obtener una mejor eficiencia en el sistema.

El cambio importante que han tenido estas teorías es que, anteriormente la eficiencia del sistema se determinaba a través de la reducción de la DBO, el cual no es un objetivo de salud pública, y en la actualidad los problemas que mayormente aquejan a la población son los ocasionados por la contaminación proveniente de la proliferación de organismos patógenos.

En base a esto las teorías han cambiado dándole un enfoque de saneamiento que lleva como objetivo principal la remoción de organismos patógenos, ya que a través de este nuevo objetivo se mide la eficiencia del sistema.

CAPITULO III

DIAGNOSTICO DE LA ZONA

3.1.- INTRODUCCIÓN

Al abordar la problemática de la inadecuada disposición de aguas residuales en la ciudad de Nueva Concepción Chalatenango, es necesario realizar un diagnóstico por medio del cual se puedan conocer ciertas características relevantes de la zona, como: la ubicación geográfica del área en estudio, la población con que cuenta este territorio actualmente y la proyección de ésta para un número determinado de años. Además, se presentan aspectos de Salud Pública, las características educativas y económicas con las que cuenta la población, tipo y clase de vivienda en la que habita, la producción agropecuaria de la zona, el tipo de suelo y la topografía existente. Uniéndose a estas características se encuentra la Meteorología que proporciona información de la existencia de ciertos parámetros tales como: velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, evaporación, precipitación y filtración, radiación solar, evapotranspiración, etc. Estos parámetros son de vital importancia, ya que serán empleados para la elaboración del diseño de un sistema de lagunas de estabilización, para el tratamiento de agua residuales; por medio del cual se pretende dar una solución a la problemática.

En este capítulo se incluyen otros parámetros de igual importancia como el consumo de agua, para poder conocer las fuentes con que se abastece la ciudad, la producción de éstas, la cobertura de abastecimientos de agua potable, en base al número de viviendas ocupadas, así como también el caudal de diseño de agua potable en base a la dotación y el número de habitantes, el cual se utilizará para calcular el caudal de aguas negras; todo estos basados en las normas de ANDA.

Se presenta, una descripción del sistema de alcantarillado sanitario en cuanto a

diámetros, longitudes y pendientes de la tubería. Se incluye una descripción del cálculo de flujo de aguas residuales, cobertura del sistema de alcantarillado y servicio sanitario.

Dentro del consumo se muestra la calidad del agua que es de vital importancia en toda obra que se realice, ya que a través de ella se evalúan parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, tanto para agua potable como para agua residual.

En este caso se evaluarán parámetros para el tratamiento de agua residual, y los resultados obtenidos se utilizarán para el diseño de un sistema de lagunas de estabilización en la ciudad de Nueva Concepción, departamento de Chalatenango.

3.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.

La ciudad de Nueva Concepción se encuentra ubicada en el distrito de Tejutla, departamento de Chalatenango (ver ubicación de la Ciudad de Nueva Concepción). Está limitada por los siguientes municipios: Al Norte, por Santa Rosa Guachipilín y Metapán, (ambos del departamento de Santa Ana) y agua caliente; al Este, por Agua Caliente y La Reina del dpto. de Chalatenango; al Sur, por El Paisnal (Departamento de San Salvador) y San Pablo Tacachico (departamento de la Libertad); al Oeste, por Masahuat, Texistepeque y Santa Ana del departamento de Santa Ana. La ciudad de Nueva Concepción se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas siguientes: $14^{\circ}14'52''$ LN. (extremo septentrional) y $14^{\circ}01'27''$ LN. (extremo meridional); $89^{\circ}08'51''$ LWG. (extremo oriental) y $89^{\circ}26'24''$ LWG (extremo occidental).

La cabecera del municipio es la ciudad de Nueva Concepción, situada en una llanura a 320 m.s.n.m. y a 40 Km al NW de la ciudad de Chalatenango. La ciudad de Nueva Concepción se comunica a través de carretera actualmente pavimentada con las poblaciones siguientes: Al norte, con Santa Rosa Guachipilín; al Este, con la carretera (CA-4); a la altura del cantón y caserío Agua Aguaje Escondido, jurisdicción de Tejutla; al Sur, con San Pablo Tacachico y al Oeste, con Texistepeque; caminos vecinales enlazan a los cantones y caseríos a la cabecera municipal.

La ciudad de Nueva Concepción comprende los barrios: El Centro, El Calvario, El Carmen, San José y El Rosario, siendo las calles más importantes de la ciudad 1^{ra}. Calle Pte; 3^{ra}. calle pte., y la 3^{ra} Calle Ote.(ver esquema de la Ciudad de Nueva Concepción)

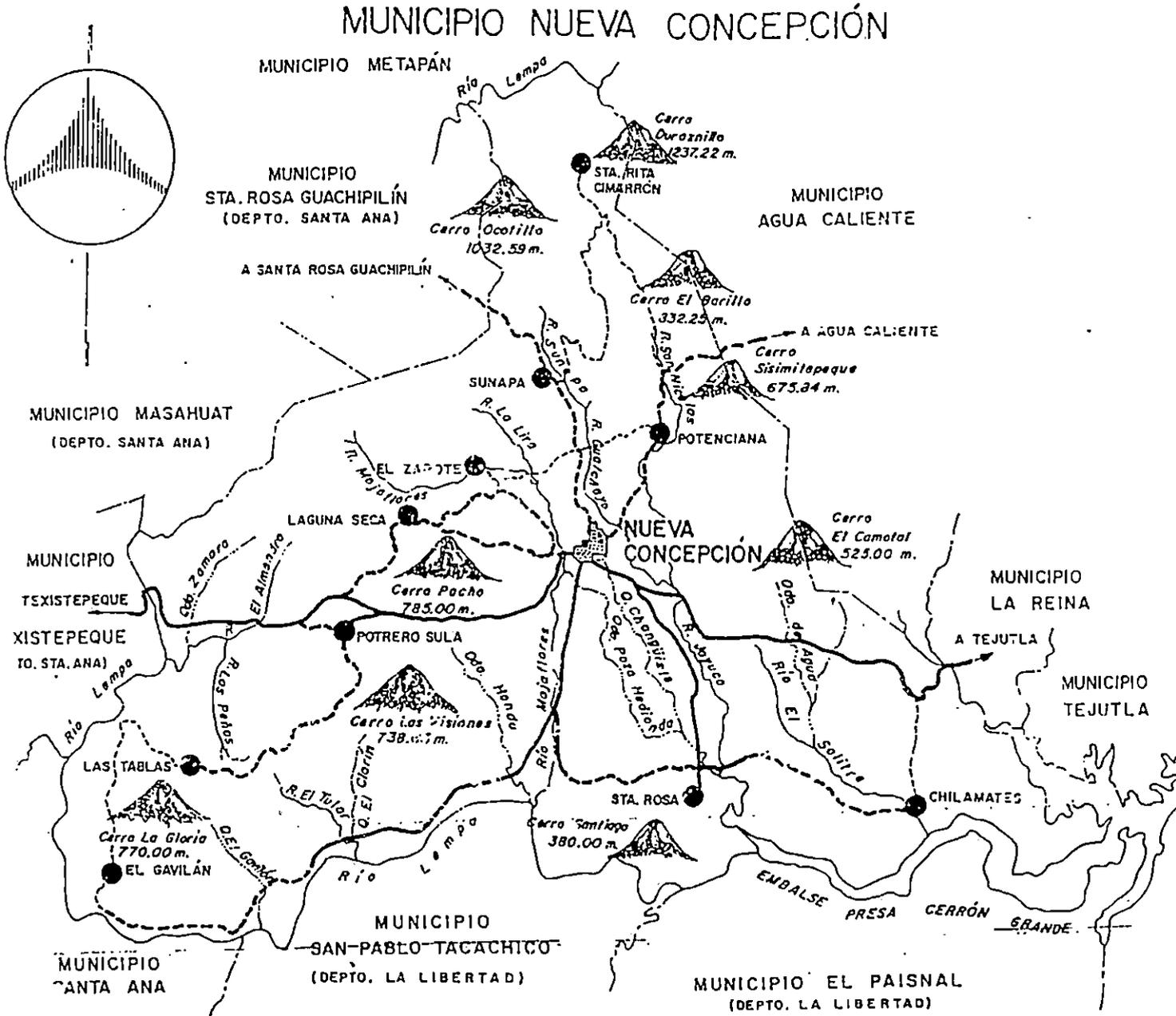
Nueva Concepción cuenta con alumbrado eléctrico, telecomunicaciones, correo, alcaldía municipal, mercado municipal (ver fotografías No 1 y No 2), agua potable, unidad de salud, oficinas de extensión agrícola, aseo, escuelas públicas, educación media, además, cuenta con servicio de alcantarillado sanitario.

La industria existente es elaboración de petates, sombreros, corvos, cumas, monturas, etc.(ver fotografía No 3), elaboran productos lácteos, cuentan con un tianguie y actualmente se está construyendo un rastro (matadero).

En general, Nueva Concepción posee una ubicación privilegiada por el sistema vial (ver fotografía No 4), por la topografía plana, zona rural agrícola, disponibilidad de terrenos ya sea

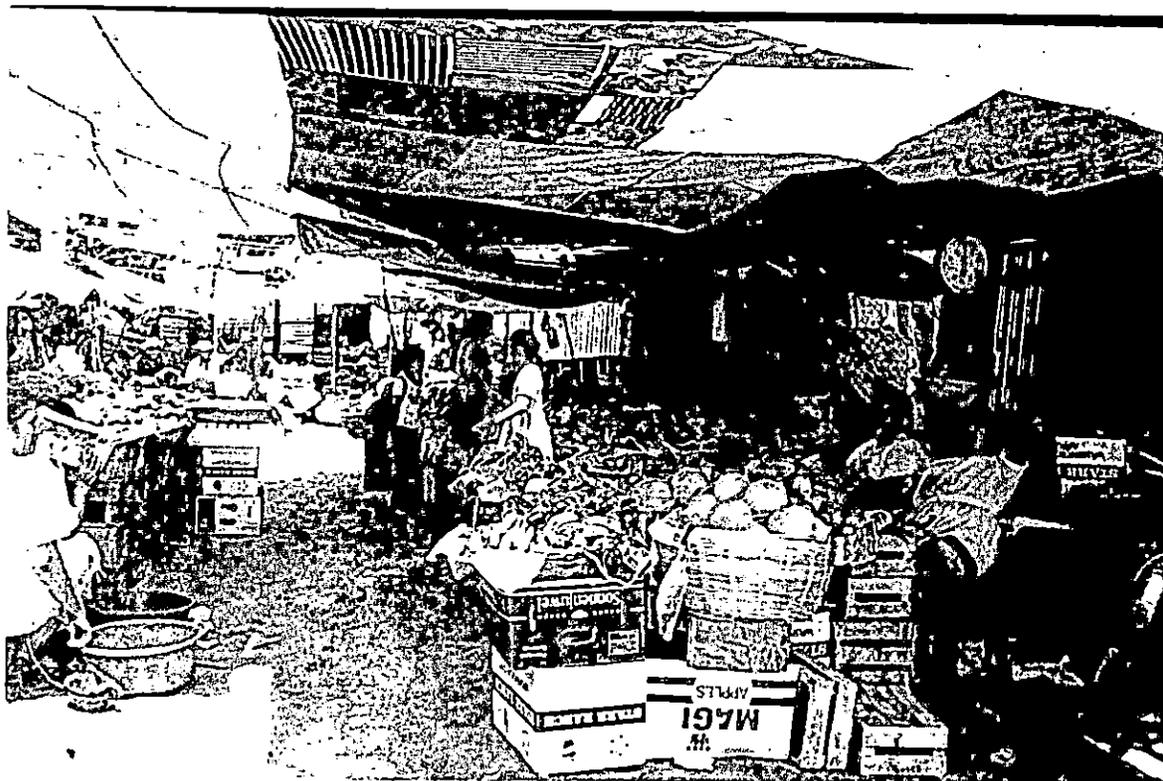
para urbanizar o cultivo, de tal manera que si desarrollan su infraestructura básica oportuna y rápidamente, podrían llegar a ser considerados polos de desarrollo de la zona norte.

3.2.1. UBICACIÓN DE LA CIUDAD DE NUEVA CONCEPCIÓN





Fotografía No. 1: Nueva Concepción cuenta con la Alcaldía Municipal



No. 2: La ciudad de Nueva Concepción cuenta con un mercado municipal, donde se realiza la compra y venta de productos Básicos (frijol, azúcar, maíz, verduras, etc.)



Fotografía No. 3: La industria de la ciudad de Nueva Concepción es de tipo artesanal donde se elaboran y venden petates, sombreros, monturas, corvos, etc.



Fotografía No. 4: La ciudad de Nueva Concepción, se comunica a través de una carretera; actualmente pavimentada y contando con un buen servicio de autobuses.

3.3 POBLACIÓN.

La cantidad de aguas residuales a eliminar en una comunidad depende en gran parte de la población. Por tanto si se desea prever con exactitud la cantidad de aguas residuales, será necesario llevar a cabo estudios de población muy detallados.

Debido a la fluctuación en el período de vida y movilidad de nuestra sociedad, la proyección de la población se hace cada vez más compleja.

Por esta razón, es muy importante que todos los ingenieros estén familiarizados con la realización de estudios de población y así poder proyectar todas las obras sanitarias, de infraestructura, y otras.

3.3.1 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

La ciudad de Nueva Concepción, departamento de Chalatenango cuenta con una población urbana de 7903¹³ habitantes, la cual será proyectada a través del método geométrico. Utilizando la siguiente ecuación.

$$P_f = P_a (1 + i)^n \quad (41)$$

Donde:

P_f = Población futura.

P_a = Población Actual.

i = Tasa de crecimiento anual.

n = Número de años a proyectar.

¹³ Dirección General de Estadística y Censo. DIGESTYC. departamento de Chalatenango/ 1992.

3.3.1.1 Cálculo de la Tasa de Crecimiento Poblacional (i).

Despejando la tasa de crecimiento anual en la ecuación 3.1 se obtiene la siguiente ecuación:

$$i = (P_f/P_a)^{1/n} - 1 \quad (42)$$

Para 1971 _____ 4741 habitantes

Para 1992 _____ 7903 habitantes

$$i = (7903 / 4741)^{1/21} - 1$$

$$i = 1.0246 - 1$$

$$i = 0.0246 \times 100$$

$$i = 2.463\%$$

3.3.1.2. Cálculo De Población Para El Inicio (1998) y final (2023) de Proyecto y Años Intermedios.

** Cálculo de población para el año de 1998

$$P_f = P_a (1 + i)^n$$

$$P_f = 7903 (1 + 0.0246)^6$$

$$P_f = 9144 \text{ habitantes.}$$

** Proyección a corto plazo (5 años). Año 2003

$$P_{2003} = 9144 (1 + 0.0246)^5$$

$$P_{2003} = 10,326 \text{ habitantes}$$

** Proyección a mediano plazo (15 años). Año 2013

$$P_{2013} = 9144 (1 + 0.0246)^{15}$$

$$P_{2013} = 13,166 \text{ habitantes}$$

** Proyección a largo plazo (25 años). Año 2023

$$P_{2023} = 9144 (1 + 0.0246)^{25}$$

$$P_{2023} = 16,788 \text{ habitantes}$$

Tabla No. 3.1

**Proyecciones de Población para el Inicio (1998) y
Final (2023) de Proyección y Años Intermedios.**

AÑO	Población Proyectada
1998	9,144 hab.
2003	10,326 hab.
2013	13,166 hab.
2023	16,788 hab.

Según Censo Nacional de población en el año de 1971, la ciudad de Nueva Concepción contaba con una población urbana de 4741 habitantes. Para el año de 1992 esta ciudad tenía una población urbana de 7903 habitantes. Estos datos fueron utilizados para determinar la tasa de crecimiento poblacional y así proyectar la población a corto, mediano y largo plazo, obteniendo de esta forma datos más reales; ya que la tasa de crecimiento empleada en el censo de 1992 es una tasa que va de acuerdo al crecimiento poblacional de la década de los 80's, la cual se vio disminuida por la emigración que hubo a causa del conflicto armado. Además, esta tasa es calculada con el dato de población que corresponde a todo el municipio y en nuestro

caso trabaja solamente con la población urbana, por lo tanto, no es aplicable a nuestra proyección.

3.3.2. ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO.

Debido a la importancia que tiene el agua en la vida del hombre, si está contaminada, se convierte en un medio con gran potencial para transmitir una amplia variedad de males y enfermedades.

En países en vías de desarrollo las enfermedades hídricas alcanzan cifras escalofriantes por no contar con abastecimiento de agua potable y saneamiento adecuado.

En cuanto a las enfermedades relacionadas con el agua la causa de estas puede tener su origen en bacterias, protozoarios o gusanos. Su control y detención tiene como fundamento la naturaleza del agente causante, aunque es más útil tomar en consideración los aspectos relacionados con el agua en la diseminación de la infección.

Las enfermedades hídricas más comunes son las que causan el mayor daño a escala global. Son aquellas que se propagan por el agua contaminada con heces u orina humana. Con este tipo de enfermedad, la infección ocurre cuando el organismo patógeno llega al agua que consume una persona que no es inmune a la enfermedad.

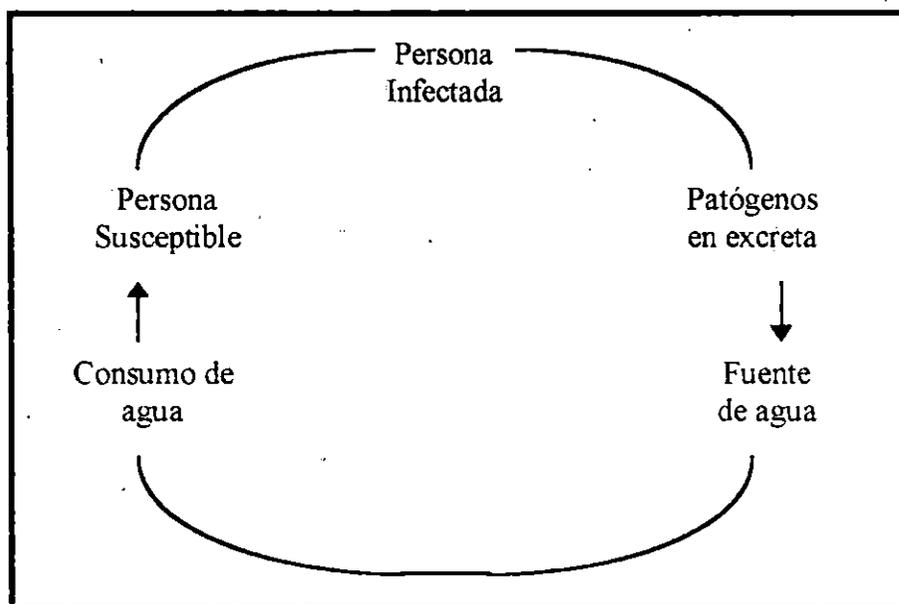
La mayoría de las enfermedades como el cólera, la tifoidea, la disenteria bacilar, siguen una ruta clásica de transmisión fecal-oral y los brotes se caracterizan porque enferman

simultáneamente varias personas que toman la misma fuente de agua¹⁴.

La situación se complica aún más porque algunas personas pueden ser sólo portadoras de enfermedades como la tifoidea y no muestran signos exteriores de la enfermedad; pero su excreta contiene los patógenos.

A continuación se presenta el ciclo clásico de enfermedades transmitidas por el agua y las principales enfermedades transmitidas por el agua.

Fig. 3.1
“Ciclo Clásico de Infección de Enfermedad
Transmitida por el Agua”.



¹⁴ "Agua y Salud Humana". McLunkin, F. Eugene, Editorial Limusa, México, 1986.

Tabla No. 3.2
Principales enfermedades relacionadas con el agua.

Enfermedad	Tipo de relación con el agua
Cólera Hepatitis infecciosa Leptospirosis Paratifoidea Tularemia Tifoidea	Transmitidas por el agua
Disentería amibiana Disenteria bacilar Gastroenteritis	Por el agua o por el agua para el aseo personal.
Ascariasis Conjuntivitis Enfermedades diarreicas Lepra Sarna Sepsis y vicerca de la piel Tiña Tracoma	Por el agua para su aseo.
Gusano de guinea Esquistosomiasis	Desarrollados en el agua
Paludismo Oncocercosis Enfermedad de sueño Fiebre amarilla	Insectos vectores relacionados con el agua

Fuente: "Agua y Salud Humana". McLunkin, F. Eugene, Editorial Limusa, México, 1986.

3.3.2.1 Aspectos de Salud Pública de Nueva Concepción, Dpto. de Chalatenango.

Uno de los aspectos más importantes con los que debe contar una población, es el servicio de atención médica, debido a la incidencia de enfermedades que padecen los habitantes.

El Hospital Nacional de Nueva Concepción, (ver fotografías 5 y 6) es uno de los servicios de salud que brinda el estado para velar por la salud y bienestar de los habitantes, especialmente aquellos de escasos recursos económicos; ya que la salud es determinante para impulsar el desarrollo de la zona.

A continuación se presenta un reporte epidemiológico registrado en la ciudad de Nueva concepción, departamento de Chalatenango (ver tabla No 3.2)

Tabla No. 3.3
Reporte Epidemiológico Anual (Año 1996). "Hospital Nacional Nueva Concepción"
"Enfermedades de Origen Hídrico". Número de Casos Según Grupo de Edad

Diagnóstico	< 1 año	1 - 4	5 - 14	15 - 44	45 - 64	65 - más
Amibiasis sin absceso	12	75	111	211	46	21
Anguilostoma y Uncinaria	1	1	1	9	-	-
Cólera	-	-	-	2	-	-
Giardiasis	10	65	57	38	7	5
Helmintiasis Intestinal	4	86	106	81	27	7
Infecciones intestinales mal definidas	510	503	110	147	75	71
Parasitosis Intestinal	49	701	1713	660	152	52
Dengue Clásico	-	-	2	9	1	1
Paludismo	-	-	-	3	-	-
Total	586	1431	2100	1160	308	157

Fuente: Hospital Nacional de Nueva Concepción - Chalatenango.
 Dpto. de Estadística y Documentos Médicos / 1997.

Tabla No 3.4
“Porcentajes de Población de la Ciudad de Nva. Concepción
que Padecen Enfermedades de Origen Hídrico para el Año de 1996”

Población	Número	%
Total	7981	100
< 1 Año	586	7.34
1 - 4	1431	17.93
5 - 14	2100	26.31
15 - 44	1160	14.53
45 - 64	308	3.86
65 - más	157	1.96
Total		71.93

Fuente: Hospital Nacional de Nueva Concepción - Chalatenango.
 Dpto. de Estadística y Documentos Médicos.

Del la tabla 3.4 se puede observar que del total de la población de la ciudad de Nueva Concepción - Chalatenango para el año de 1996, un 72.64% de la población padecen enfermedades de origen hídrico; siendo de estos habitantes los mayormente afectados niños que oscilan entre 1-14 años.

Tabla No. 3.5
Reporte Epidemiológico Semanal “Hospital Nacional Nueva Concepción”. Semana 38 del 14 al 20
de Septiembre de 1997. “Enfermedades Intestinales Infecciosas y Parasitarias”. Número de Casos
Según Grupo de Edad.

Diagnóstico	< 1 año	1 - 4	5 - 14	15 - 44	45 - 64	65 - más
Infección Intestinal mal definida	278	237	70	87	52	38
Cólera	-	-	-	-	-	-
Fiebre Tifoidea	-	-	2	5	1	-
Parasitismo Intestinal	38	603	912	594	180	63
Paludismo	-	1	-	9	-	-
Total	316	841	984	695	233	101

Fuente: Hospital Nacional de Nueva Concepción - Chalatenango. Dpto. de Estadística y Documentos Médicos / 1997.

Tabla No. 3.6
“Porcentajes de Población de la Ciudad de Nva. Concepción que
Padecen Enfermedades de Origen Hídrico para el Año de 1997”

Población	Número	%
Total	8925	100
< 1 Año	316	3.54
1 - 4	841	9.43
5 - 14	984	11.025
15 - 44	695	7.78
45 - 64	233	2.65
65 - más	101	1.13
Total		35.52

Fuente: Hospital Nacional de Nueva Concepción - Chalatenango.
 Dpto. de Estadística y Documentos Médicos / 1997.

De la tabla 3.6 se puede observar que del total de la población de la Ciudad de Nueva Concepción - Chalatenango para el año de 1997, un 40.1% de la población padecen enfermedades de origen hídrico; siendo de estos habitantes los mayormente afectados niños que oscilan entre 1-14 años.

Comparando estos datos con los del año anterior, se puede observar que la incidencia de enfermedades de origen hídrico se ha reducido en un 32.54%, ya que el Ministerio de Salud trabaja con la población impartiendo charlas para modificar los hábitos de consumo, con el propósito de reducir la incidencia de enfermedades de origen hídrico.

Tabla No 3.7
Hospital Nacional de Nva. Concepción Consolidación de Primeras 10 Causas de Morbilidad

Causas	No de Casos
1- Catarro Común	4,102
2- Faringo Amigdalitis Aguda	3,997
3- Parasitismo Intestinal	3,327
4- Infección Intestinal mal definida	1,416
5- Bronconeumonía Bilateral	717
6- Amibiasis Intestinal sin Abceso	476
7- Helmintiasis Intestinal	311
8- Desnutrición	304
9- Trastorno de Ansiedad	301
10- Escabiosis	214

Tabla No 3.8
Centro de Salud de Nueva Concepción, Chalatenango "Primeras 10 Causas de Mortalidad, de Enero a Diciembre / 1996"

Causas	No. de Casos
1- Intoxicaciones	9
2- Insuficiencia Cardíaca Congestiva	6
3- Accidentes Cerebrovascular	6
4- Gastroenteritis Aguda	4
5- Meningitis Bacteriana	3
6- Traumatismo	3
7- Alcoholismo	3
8- Sepsis Neonatal	3
9- Bronco Neumonía Bilateral	2
10- Pulmonares	2

Tabla No. 3.9
Hospital de Nueva Concepción "Primeras Causa de Mortalidad Correspondientes a Enero - Junio/ 1997"

Causas de Mortalidad	No de Casos	
1 - Insuficiencia Cardíaca Congestiva Gastroenteritis Aguda	5	8
2 - Intoxicaciones	4	6
3 - Trauma Encefálico	4	6
4 - Infarto agudo al Miocardio	2	3
5 - Sepsis Neonatal	1	2
6 - Accidente Cardiovascular	1	1
7 - Sangramiento Tubo Digestivo superior	1	1
8 - Gastroenteritis Aguda	1	2
9 - Neumonía	1	1
10 - Bronconeumonía Bilateral	1	1



Fotografía No. 5: Uno de los servicios con que cuenta la ciudad de Nueva Concepción, es el Hospital de Nueva concepción



Fotografía No. 6: Sector de emergencias del Hospital Nacional de Nueva Concepción



Fotografía No. 7: Muestra la Escuela Urbana Mixta Unificada, ubicada en uno de los barrios principales (Barrio el rosario), de la ciudad de Nueva Concepción.

3.3.3. EDUCACIÓN.

La educación es un factor preponderante para el desarrollo de un determinado lugar, ya que las personas que tienen acceso a ésta; pueden mejorar sus condiciones de vida, teniendo oportunidades de mejores empleos, mayores ingresos económicos, adecuada atención médica, mejores hábitos alimenticios, una vivienda que cuente con todos los servicios necesarios (agua potable, energía eléctrica, drenaje de aseo, etc.)

Por tales motivos la educación es sumamente básica para el bienestar de la población, y toda persona debe tener acceso a ella, algo que realmente no se da en nuestro medio, ya que muchas personas no disponen de ella, sobretodo por factores económicos.

Ejemplo de esto, se puede apreciar en la ciudad de Nueva Concepción de donde se obtuvieron datos del número de personas alfabetas y analfabetas, las características económicas que poseen, el tipo y clase de vivienda en el que residen. Las tablas siguientes reflejan todos estos datos:

Tabla No. 3.10
Características Educativas De La Zona.

Características Educativas de la Zona.	Población Alfabeta	Población Analfabeta
Número de niños en edades de 5-9 años con índice de alfabetismo y analfabetismo.	589	473
Número de niños en edades de 10-14 años con índice de alfabetismo y analfabetismo.	1118	116
Número de Mujeres y hombres en edades de 15 años a más con índice de alfabetismo y analfabetismo.	3226	1411

Fuente: Dirección General de Estadística y Censo. Año 1992.
Departamento de Chalatenango.

Según los datos que muestra la tabla 3.10 un 62.42% de la población es alfabeta y un 37.58% lo conforma la población analfabeta.

Tabla No. 3.11
Características Económicas De La Población.

Población económicamente activa de la ciudad de Nueva Concepción.	Población
1- Número de hombres económicamente activos.	1626
2- Número de mujeres económicamente activas.	616
Total	2242

Fuente: Dirección General de Estadística y Censo. Año 1992
Departamento de Chalatenango.

Según los datos mostrados en la tabla 3.11 existe un 28.37% de la población económicamente activa en la ciudad de Nueva Concepción.

Tabla No. 3.12
Tipo Y Clase De Vivienda

TIPO DE VIVIENDA	MIXTO	BAHAREQUE	ADOBE	MADERA	OTROS	TOTAL
INDEPENDIENTE	42	1472	1456	94	427	3491
PIEZAS DE MESÓN	-	2	85	1	-	88

Fuente: Monografía del municipio de Nueva Concepción Chalatenango.
Centro Nacional de registros. Instituto Geográfico Nacional.

Tabla No. 3.13

CLASE DE VIVIENDA	URBANA		
	PIEZAS DE MESÓN	INDEPENDIENTES	OTROS
PERMANENTES	88	685	4
IMPROVISADAS	-	12	-
RANCHOS	-	46	-
OTROS	-	-	-
TOTALES	88	743	44

Fuente: Monografía del municipio de Nueva Concepción Chalatenango.
Centro Nacional de registros. Instituto Geográfico Nacional.

Según la tabla 3.13 las viviendas existentes en la ciudad de Nueva Concepción, 45.58% son de tipo independiente y el resto son piezas de mesón y otros.

3.4 SUELO Y TOPOGRAFÍA DE LA ZONA.

Dentro del municipio se pueden encontrar los tipos de suelo clasificados así: Latosoles Arcillo Rojizos y Litosoles; según el Sistema taxonómico de los Estados Unidos estos se clasifican en Alfisoles. También se encuentran los suelos aluviales y grumosoles; el sistema taxonómico de los Estados Unidos lo clasifica en Entisoles y Vertisoles (ver mapa pedológico).

1. Latosol Arcillo Rojizos y Litosoles (Alfisoles)

Son suelos profundos y fuertemente desarrollados, derivados en su mayoría de materiales volcánicos no consolidados. El suelo es franco arcilloso y sub-suelo arcilloso de colores rojizos. Muchas veces con abundantes piedras.

La topografía en donde se encuentran, varía desde ligeramente ondulada hasta áreas montañosas muy accidentadas y de fuertes pendientes. El drenaje natural de estas áreas varía de bueno a excesivo.

La escorrentía en las áreas de mayor pendiente a causa de la erosión ha removido las capas superficiales y ha formado cárcavas profundas.

La presencia de manchas negras en algunos horizontes del subsuelo, son debidas a precipitaciones de manganeso, que indica arrastre o lavado de este elemento de los horizontes superiores, depositado en estratos inferiores o bien a condiciones de drenaje imperfecto.

2. Suelo de Origen Aluvial

Son suelos jóvenes, que se forman de materiales acarreados o transportados por el agua, es decir compuestos de materiales de depositación fluvial. Se encuentran en áreas de topografía plana adyacentes a ríos o lagunas generalmente con problemas de exceso de humedad o peligro de inundación.

3. Grumosoles (Vertisoles).

Estos son suelos arcillosos muy pesados, muy plásticos y muy pegajosos cuando están mojados y muy duros cuando están secos. Tienen gran poder de expansión cuando se humedecen y de gran contracción cuando se secan, condición ésta que provoca la rajadura de los mismos, aglutinándose entonces en una estructura columnar.

Son difíciles de trabajar por sus características físicas y de moderada a baja fertilidad. A pesar de su color oscuro son de moderado contenido de materia orgánica que se supondría alta, debido a su color, pero ello es debido a una interacción de arcilla humus o una formación orgánico mineral. Luego el subsuelo paulatinamente se cambia a un color gris, hasta descansar sobre un material parenteral básico e impermeable.

La topografía de estas áreas por lo general es plana a ligeramente inclinada.

Existen en el país más de 120,000 has. de grumosoles o vertisoles, o sea un 6% del territorio nacional, área que amerita conocerlos mejor, para que puedan ser incorporados a la explotación agrícola moderna¹⁵.

4. Rocas.

La zona donde se realizará el diseño del sistema de lagunas de estabilización presenta características de suelo de tipo aluvial y grumosoles; como se menciono anteriormente, los primeros son suelos jóvenes formados por materiales acarreados y transportados por

¹⁵ Geografía de El Salvador. Capítulo V, Primera edición 1986.

el agua, es decir, compuesto por materiales de depositación fluvial y los segundos son suelos arcillosos muy pesados, muy plásticos y muy pegajosos cuando están mojados y muy duros cuando están secos.

Los tipos de roca que existen dentro del municipio son: lavas andesíticas, materiales piroclásticos, aluviones con intercalaciones de materiales piroclásticos, riolitas andesíticas y lavas basálticas (ver mapa geológico).

5. Vegetación.

La flora está constituida por bosque húmedo subtropical. La vegetación varía de acuerdo al tipo de suelo; para suelos grumosos la vegetación natural es arbustiva y de matorral. Los matorrales son muy característicos de estas áreas, que se encuentran casi en su totalidad dentro de los valles interiores dispersos.

Los arbustos y matorrales son un valioso recurso para el suministro de leña y madera de corta dimensión.

El bosque se define como Húmedo subtropical.

3.5 PRODUCCION AGROPECUARIA DE LA ZONA.

En cuanto a la agricultura se puede decir que ésta varía de acuerdo a la zona y al tipo de suelo.

En Nueva Concepción existen áreas que presentan suelos de tipo aluviales y grumosoles, en donde el potencial agrícola varía de moderado a alto de acuerdo a estos suelos, por ser muy arcillosos son difíciles de trabajar.

Otras áreas presentan suelos como latosoles arcillo rojizos y litosoles, por lo que su agricultura puede ser baja, ya que pocas áreas pueden ser cultivadas por métodos modernos, la mayoría son cultivos de subsistencia como: cereales, frijol, maíz, caña de azúcar, maicillo, café. Además, pastos extensivos y bosque, es el uso más recomendable.(ver fotografía No 8). En cuanto a la producción ganadera y avícola hay crianza de ganado vacuno-bovino, porcino, caballar y aves de corral.(ver fotografía No 9).

Tabla No. 3.14
Producción Agropecuaria de Nueva Concepción.

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA			PRODUCCIÓN GANADERA		PRODUCCIÓN AVICOLA	
	BRUTA Superficie sembrada en Ha.	Producción en Kilogramos		Total de Cabezas		Total de Aves
FRIJOL	1018.2	935609	VACUNO	19570	GALLINA	42900
MAÍZ	3988.5	10918180	PORCINO	5686	PAVOS	939
ARROZ	267.6	538219	CABALLAR	1832	PATOS	3343
MAICILLO	49.9	528735	MULAR	777	-	-
CAFÉ	21.7	14409	-	-	-	-

Fuente: Monografía del Municipio de Nueva Concepción, Chalatenango.
Centro Nacional de registros. Instituto Geográfico Nacional.



Fotografía No. 8: Muestra el maíz recolectado de la cosecha que forma parte de la producción agrícola.



Fotografía No. 9: En la ciudad de Nueva Concepción existe producción ganadera y avícola, así como también hay crianza de ganado caballar y otros.

3.6 METEOROLOGÍA.

La Meteorología es la ciencia que estudia los fenómenos atmosféricos, especialmente a lo que es la precisión del tiempo.

Dentro de la Meteorología, existen ciertos parámetros que son de vital importancia debido a la gran influencia que estos tienen sobre lo que es el funcionamiento de una laguna de estabilización.

Considerando como los de mayor relevancia los siguientes:

- A- Velocidad y dirección del viento.
- B- Temperatura del aire.
- C- Evaporación, precipitación e infiltración.
- D- Densidad de la luz solar.

3.6.1 VELOCIDAD DEL VIENTO.

La superficie de una laguna de estabilización no es propensa a la formación de ondas, posiblemente debido a la tensión superficial; se ha observado que las ondas se forman sólo cuando la velocidad del viento es mayor de 60 Km. por hora.

La turbulencia producida por las olas contribuye a la dispersión de los sólidos sedimentables. Se ha observado que la agitación superficial producida por los vientos de alta velocidad contribuye a bajar la supersaturación de oxígeno disuelto que se forma en la capa superior de la laguna, ya que dirige una parte del oxígeno hacia las capas inferiores, y otras hacia el aire de la atmósfera.

Tenemos que hacer notar, que los vientos fuertes (tabla 3.15), y mayores pueden ocasionar en lo que respecta a la calidad trastornos del agua, que se obtiene en el efluente, debido a que ciertos volúmenes de agua con un tiempo de retención bajo son evacuados en una forma acelerada, conociéndose este fenómeno como corto circuito.

Tabla No. 3.15
Escala Beaufort de Vientos Fuerza del viento en la superficie. Equivalencia de la velocidad a una altura tipo de 10 metros sobre terreno llano y descubierto.

Fuerza Beaufort	Nombre	Km. / h	Características para la estimación de la velocidad en tierra.
0	Calma	1	Calma: el humo se eleva verticalmente.
1	Ventolina	1 - 5	La dirección del viento se revela por el movimiento del humo, pero no por las veletas.
2	Brisa muy débil	6 - 11	El viento se percibe en el rostro; las hojas se agitan; la veleta se mueve.
3	Brisa débil	12 - 19	Hojas y ramitas agitadas constantemente; el viento despliega las banderolas.
4	Brisa moderada	20 - 28	El viento levanta polvo y hojitas de papel; ramitas agitadas.
5	Brisa fresca	29 - 38	Los arbustos con hoja se balancean; se forman olitas con cresta en las aguas interiores (estanques).
6	Viento fresco	39 - 49	Las grandes ramas se agitan, los hilos telegráficos silban; el uso del paraguas se hace difícil.
7	Viento fuerte	50 - 61	Los árboles enteros se agitan, la marcha en contra del viento es penosa.
8	Viento duro	62 - 74	El viento rompe las ramas, es imposible la marcha contra el viento.
9	Viento muy duro	75 - 88	El viento ocasiona ligeros daños en las viviendas (arranca cañerías, chimeneas, tejados).
10	Temporal	89 - 102	Raro en los continentes, árboles arrancados, importantes daños en las viviendas.
11	Borrasca	103 - 117	Observado muy raramente, acompañado de extensos destrozos.
12	Huracán	118 o más	Estragos graves y extensos.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG. Dpto. de Meteorología.

Tabla No. 3.16
Tabla De Rumbo Dominante (Dirección Del Viento) Velocidad Media Y Máxima Absoluta
En (Km/H) Estación: Nueva Concepción

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROMEDIO
RUMBO	N	N	S	S	SE	SE	SE	SE	SE	S	N	N	SE
VELOCIDAD MEDIA	7.4	8.6	6.4	6.8	4.8	3.7	3.7	3.6	3.4	4.0	6.2	7.2	5.5
VEL. MAX. ABSOLUTA	91.8	86.4	85.3	82.8	85.0	100.8	69.5	72.4	83.5	59.8	79.2	79.2	100.8

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG.
 Depto. de Meteorología.

Según la tabla 3.16 se tiene que la velocidad media del viento en la zona es de 5.5 Km/h, con dirección SE, teniendo el calificativo de brisa muy débil según la escala de BEAUFORT de vientos.

Para la realización del diseño se pretende trabajar con los datos de velocidades medias del viento; por ser datos más representativos, los cuales se registran con mayor frecuencia y se espera no ocasionen trastornos en el agua. No se considera la velocidad absoluta por ser valores puntuales registrados ocasionalmente y no son representativos, por lo tanto nos podrían entorpecer el funcionamiento de la laguna.

3.6.2 TEMPERATURA DEL AIRE.

Estación: Nueva Concepción.

Es el estado atmosférico del aire, desde el punto de vista térmico juega un papel de gran importancia en el tratamiento de aguas residuales, por medio de lagunas de estabilización,

influyendo en una forma directa sobre lo que es el balance hídrico de la laguna y también en la temperatura del agua que a su vez influye en la reacción de DBO. La oscilación entre la temperatura máxima y mínima disminuye conforme aumenta la profundidad, lo que es beneficioso para el proceso de estabilización.

Tabla No. 3.17
Tabla De Valores Promedio Mensuales De Temperatura En La Ciudad De Nueva Concepción En (°C)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
TEMPERATURA	24.3	25.7	27.4	27.9	27.9	25.5	25.2	25.0	24.8	25.0	24.7	24.4	25.7

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG.
Dpto. de Meteorología.

Como se puede observar en la tabla 3.17 que el valor máximo de temperatura se registra en los meses de Abril y Mayo y que el valor mínimo de temperatura en el mes de Enero. Estos valores establecen un rango de variación de temperatura. Para la realización del diseño se tomará en cuenta que este rango puede reducirse conforme aumente la profundidad de la laguna, ya que la parte superior de la lagunas se ve mayormente afectada por los cambios de temperatura en el ambiente, no así en la zona más profunda, ya que la temperatura se mantiene relativamente estable.

Se espera que al aumentar la temperatura se tenga una mayor eficiencia en el tratamiento de la laguna, ya que acelera el proceso de estabilización de la materia orgánica y la remoción de organismos patógenos.

3.6.3 EVAPORACIÓN, PRECIPITACIÓN, E INFILTRACIÓN.

Evaporación: Es el fenómeno en el cual un líquido se transforma en vapor.

Precipitación : Es el agua que cae de la atmósfera.

La precipitación es un parámetro que ayuda a la dilución de la carga de DBO aplicada a una laguna, pero también disminuye el período de retención, altera la temperatura de la masa líquida y ocasiona un arrastre considerable de la población de algas hacia el efluente, ocasionando de esta forma una reducción del rendimiento de la laguna.

Según el doctor J.K.G. Silvey ha estimado que las lagunas de estabilización facultativas dan resultados más satisfactorios en lugares donde la precipitación tiene valores entre 630 y 1140 mm por año. Estos valores se comparan con los datos de la tabla No. 3.18

Tabla No 3.18
Tabla De Precipitación De Los Promedios Mensuales De La Ciudad De Nueva Concepción (En Mm)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
PRECIPITACIÓN	4	2	17	59	163	310	283	258	295	186	25	7	1609

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG.
Dpto. de Meteorología.

Según los datos mostrados en la Tabla 3.18, al diseñar el Sistema de lagunas de estabilización se tomará en cuenta que en la estación lluviosa las lagunas tendrán un bajo rendimiento en comparación con la estación seca, ya que se espera que en los meses de Mayo a Octubre donde se registran los mayores valores de precipitación, el rendimiento de la laguna se vea reducido, debido al incremento del volumen de agua, produciendo un arrastre de algas,

disminución en el período de retención y alterando la temperatura del agua, ya que esta zona presenta un valor de precipitación por año de 1609 mm que sobrepasa el rango establecido por el Doctor J.K.G. Silvey.

Filtración: Es la penetración de un líquido en los estratos interiores del subsuelo.

Cabe mencionar que la filtración, es una variable que puede impedir la obtención del nivel óptimo de operación que se había planeado. Un análisis de suelos por si sólo no es suficiente para predecir la pérdida del líquido que pueda ocurrir por filtración. El contenido del líquido influyente puede contribuir a sellar el fondo por medio de las alteraciones que produce en su composición química.

Hay dos reglas que deben considerarse fundamentalmente:

- a) No se debe permitir ninguna filtración hacia lugares donde hay pozos o fuentes subterráneas que son utilizadas para uso doméstico. Al localizar una laguna de estabilización debe tenerse en cuenta esta recomendación.
- b) Si el suelo sobre el que se va a ubicar la laguna es de grava o piedra caliza, debe ser cubierta con una capa de arcilla.

3.6.4 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar, es importante por tres razones diferentes:

- a) Las condiciones de la radiación solar durante el año, que varían con la latitud, elevación, y estado atmosférico, son las que determinan la forma en que podrá

comportarse una laguna de estabilización en una localidad determinada.

- b) Los cambios en la radiación solar diaria que suceden en las diferentes estaciones sugieren las dificultades que se podrán presentar en cada una de las estaciones del año.
- c) La penetración de la luz incidente, determina qué porcentaje del volumen de la laguna participará en la producción de oxígeno.

Esta diferencia en la absorción de la luz con respecto a la profundidad es debida en su mayor parte a la densidad de la población de algas. La mayor o menor penetración de la luz se refleja en una mayor o menor concentración de clorofila.

La capa que absorbe el 99 por ciento de la luz incidente es considerada en cualquier masa de agua como el extracto en que se lleva a cabo toda la fotosíntesis apreciable. Con respecto a las lagunas de estabilización, esta capa es la que indica la proporción del volumen que produce oxígeno por fotosíntesis.

La capacidad de absorber la luz, varía con cada laguna, que puede ser expresada en términos de la profundidad. Se presenta en la tabla 3.19 promedios mensuales de radiación solar en la zona.

Tabla No 3.19
Promedios Mensuales De Radiación Solar En La Ciudad De Nueva Concepción (Cal/Cm² X Día)
Estación: Nueva Concepción

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
RADIACIÓN SOLAR	422.0	467.3	489.2	487.4	446.0	455.4	472.4	472.3	442.0	438.6	422.0	402.5	451.4

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG. Dpto. de Meteorología.

Como se puede observar en el tabla 3.19 en los meses de febrero, marzo, Abril, Julio y Agosto donde se registran mayores promedios de radiación solar, se espera que al diseñar la laguna en estos meses, ésta trabaje con mayor eficiencia; ya que habrá una producción mayor de algas, por consiguiente una mayor producción de oxígeno influyendo en el decaimiento bacteriano.

3.6.5 EVAPOTRANSPIRACIÓN.

El conocimiento de la evapotranspiración es un factor determinante en el diseño de muchas obras hidráulicas.

Bajo la acción de la temperatura que proviene de la energía solar, el agua recupera el estado de vapor en el curso de todas las etapas de su ciclo, su acción se extiende a la superficie del suelo, cobertura vegetal, aguas de escorrentía y superficies de aguas libres; a esta acción se le añade la transpiración de la plantas y estos dos fenómenos se agrupan en uno solo¹⁶, denominado evapotranspiración.

¹⁶ Aparicio Mijares, Francisco Javier "Fundamentos de Hidrología de Superficie", Editorial Limusa.- 1989.

En la tabla 3.20 se presenta la evapotranspiración potencial (mm) de Nueva Concepción, cuya elevación es de 320 m.s.n.m. (Hargreaves).

Tabla No 3.20
Valores De Evapotranspiración Potencial En (Mm).Estación: Nueva Concepción

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
EVAPOTRANSPIRACION (mm)	152	153	186	190	182	157	160	159	144	143	136	139

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG. Dpto. de Meteorología.

Como se puede observar en la tabla 3.20 se registran mayores valores de evapotranspiración en los meses de Marzo, Abril y Mayo; debido a que la intensidad de radiación solar es mayor en estos meses, en base a esto se espera que en la laguna el volumen de agua se vea reducido bajo la acción de la temperatura proveniente de la energía solar, que permite que el agua de la superficie se convierta en vapor.

3.6.6 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es un parámetro que relaciona la presión de vapor entre la presión de saturación del aire expresada en porcentaje.

A continuación se presentan en la tabla 3.21 valores de humedad relativa de Nueva Concepción (15 años de registros).

Tabla No 3.21
Valores De Humedad Relativa En %
Estación: Nueva Concepción

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
HUMEDAD RELATIVA %	60	56	59	62	71	80	79	80	82	78	69	63

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG. Dpto. de Meteorología.

Del contenido de la tabla 3.21, se puede observar que en la estación lluviosa, (de Mayo a Octubre) la humedad relativa tiene valores extremos del 82% y 71%, en los meses de septiembre y mayo, con un promedio mensual de 79%.

Para la estación seca que se da desde noviembre hasta abril se observa un valor promedio de 64% y extremos de 69% y 56% en los meses de Noviembre y Febrero.

De acuerdo con los datos mostrados en la tabla 3.21, en la época lluviosa se registran mayores valores de humedad relativa en los meses de mayo a octubre, por lo cual se espera que al diseñar la laguna, la temperatura del agua disminuya y con ello se reduzca la eficiencia del tratamiento del sistema para estos meses porque habrá menor crecimiento de algas y se reducirá el decaimiento bacteriano.

3.7 CONSUMO DEL AGUA.

El agua es indispensable para la existencia de todas las criaturas vivientes, incluso el hombre. El agua constituye más del 60% del peso del cuerpo humano. El cuerpo humano

necesita alrededor de 2 - 10 litros de agua por día para realizar sus funciones fisiológicas correctamente, dependiendo esto del clima y de la carga de trabajo. Normalmente alrededor de un litro de agua es proporcionado por el consumo diario de alimentos.

El agua también es necesaria para otras funciones tales como la higiene personal, el lavado de los platos y de los utensilios de cocina, lavado de ropa, limpieza de la casa, etc.

El consumo total de agua por persona y por día es determinado por un gran número de factores, tales como la disponibilidad de agua, su calidad, el costo del agua, la renta y el tamaño de la familia, los hábitos culturales, el nivel de vida, las formas y medios de distribución del agua, el clima, etc.¹⁷

En lo referente a la población en estudio, podemos mencionar que se encuentra abastecida por medio de 2 fuentes (manantiales); ambos sistemas trabajan por gravedad.

Uno de ellos es llamado "Manantial El Chagüitón", situado al Oeste en las afueras de la ciudad, teniendo una producción de 15.7 lts/seg., dando una producción horaria de 56.52 m³, con un volumen diario de 1356.48 m³. teniendo éste un tratamiento de cloración por medio de hipoclorito de calcio.

El otro sistema que abastece a la ciudad es el Manantial llamado "El Jute", teniendo una producción de 6.7 lts/seg., proporcionando así las 24 horas diarias el volumen total de 578.88 m³; recibiendo el mismo tratamiento.

¹⁷ Folletos proporcionados en la Cátedra Abastecimiento de Agua y Alcantarillado Sanitario.

Sumando las dos producciones, obtenemos un total de 1935.36 m³/día, con un volumen mensual de 58060.8 m³, el cual sirve para abastecer 1500 servicios actualmente registrados por ANDA.(Ver plano “Sistema de Abastecimiento de Agua Potable”).

3.7.1. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA POTABLE.

Según las normas de ANDA, la dotación de diseño (Lts/persona/día) establecida para la ciudad de Nueva Concepción es de 175 lts/persona/día.

En base a estos datos se calculará el caudal de agua potable ($Q_{m\text{diario}}$), para corto, mediano y largo plazo será:

$$Q_{m\text{diario}} = (\text{Dotación} \times \# \text{ de habitantes}) / 86400 \quad (43)$$

Proyectada para el año 1998.

$$QAP = (175 \text{ l / p / día}) (9144P)$$

$$QAP = 18.52 \text{ lts / seg}$$

A corto plazo.

Proyectada para el año 2003

$$QAP = (175 \text{ l / p / día}) (10326P)$$

$$QAP = 20.91 \text{ lts / seg}$$

A mediano plazo.

Proyectada para el año 2013

$$QAP = (175 \text{ l / p / día}) (13166P)$$

$$QAP = 26.66 \text{ lts / seg}$$

A largo plazo.

Proyectada para el año 2023

$$QAP = (175 \text{ l / p / día}) (16788P)$$

$$QAP = 34.00 \text{ lts / seg}$$

Luego de calcular el Q_m diario, se calculará el Q_{max} Diario mediante la ecuación (44)

$$Q_{max} \text{ diario} = K Q_{md} \quad (44)$$

Donde K Factor de seguridad sugerido por las normas de ANDA, el cual depende de la disponibilidad económica y del recurso hídrico. En este caso se adopto el factor de 1.2 considerando lo antes mencionado.

Según Normas de ANDA.

$Q_{maxd} = KQ_{md} \Rightarrow K$: Se adopta un factor de 1.2 porque resulta más económico al diseñar

$$Q_{maxd} = 34.003 \text{ l / seg} = 2937.9 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

$$Q_{maxd} = 1.2 (2937.9 \text{ m}^3 / \text{ día}) = 3525.48 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

$$Q_{maxd} = 3525.48 \text{ m}^3 / \text{ día} = 40.80 \text{ m}^3 / \text{ día}$$

Como se puede observar que el caudal producido por las fuentes no será suficiente para abastecer a la ciudad al final del periodo, ya que $Q_{fuente} < Q_{máxd}$.

3.7.2 COBERTURA DE AGUA POTABLE EN BASE AL NUMERO DE VIVIENDAS OCUPADAS.

Según el último Censo realizado en el año de 1992 por la Dirección General de Estadística y Censo (DIGESTYC) se presentan los siguientes datos del número de viviendas particulares ocupadas y desocupadas en la ciudad de Nueva Concepción, departamento de Chalatenango.

Tabla No. 3.22
Número de Viviendas Ocupadas y Desocupadas de la Ciudad de Nueva Concepción

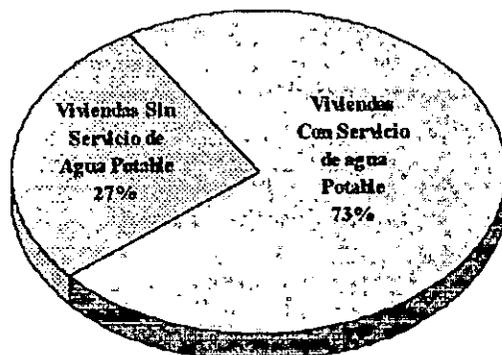
Vivienda	Cantidad
Ocupada	1630
Desocupada	351
total	1981

Fuente: Dirección General de Estadística y Censo. DIGESTYC. 1992

Tabla N. 3.23
Cobertura De Agua Potable

Abastecimiento de Agua	Número	%
No. Total de Viviendas Ocupadas	1630	100
Por cañería (con facilidad de conexión)	1183	72.57
De pozo	173	10.61
De río	133	8.16
Manantial	7	0.43
Otro	134	8.22

Gráfico No. 3.1
Cobertura de Agua Potable



El gráfico representa que del número total de viviendas ocupadas, el 73 % cuentan con servicio de agua potable.

3.7.3 SERVICIO DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

Nueva Concepción dispone de un sistema de alcantarillado sanitario a partir del año 1983 (ver plano "Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Ciudad de Nueva Concepción-Chalatenango"), cuya red colectora esta compuesta de los siguientes elementos:

- 9808.34 mts. de tubería de concreto simple f 8"
- 1920.14 mts. de tubería de concreto simple f 10"
- 510.62 mts. de tubería de concreto simple f 12"
- 594.06 mts. de tubería de concreto simple f 18" (colector) (Ver fotografía No 10)
- 12,833.16 mts. en total de red colectora y 102 pozos de visita.

La variación de pendientes en la red oscila entre 0.5% a 3%.

3.7.4 CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUAS NEGRAS.

$$Q_{máxh} = K Q_{md} \quad (45)$$

Donde:

Q_{md} al final del periodo de Diseño

$Q_{md} = 34.00$ lts/seg.

Según normas de ANDA $K=1.8$

$$Q_{\text{máxh}} = 1.8 (34.00 \text{ lts / seg})$$

$$Q_{\text{máxh}} = 61.20 \text{ lts / seg}$$

Caudal de diseño

$$Q_{AN} = F \times [80\% Q_{\text{máxh}} + 20\% (\text{lts /seg /ha})]$$

Según normas de ANDA el factor dependerá del diámetro de la tubería del colector. En este caso el diámetro del colector es de 18" y le corresponde un factor de 1.6.

$$Q_{AN} = 1.6 \times [0.8 \times 61.2 + 0.2 (\text{lts /seg /ha}) (738.144 \text{ ha})]$$

$$Q_{AN} = 314.54 \text{ lts/seg}$$



Fotografía 10 : Punto de descarga de aguas residuales conducida por el sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Nueva Concepción

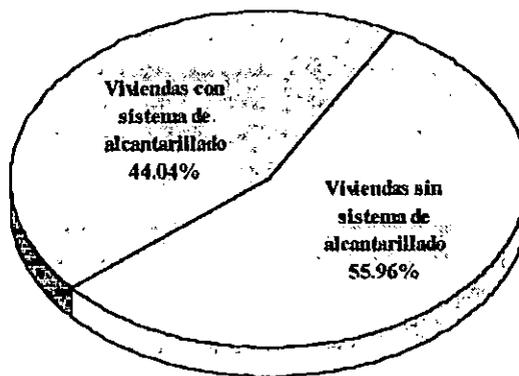
3.7.5 COBERTURA DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Tabla No. 3.24
Cobertura del Sistema

Desagüe	Número	%
Total de viviendas	1630	100
Alcantarillado	718	44.04
Fosa séptica	61	3.74
Al suelo	72	4.41
Quebrada o río	10	0.61
No disponible	769	47.17

Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda 1992, Tomo IV
Departamento de Chalatenango.

Gráfico 3.2
Cobertura Del Sistema De Alcantarillado



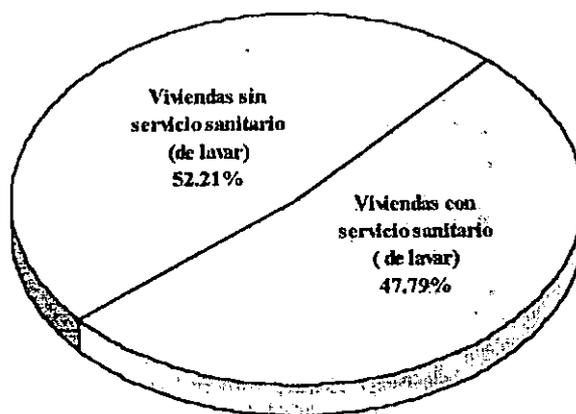
En el gráfico se puede observar que el 44.04% de viviendas ocupadas cuentan con sistema de alcantarillado y la mayoría de estas viviendas carecen de este servicio.

3.7.6 COBERTURA DE SERVICIOS SANITARIOS

Tabla No. 3.25
Cobertura del Servicio

Servicio Sanitario	Número	%
Total de Viviendas	1630	100
Inodoro (de lavar)	779	47.79
Letrina	745	45.70
Otro	5	0.31
No disponible	101	6.19

Gráfico 3.3
COBERTURA DE SERVICIO SANITARIO



La representación gráfica muestra que el 47.79% del total de viviendas ocupadas cuentan con servicio sanitario (de lavar), es decir que más del 50% carecen de este servicio.

3.7.7 CALIDAD DEL AGUA.

La confianza en la calidad del agua, es producto de los estudios hidrológicos y de los diseños hidráulicos y estructurales que sirven de base y dan forma a las obras de ingeniería necesarias, así como de la operación de los sistemas terminados. Si la calidad del agua no se controla en este sentido, las obras de abastecimiento de aguas y de evacuación de aguas residuales fallaría en su propósito¹⁸.

El suministro de agua debe ser satisfactorio en calidad y adecuado en cantidad, fácilmente accesible al usuario, relativamente económico y de fácil evacuación después de que se ha satisfecho sus múltiples propósitos.

Las obras de ingeniería son los sistemas de suministro de aguas y de alcantarillado o sistemas de evacuación de aguas residuales. Las primeras, llamadas también hidráulicas, captan el agua de las fuentes naturales de suministro, la purifican, si es necesario, y la entregan al consumidor.

Las obras de aguas residuales colectan el agua de desecho de la comunidad (aproximadamente un 80% del agua suministrada).

Las aguas residuales captadas se tratan y se descargan, generalmente, a un canal de drenaje natural. Con frecuencia la masa receptora de masa continúa sirviendo como fuente importante de suministro para muchos fines.

¹⁸ Folletos proporcionados en la Cátedra Abastecimiento de Agua y Alcantarillado Sanitario. UES, 1993

Este uso múltiple de las aguas naturales es el que obliga a establecer un estricto control de su calidad.

Para llenar los requerimientos modernos de calidad, los abastecimientos deben ser saludables y de buen sabor. Si el agua no atrae a los sentidos de la vista, gusto y olfato, la gente la evitará y consumirá cantidades insuficientes para satisfacer sus necesidades fisiológicas, o bien recurrirá a aguas agradables a los sentidos pero posiblemente no potable.

Para ser saludable, el agua debe estar libre de organismos causantes de enfermedades, sustancias venenosas y cantidades excesivas de materia mineral y orgánica.

Para tener un sabor agradable debe carecer en especial de color, turbidez, sabor y olor, poseer una temperatura moderada en verano e invierno, y estar bien aireada.

El control de la calidad del agua debe intervenir en todas las fases de la administración técnica de las obras hidráulicas, iniciándose con la preparación, supervisión y mantenimiento de las áreas de captación de las fuentes de abastecimiento y continuando a través de las tuberías, plantas de purificación y sistemas de distribución y llegando hasta los accesorios domésticos y equipos industriales a otros.

Para satisfacer los requerimientos de la preservación de la calidad del agua, los sistemas de evacuación de aguas residuales, deben realizar dos funciones:

1. Una colección confiable e inofensiva de las materias de desecho.

2. Una evacuación segura de las aguas residuales adecuadamente tratadas a las corrientes receptoras o a la tierra.

El manejo sanitario de las aguas residuales interviene en cada fase de la evacuación técnica de aquellas, iniciándose donde termina el suministro de aguas, en los accesorios o equipos a través de los que las aguas residuales son vertidas a los colectores, continuando con el sistema de alcantarillado a través de las plantas de tratamiento y terminar hasta que las corrientes u otras masas receptoras de aguas han sido reformadas a su pureza deseada o se han perdido en el océano.

3.7.7.1 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA RESIDUAL.

Para realizar el análisis de estos parámetros fue necesario la toma de muestras en tres puntos principales de la zona de descarga. La primer muestra fue tomada de la quebrada el zanjón, aguas arriba del colector, la segunda muestra se tomó en el colector propiamente dicho, la tercer muestra fue tomada en la quebrada El Zanjón aguas abajo del colector.

La selección de estos tres puntos se realizó con el propósito de comparar los niveles de contaminación que las aguas residuales domésticas de esta ciudad producen a los cuerpos de agua.

Además, la evaluación de estos parámetros es esencial ya que es una herramienta para la elaboración del diseño del sistema de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas

residuales domésticas.

Los parámetros analizados son los siguientes:

- Número más probable de coliformes fecales NMP/100 ml.
- Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días. DBO_5 .
- Temperatura.
- Sólidos suspendidos totales.
- Sólidos sedimentables.
- Sólidos totales.
- Sólidos disueltos totales.
- Turbiedad.
- PH.
- Demanda química de oxígeno total DQO_{TOTAL} .

Los análisis de estos parámetros fueron realizados por : Laboratorio de Química y Farmacia (UES), Especialidades Microbiológicas Industriales (ESMIN) y Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), se muestran en los anexos.

CAPITULO IV
“DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAGUNAS
DE ESTABILIZACION PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DOMESTICAS”

4.1. INTRODUCCION

Al realizar el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales es necesario partir de criterios básicos que garanticen la funcionalidad de la obra.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente (CEPIS) maneja criterios actualizados en cuanto al tratamiento de aguas residuales se refiere, especialmente al tratamiento de aguas residuales por medio del sistema de lagunas de estabilización. Estos criterios son resultado de una serie de experiencias realizadas en diferentes países que han implementado el sistema de lagunas de estabilización, con la finalidad de obtener mejor calidad en sus efluentes.

De acuerdo a lo anterior se retomaran los criterios propuestos por el CEPIS para el diseño de un sistema de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la Ciudad de Nueva Concepción Chalatenango, además se presenta un desglose de cada uno de los parámetros y ecuaciones empleados en el programa propuesto por el CEPIS para realizar el diseño y así determinar las dimensiones y eficiencias del sistema.

También se incluye el plano de levantamiento topográfico del terreno donde se pretende realizar el diseño.

Conocidas todas la dimensiones de cada laguna se distribuyen en el área disponible, presentando un plano de distribución en planta, los criterios de diseño para diques y taludes, sus correspondientes perfiles longitudinales y transversales así como también las obras de arte que complementan el sistema.

Todo esto se realiza con el propósito de contrarrestar el problema de contaminación provocado por las aguas residuales en la Ciudad de Nueva Concepción Chalatenango.

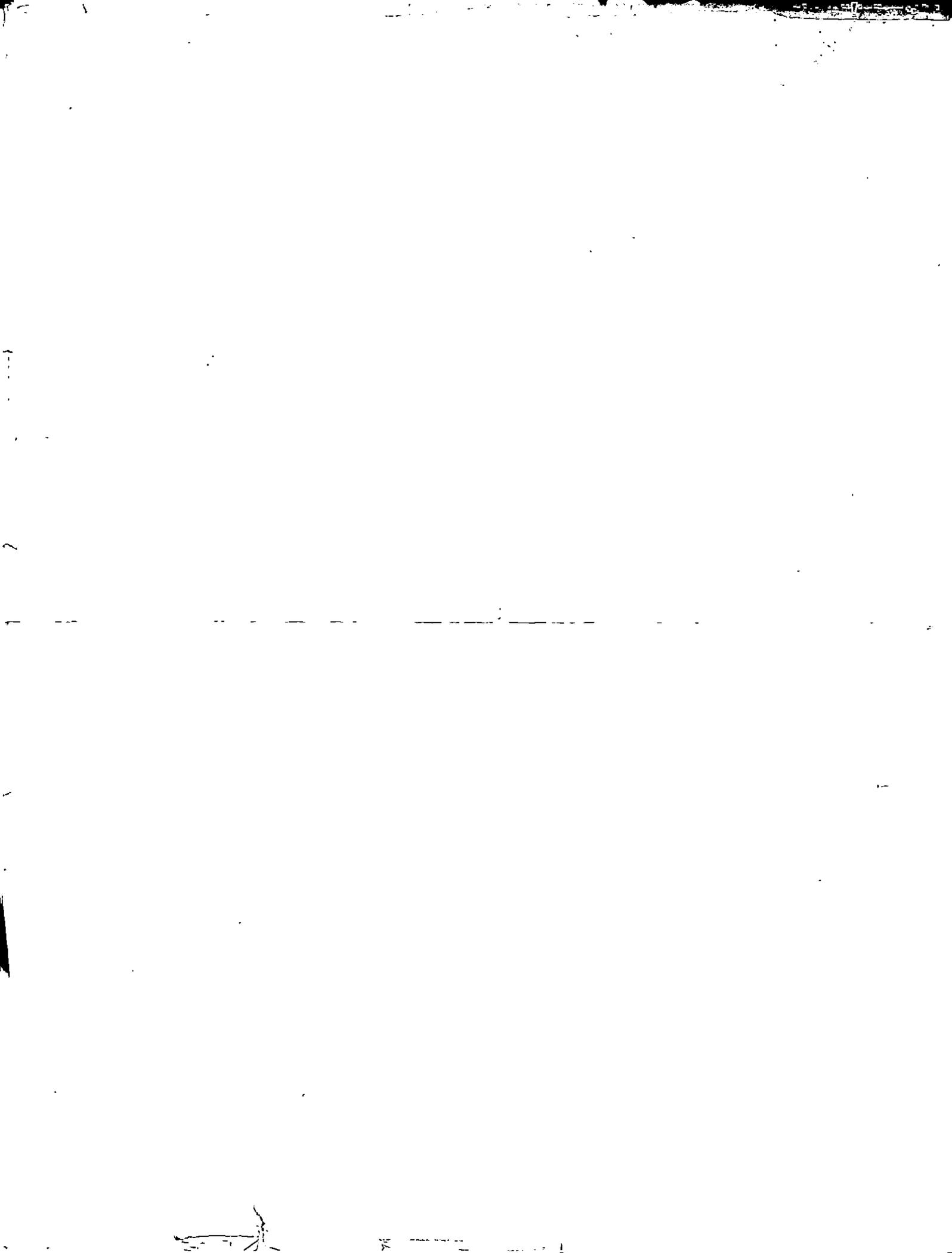
4.2. DESGLOSE DE LOS PARAMETROS EMPLEADOS EN EL PROGRAMA

Al realizar el diseño de un sistema de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales domésticas para la Ciudad de Nueva Concepción, Departamento de Chalatenango; se tomaran en cuenta las directrices sanitarias de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para tener un control en cuánto a la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y principalmente la remoción de coliformes fecales (NMP/100 ml), con el objeto de lograr una mayor calidad en sus efluentes.

El sistema de lagunas a diseñar será de tipo facultativa ya que la carga orgánica a aplicar es baja ($\approx 300 \text{ Kg/Ha/día}$), lo cual se adecua a este tipo de lagunas y la temperatura ambiente varía entre 15°C y 30°C y además, la ventaja de no producir malos olores.

Para el diseño se utilizará el modelo desarrollado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), que considera el modelo del flujo disperso, en donde se tiene una buena determinación de las constantes de reacción (calibración del modelo) y considera los Factores de Corrección Hidráulica (FCH), Factor de Características de Sedimentación (FCS), Factor Intrínseco de Algas (FIA).

Para el diseño de las lagunas de estabilización, se utilizará el programa desarrollado por el CEPIS, el cual requiere de los siguientes parámetros:



- **Número de habitantes servidos por el sistema:**

Para obtener este dato se han realizado proyecciones de población para corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de evaluar la cantidad de lagunas necesarias para el tratamiento en los diferentes años.

Así tenemos que:

Cantidad de Lagunas a Emplear para Inicio, Final y Años Intermedios del Proyecto.

Año	Población	Número de Lagunas Necesarias Para el Tratamiento
1998	9,144 Hab	3 Lagunas en serie
2003	10,326 Hab	2 Lagunas en paralelo 2 Lagunas en serie
2013	13,166 Hab	2 Lagunas en paralelo 2 Lagunas en serie
2023	16,788 Hab	2 Lagunas en paralelo 2 Lagunas en serie

- **Producción de aguas residuales (L/Hab/día):**

Se tomó el 80% de la dotación de agua potable

Dotación utilizada : 175 Lts/Hab/día

- **Producción de Lodos Sedimentados (L/Hab/año):**

Según el criterio de Intensidad de carga para el diseño de lagunas facultativas primarias propuesto por el CEPIS, la producción de Lodos Sedimentables es de 200 Lts/Hab/día.

- **DBO del agua residual (mg/L):** (Leo)

Los resultados obtenidos de análisis bacteriológico muestran que DBO del agua residual cruda es de 150 mg/Lt, para efecto de diseño tomaremos de DBO de 200 mg/Lt.

- **Coliformes Fecales de agua residual (NMP/100ml):**

El Número más Probable de Coliformes fecales obtenido de análisis bacteriológico es de 1.5×10^8 (NMP/100ml).

- **Temperatura promedio del agua en mes más frío (°C):**

La temperatura promedio del agua en el mes más frío en la Ciudad de Nueva Concepción es de 24.3°C. Dato registrado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) Depto de Meteorología.

- **Temperatura promedio del agua en el mes más caliente (°C):**

En la Ciudad de Nva. Concepción la temperatura promedio del agua en el mes más caliente es de 27.9°C. Dato registrado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Dpto. de Meteorología.

- **Intensidad de carga Permisible en Lagunas Primarias: (DBO/ha/día)**

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias de Ambiente (CEPIS), recomienda que la intensidad de carga en lagunas facultativas primarias sea de $i=250$ a 350 Kg DBO₅ /ha/día. Para efectos de diseño se tomó $i=300$ Kg DBO₅ /ha/día el cual se encuentra dentro de este rango.

- **Intensidad de carga permisible en lagunas secundarias y de acabado (Kg DBO₅ /ha/día):**

El CEPIS recomienda que para lagunas facultativas secundarias y de acabado, la intensidad de carga permisible debe estar entre 150-250 Kg DBO₅ /ha/día. - 5?

- **Pérdida de agua en lagunas primarias, secundarias y terciarias (%):**

Se toma un porcentaje considerando la pérdida de agua que se da en la laguna ya sea por evaporación e infiltración.

Se han retomado los valores que sugiere el programa, ya que el CEPIS ha experimentado mucho con lagunas de estabilización, y en base a esa experiencia sugiere esos porcentajes.

Para lagunas primarias 4%

Para lagunas secundarias 7%

Para lagunas terciarias 10%

Constante de Decaimiento de DBO de lagunas primarias secundarias y terciarias (1/días):

Las ecuaciones que utiliza el programa propuesto por CEPIS para determinar la Constante de Decaimiento de DBO de lagunas primarias, secundarias y terciarias se basan en la ley modificada de Arrhenius.

La ecuación es la siguiente:

$$K = K_{20} \times 1.05^{T-20} \quad (46)$$

Donde:

K_{20} : Constante de decaimiento DBO a 20°C

T : Temperatura promedio del agua en el mes más frío °C

CEPIS recomienda valores de $0.15 < K < 0.30$, a 20°C.

Para efectos de diseño en lagunas facultativas primarias se tomaron valores de $K_{20} = 0.24$

Para lagunas secundarias $K_{20} = 0.25$

Para lagunas terciarias $K_{20} = 0.26$.

Constante de decaimiento de coliformes fecales:

En lagunas primarias, secundarias y terciarias (1/días)

CEPIS recomienda que para altitudes menores de 1000 metros, y temperatura promedio del

agua entre 5°C y 35°C la constante de decaimiento de coliformes fecales se expresa de la siguiente manera:

$$K_b = K_{b20} \times 1.037^{(T-20)} \quad (47)$$

Siendo:

K_{b20} : Valor de K_b a 20°C

T : Temperatura promedio del agua en °C

K_{b20} toma los siguientes valores:

Para lagunas primarias $K_{b20} = 0.65$

Para lagunas secundarias $K_{b20} = 0.75$

Para lagunas terciarias $K_{b20} = 0.85$

- **Factor de corrección hidráulica para lagunas primarias, secundarias y terciarias (FCH):**

CEPIS recomienda tomar en cuenta factores de corrección para una aplicación correcta del modelo de flujo disperso.

El factor de corrección hidráulica para lagunas facultativas está en el rango de 0.3 a 0.8 para efectos de diseño CEPIS hace uso de la siguiente ecuación:

$$FCH = (LWZ) / Q \quad (48)$$

Donde:

L : Largo de la laguna

W : Ancho de la laguna

Z : Profundidad de la laguna

- **Factor de características de sedimentación de DBO para lagunas primarias, secundarias y terciarias (FCS):**

El FCS toma en cuenta que los modelos se refieren a las cargas suspendidas; por lo tanto este factor representa la proporción que no es sedimentable y continua suspendida.

Para efectos de diseño CEPIS recomienda que FCS varía entre 0.6 y 0.8 para la DBO y entre 0.9 y 1.0 para las bacterias en lagunas primarias.

En las lagunas de orden superior al primario, el FCS es mayor de 0.9 para la DBO y muy cercano a 1 para las bacterias.

Los factores de características de sedimentación DBO a utilizarse son:

Para lagunas primarias FCS = 0.70

Para lagunas secundarias FCS = 0.90

Para lagunas terciarias FCS = 0.90

- **Factor de características de sedimentación de CF para lagunas primarias, secundarias y terciarias (FCS):**

CEPIS recomienda que FCS para coliformes fecales sea:

- Para lagunas primarias FCS se encuentra en el rango de 0.90 y 1.0

- En lagunas secundarias y de acabado el FCS es muy cercano a 1.0

Para efectos de diseño se utilizaran los siguientes valores:

Para lagunas primarias FCS = 0.96

Para lagunas secundarias FCS = 0.97

Para lagunas terciarias FCS = 0.98

- **Factor DBO intrínseco de algas para lagunas primarias, secundarias y terciarias**

(FIA):

El FIA toma en cuenta que por más tiempo que permanezcan las algas residuales en una laguna de estabilización facultativa, la DBO nunca será menor a la DBO originada por el ciclo vital de las algas.

El FIA es cero en lagunas anaeróbicas por no existir algas, y está en el rango de 0.5 a 0.15 en lagunas facultativas primarias.

El FIA llega a ser mayor (0.15-0.30) en lagunas secundarias y llega a tener valores mayores (0.30-1.20) en lagunas terciarias y de grado mayor.

Los factores de FIA a utilizar para el diseño son:

Para lagunas primarias FIA = 0.05

Para lagunas secundarias FIA = 0.15

Para lagunas terciarias FIA = 0.35

**4.3. PROGRAMA DE DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROPUESTO POR EL CEPIS.**

NOMHEAD

LAGUNAS.WK1

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
 POR MEDIO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.
 AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Inq. Rodolfo Saenz Forero
 rodsaenz@aol.com
 6060 California Circ. Apt. 403
 Rockville, MD 20852 U.S.A.
 Tel/Fax (301) 770 9180

Inq. Gaston Saenz Bartorelli
 gsaenz@aol.rdcsa.co.cr
 P.O. Box 1437 - 1000
 San Jose, Costa Rica
 Tel/Fax (506) 232 3017

[Alt.] - M : LLAMAR AL MENU

ESQUEMA:

TIPO DE LAGUNAS	PRIMAR.	SECUND.	TERCIA.
	FAC	FACULTAT.	FACULTAT.
CANTIDAD DE LAGUNAS PARALELO	1	1	1
RELACION LARGO/ANCHO (L/W)	3.00	3.00	3.00
	OK	OK	OK

PARAMETROS PARA CALCULOS:

Número de habitantes servidos por el sistema:	9,144	P	OK
Producción de aguas residuales (L/hab/día):	140	q	OK
Producción de lodos sedimentables (L/hab/año):	120	1.5	OK
DBO del agua residual cruda (mg/L):	200	L _{CO}	OK
Coliformes fecales agua resid. (NMP/100 mL):	1.5E+08	No	OK
Temperatura promedio agua en mes mas frío (oC):	24.3	T	OK
Temperatura promedio agua en mes mas caliente (oC):	27.9	Tc	OK
Intensid.carga permis.lag.prim.(kg DBO/ha/día):	300	120/p	OK
Intensid.carga permis.lag.sec.(kg DBO/ha/día):	250	120/s	OK
Intensid.carga permis.lag.terc.(kg DBO/ha/día):	250	120/t	OK
Pérdidas de agua en las lagunas primarias (%):	4		OK
Pérdidas de agua en la laguna secundaria (%):	7		OK
Pérdidas de agua en las lagunas terciarias (%):	10		OK
Constante decaimiento DBO lag. prim.(1/días):	0.24	K20/p	OK
Constante decaimiento DBO lag. sec.(1/días):	0.25	K20/s	OK
Constante decaimiento DBO lag. terc.(1/días):	0.26	K20/t	OK
Const.decaimiento coli fec.lag.prim.(1/días):	0.65	Kh20/p	OK
Const.decaimiento coli fec.lag.sec.(1/días):	0.75	Kh20/s	OK
Const.decaimiento coli fec.lag.terc.(1/días):	0.85	Kh20/t	OK
Factor de corrección hidráulica lag. prim.:	0.45	HCF/p	OK
Factor de corrección hidráulica lag. sec.:	0.48	HCF/s	OK
Factor de corrección hidráulica lag. terc.:	0.50	HCF/t	OK
Factor de carac.sed. DBO lag.primarias:	0.70	SCF/p DBO	OK
Factor de carac.sed. DBO lag. secundarias:	0.90	SCF/s DBO	OK
Factor de carac.sed. DBO lag. terciarias:	0.90	SCF/t DBO	OK

\NOMHEAD

Factor de carac.sed.CF lag.primarias:	0.96 /	SCF/p CF	OK
Factor de carac.sed.CF lag. secundarias:	0.97 /	SCF/R CF	OK
Factor de carac.sed.CF lag. terciarias:	0.98 /	SCF/t. CF	OK
Factor DBO intrínseca algas lag.primarias:	0.05 /	IAP/p	OK
Factor DBO intrínseca algas lag.secundarias:	0.15 /	IAP/p	OK
Factor DBO intrínseca algas lag.terciarias:	0.35 /	IAP/t.	OK

PROCESO DE DISEÑO:

A) Dimensionamiento de las lagunas primarias: FACULT.

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	3.00 metros	<-- PROFUNDIDAD LIQUIDO DE LA LAGUNA
Plil	60 meses	<-- PLAZO ENTRE LIMPIEZA DE LODOS

L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
Zl	0.79 metros	<-- PROFUNDIDAD PARA ACUMULACION DE LODOS
Z tot.	3.79 metros	<-- PROFUNDIDAD TOTAL DE LA LAGUNA
ia	341.38 Kg DBO/Ha	CARGA APLICADA OK
i	370.03 Kg DBO/Ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA
iv	N.D. g DBO/M3	
Lcp	16.30 mg DBO/litro	$\frac{20.87}{Q \times 10^3}$
Np	7.82E+05 NMP CF 100/ml	

B) Dimensionamiento de las lagunas secundarias:

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	2.80 metros	<-- PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA

L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
ia	27.83 Kg DBO/Ha	OK
i	308.36 Kg DBO/Ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA
Lcs	2.55 mg DBO/litro	$Lcp = \frac{3.13}{Q \times 10^3}$
Ns	1.97E+03 NMP CF 100/ml	

C) Dimensionamiento de la laguna terciaria:

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	2.50 metros	<-- PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA
DBO req	30.00 ite requerido	
N req	1.00E+03 ite requerido	

L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
ia	4.17 Kg DBO/Ha	OK
i	308.36 Kg DBO/Ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA

\NOMHEAD

LAGUNAS.WK1

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
POR MEDIO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN.
AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Ing. Rodolfo Saenz Forero
rodsaenz@aol.com
6060 California Circ. Apt. 403
Rockville, MD 20852 U.S.A.
Tel/Fax (301) 770 9180

Ing. Gaston Saenz Bartorelli
gsaenz@sol.racsacosta.com
P.O. Box 1437 - 1000
San Jose, Costa Rica
Tel/Fax (506) 232 3017

[Alt.] M : LLAMAR AL MENU

ESQUEMA:

TIPO DE LAGUNAS	PRIMAR.	SECUND.	TERCIA.
	FAC	FACULTAT.	FACULTAT.
CANTIDAD DE LAGUNAS PARALELO	2	1	1
RELACION LARGO/ANCHO (L/W)	3.00	3.00	3.00
	OK	OK	OK

PARAMETROS PARA CALCULOS:

Número de habitantes servidos por el sistema:	10,326	P	OK
Producción de aguas residuales (L/hab/día):	140	q	OK
Producción de lodos sedimentables (L/hab/año):	120	L5	OK
DBO del agua residual cruda (mg/L):	200	Lc0	OK
Coliformes fecales agua resid. (NMP/100 ml):	1.5E+08	Mo	OK
Temperatura promedio agua en mes mas frío (oC):	24.3	T	OK
Temperatura promedio agua en mes mas caliente (oC):	27.9	Tc	OK
Intensid.carga permis.lag.prim.(kg DBO/ha/día):	300	i20/p	OK
Intensid.carga permis.lag.sec.(kg DBO/ha/día):	250	i20/s	OK
Intensid.carga permis.lag.terc.(kg DBO/ha/día):	250	i20/t	OK
Pérdidas de agua en las lagunas primarias (%):	4 %		OK
Pérdidas de agua en la laguna secundaria (%):	7 %		OK
Pérdidas de agua en las lagunas terciarias (%):	10 %		OK
Constante decaimiento DBO lag. prim.(1/días):	0.24	K20/p	OK
Constante decaimiento DBO lag. sec.(1/días):	0.25	K20/s	OK
Constante decaimiento DBO lag. terc.(1/días):	0.26	K20/t	OK
Const.decaimiento coli fec.lag.prim.(1/días):	0.65	Kh20/p	OK
Const.decaimiento coli fec.lag.sec.(1/días):	0.75	Kh20/s	OK
Const.decaimiento coli fec.lag.terc.(1/días):	0.85	Kh20/t	OK
Factor de corrección hidráulica lag. prim.:	0.45	HCF/p	OK
Factor de corrección hidráulica lag. sec.:	0.48	HCF/s	OK
Factor de corrección hidráulica lag. terc.:	0.50	HCF/t	OK
Factor de carac.sed. DBO lag.primarias:	0.70	SCF/p DBO	OK
Factor de carac.sed. DBO lag. secundarias:	0.90	SCF/s DBO	OK
Factor de carac.sed. DBO lag. terciarias:	0.90	SCF/t DBO	OK

NOMHEAD

Factor de carac.sed.CF lag.primarias:	0.96	SCF/p CF	OK
Factor de carac.sed.CF lag. secundarias:	0.97	SCF/s CF	OK
Factor de carac.sed.CF lag. terciarias:	0.98	SCF/t CF	OK
Factor DBO intrínseca algas lag.primarias:	0.05	IAP/p	OK
Factor DBO intrínseca algas lag.secundarias:	0.15	IAP/p	OK
Factor DBO intrínseca algas lag.terciarias:	0.35	IAP/t.	OK

PROCESO DE DISEÑO:

A) Dimensionamiento de las lagunas primarias: FACULT.

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	3.00 metros	<-- PROFUNDIDAD LIQUIDO DE LA LAGUNA
PL.	60 meses	<-- PLAZO ENTRE LIMPIEZA DE LODOS

L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
ZL	0.45 metros	<-- PROFUNDIDAD PARA ACUMULACION DE LODOS
Z tot.	3.45 metros	<-- PROFUNDIDAD TOTAL DE LA LAGUNA
ia	192.75 Kg DBO/Ha	CARGA APLICADA OK
i	370.03 Kg DBO/Ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA
iv	N.D.	q DBO/M3
Lcp	10.00 mg DBO/litro	
Np	5.46E+04 NMP CF 100/ml	

B) Dimensionamiento de las lagunas secundarias:

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	2.80 metros	<-- PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA

L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
ia	19.28 Kg DBO/Ha	OK
i	308.36 Kg DBO/Ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA
Lcs	1.56 mg DBO/litro	
Ns	2.32E+02 NMP CF 100/ml	

C) Dimensionamiento de la laguna terciaria:

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	2.50 metros	<-- PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA
DBO req	30.00 ite requerido	
N req	1.00E+03 ite requerido	

L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
ia	2.89 Kg DBO/Ha	OK
i	308.36 Kg DBO/Ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA

\NOMIEAD

Factor de carac.sed.CF lag.primarias:	0.96	SCF/p CF	OK
Factor de carac.sed.CF lag. secundarias:	0.97	SCF/R CF	OK
Factor de carac.sed.CF lag. terciarias:	0.98	SCF/t CF	OK
Factor DBO intrínseca algas lag.primaria:	0.05	IAP/p	OK
Factor DBO intrínseca algas lag.secundaria:	0.15	IAP/p	OK
Factor DBO intrínseca algas lag.terciaria:	0.35	IAP/t	OK

PROCESO DE DISEÑO:

A) Dimensionamiento de las lagunas primarias: FACULT.

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	3.00 metros	<-- PROFUNDIDAD LIQUIDO DE LA LAGUNA
(P.L.)	60 meses	<-- PLAZO ENTRE LIMPIEZA DE LODOS

L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
(ZL)	0.57 metros	<-- PROFUNDIDAD PARA ACUMULACION DE LODOS
Z tot.	3.57 metros	<-- PROFUNDIDAD TOTAL DE LA LAGUNA
(ia)	245.77 Kg DBO/Ha	CARGA APLICADA OK
i	370.03 Kg DBO/Ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA
iv	N.D.	g DBO/M3
lcp	10.00 mg DBO/litro	
Np	1.83E+05	NMP CF 100/ml

B) Dimensionamiento de las lagunas secundarias:

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	2.80 metros	<-- PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA

L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
ia	24.58 Kg DBO/Ha	OK
i	308.36 Kg DBO/Ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA
Lcs	1.80 mg DBO/litro	
Na	2.01E+03	NMP CF 100/ml

C) Dimensionamiento de la laguna terciaria:

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	2.50 metros	<-- PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA
DBO req	30.00	ite requerido
N req	1.00E+03	ite requerido

L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
ia	4.25 Kg DBO/Ha	OK
i	308.36 Kg DBO/Ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA

DISÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
 POR MEDIO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION.
 AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Ing. Rodolfo Saenz Forero
 rodarsenz@aol.com
 6060 California Cir. Apt. 403
 Rockville, MD 20852 U.S.A.
 Tel/Fax (301) 770 9180

Ing. Gaston Saenz Bartorelli
 gsarsenz@sol.tccsa.co.cr
 P.O. Box 1437 - 1000
 San Jose, Costa Rica
 Tel/Fax (506) 232 3017

[ATE]-M : LAMAR AL MENU

ESQUEMA:

TIPO DE LAGUNAS	CANTIDAD DE LAGUNAS PARALELO	REIACION LARGO/ANCHO (L/W)
PRIMAR.	2	3.00
SECUND.	1	3.00
TERCIA.	1	3.00

PARAMETROS PARA CALCULOS:

Número de habitantes servidos por el sistema:	P	16,788	OK
Producción de aguas residuales (l/hab/día):	q	140	OK
Producción de lodos sedimentables (l/hab/año):	LS	120	OK
DBO del agua residual cruda (mg/l):	l _{cr}	200	OK
Coliformes fecales agua resid. (NMP/100 ml):	NO	1.5E+08	OK
Temperatura promedio agua en mar frío (oc):	T	24.3	OK
Temperatura promedio agua en mar caliente (oc)	Tc	27.9	OK
intensid.carga permis.lag.prim.(kg DBO/ha/día):	l20/p	300	OK
intensid.carga permis.lag.sec.(kg DBO/ha/día):	l20/s	250	OK
intensid.carga permis.lag.terc.(kg DBO/ha/día):	l20/t	250	OK
pérdidas de agua en las lagunas primarias (%):	%	4	OK
pérdidas de agua en la laguna secundaria (%):	%	7	OK
pérdidas de agua en las lagunas terciarias (%):	%	10	OK
constante decaimiento DBO lag. prim.(1/días):	K20/p	0.24	OK
constante decaimiento DBO lag. sec.(1/días):	K20/s	0.25	OK
constante decaimiento DBO lag. terc.(1/días):	K20/t	0.26	OK
Const.decaimiento coli fec.lag.prim.(1/días):	Kh20/p	0.65	OK
Const.decaimiento coli fec.lag.sec.(1/días):	Kh20/s	0.75	OK
Const.decaimiento coli fec.lag.terc.(1/días):	Kh20/t	0.85	OK
Factor de corrección hidráulica lag. prim.:	HCF/p	0.45	OK
Factor de corrección hidráulica lag. sec.:	HCF/s	0.48	OK
Factor de corrección hidráulica lag. terc.:	HCF/t	0.50	OK
Factor de carac.sed. DBO lag.primarias:	SCF/p DBO	0.70	OK
Factor de carac.sed. DBO lag. secundarias:	SCF/s DBO	0.90	OK
Factor de carac.sed. DBO lag. terciarias:	SCF/t DBO	0.90	OK

Factor de carga, red. CF lag. primarias	0.96	SCF/p CF	OK
Factor de carga, red. CF lag. secundarias	0.97	SCF/s CF	OK
Factor de carga, red. CF lag. terciarias	0.98	SCF/t CF	OK
Factor DBO intrínseca algas lag. primarias	0.05	IAP/p	OK
Factor DBO intrínseca algas lag. secundarias	0.15	IAP/p	OK
Factor DBO intrínseca algas lag. terciarias	0.35	IAP/L	OK

PROCESO DE DISEÑO

a) Dimensionamiento de las lagunas primarias: PACUPL.

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	3.00 metros	<-- PROFUNDIDAD LÍQUIDA DE LA LAGUNA
pld.	60 meses	<-- PLAZO ENTRE LIMPIEZA DE LOS
L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
ZL	0.73 metros	<-- PROFUNDIDAD PARA ACUMULACION DE LÓXOS
Z TOT	3.73 metros	<-- PROFUNDIDAD TOTAL DE LA LAGUNA
ta	312.38 kg DBO/ha	CARGA APLICADA OK
i	370.03 kg DBO/ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA
lv	N.D.	g DBO/M3
lcp	13.77 mg DBO/litro	
np	5.48E+05 NMP CF 100/ml	

b) Dimensionamiento de las lagunas secundarias:

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	2.80 metros	<-- PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA
L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
ta	43.15 kg DBO/ha	OK
i	308.36 kg DBO/ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA
lcn	3.46 mg DBO/litro	
NS	1.36E+04 NMP CF 100/ml	

c) Dimensionamiento de la laguna terciaria:

W	50.00 metros	<-- ANCHO DE LA LAGUNA
Z	2.50 metros	<-- PROFUNDIDAD DE LA LAGUNA
DBO req	10.00 tte requerido	
N req	1.00E+03 tte requerido	
L	150.00 metros	<-- LARGO DE LA LAGUNA
ta	10.40 kg DBO/ha	OK
i	108.36 kg DBO/ha	<-- CARGA SUPERFICIAL MAXIMA

ANOMIEAD

Lct. 1.30 mg. DBO/litro OK

Nt. 2.10E+02 NMP CF 100/ml OK

| 11

LAGUNAS.WK1

TEMPERATURAS EXTREMAS		T min-	24.30	T max-	27.90		
ID.LAG.		i20	i	ia	K20	K	Kb20
PRIMAR.	Facult.	300	370.03	313.38	0.24	0.2960	0.65
SECUND.	Facult.	250	308.36	43.15	0.25	0.3084	0.75
TERCIAR.	Facult.	250	308.36	10.40	0.26	0.3207	0.85

ID.LAG.	CANT. LAG PARAL. (U)	L (m)	W (m)	Z (m)	A (Ha)	V (M3)	LAGUNA Q (l/π)
PRIMAR.	2	150.00	50.00	3.00	0.7500	22,500	13.60
SECUND.	1	150.00	50.00	2.80	0.7500	21,000	26.11
TERCIAR.	1	150.00	50.00	2.50	0.7500	18,750	24.29
						3.0000	84,750

ID.LAG.	Laquna Q (m3/dia)	HCF	R (dias)	d	a	ab
PRIMAR.	1175.16	0.45	8.62	0.04	1.21	1.50
SECUND.	2256.31	0.48	4.47	0.04	1.09	1.26
TERCIAR.	2098.37	0.50	4.47	0.04	1.11	1.34

RET TOTAL: 17.55 dias

ID.LAG.	Etapas Por laguna Lo (Kg/dia)	Lo (Kg/dia)	L (Kg/dia)	Lco (mg/l)	Lc (mg/l)	SCF DBO	IAP
PRIMAR.	470.06	235.03	16.18	200.00	13.77	0.70	0.05
SECUND.	32.36	32.36	7.80	13.77	3.46	0.90	0.15
TERCIAR.	7.80	7.80	2.73	3.46	1.30	0.90	0.35
		2.73					

	No (NMP CF /100n)	SCF CF	N (NMP CF /100 ml)	Ncfo/DIA	Ncf/DIA
PRIMAR.	1.50E+08	0.96	5.48E+05	1.76E+15	6.44E+12
SECUND.	5.48E+05	0.97	1.36E+04	1.29E+13	3.19E+11
TERCIAR.	1.36E+04	0.98	2.38E+02	3.19E+11	5.59E+09

	LAGUNAS INDIVIDUALES		SERIES DE LAGUNAS	
	efBOD	efFC	efBOD	efFC
PRIMAR.	93.12%	99.635%	93.12%	99.63485%
SECUND.	74.89%	97.518%	98.27%	99.99094%
TERCIAR.	62.37%	98.250%	99.35%	99.9998414%

4.4 DIMENSIONES DEL SISTEMA DE LAGUNAS

4.4.1 TIPO Y NUMERO DE LAGUNAS QUE COMPONE EL SISTEMA

El sistema de lagunas de estabilización comprende:

- Dos lagunas facultativas primarias trabajando en paralelo, con las siguientes dimensiones:

Ancho de c/laguna (W) = 50 mts

Largo de c/laguna (L) = 150 mts

Profundidad de c/lagunas (Z) = 3.0 mts

- Dos lagunas facultativas, una secundaria y otra terciaria trabajando en serie, con las siguientes dimensiones:

Ancho de c/laguna (W) = 50 mts

Largo de c/laguna (L) = 150 mts

Profundidad líquido de laguna secundaria(Z) : 2.80 mts

Profundidad líquida de laguna terciaria (Z) : 2.5 mts

4.4.2 FORMAS DE LAS LAGUNAS

- La forma de todas las lagunas que comprende el sistema son rectangulares, con una relación largo/ancho (L/W) = 3, con la finalidad de que trabajen bajo condiciones de flujo disperso; y para un adecuado funcionamiento de estas.

4.4.3 RELACION CARGA/AREA

Al hablar de área, ésta viene influenciada por la carga orgánica (Kg DBO₅ /Ha.día) a aplicar

sobre la laguna, y se calcula a través de las siguientes ecuaciones:

$$i_a = [i_{20} \times 1.05^{(T-20)}] \times a \quad (49)$$

Donde:

- i_a : Intensidad de carga superficial aplicada en Kg DBO₅ /ha/día
 i_{20} : Intensidad de carga permisible en Kg DBO₅ /ha.día, a 20°C.
 T : Temperatura promedio del agua en el mes más frío en °C.

$$a = (1 + 1 \times K \times R \times d)^{1/2} \quad (50)$$

Donde "a" es un parámetro adimensional de DBO

- K : Razón de decaimiento de la DBO a T °C (1/día)

$$K = K_{20} \times 1.05^{(T-20)} \quad (51)$$

- K_{20} : Razón de decaimiento de DBO a 20°C (1/día)

- R : Tiempo de retención actual

$$R = (HCF \times W \times L \times Z) / Q \quad (52)$$

- HCF : Factor de corrección hidráulico (FCH)

- $W \times L \times Z$: Volumen de la laguna (mts³)

- Q : Caudal medio diario al final del período de diseño en (mts³ / día).

CEPIS recomienda que el tiempo de retención para lagunas facultativas sea : R = 5-25 días.

d : Factor de dispersión

$$d = 1.158 \times (R \times \frac{1}{(W+2Z)^{0.489}} W^{1.511}) / (T+42.5)^{0.734} (LZ)^{1.489} \quad (53)$$

esto no debe ser igual (Ver pag. 89)

Temperatura mínima promedio

Al incluir las características de dispersión en las ecuaciones de diseño de lagunas de estabilización se obtienen mejores resultados en la calidad de sus efluentes. La calidad es determinada a través de la eficiencia, empleando las siguientes ecuaciones:

4.4.4. EFICIENCIAS PARA LA REMOCION DE DBO Y COLIFORMES FECALES

Para remoción de DBO

$$e = [(L_0 - L_p) / L_0] \times 100 \quad (54)$$

$$e = \frac{256.03 - 33.207}{256.03} \times 100$$

Donde:

e : Eficiencia para la remoción de DBO₅ días

L₀ : Q * L_{co} x 10⁻³ = (1280116 x 0,2) = 256.03

L₀ : Carga orgánica inicial en (Kg/día)

L_{co} : Concentración inicial de carga orgánica en mg DBO₅/LT

$\frac{mg}{L \cdot h} = 200 \frac{mg}{L \cdot h}$

FCS

antes un exponente

0,04

Use emp. 89

$$L_p = \frac{1}{SCT} \times L_0 \times [1 + a e^{(1-a)2d}] / (1+a)^2 + L_0 \times IAF \quad (55)$$

$$L_p = [0,170 \times 256,03 \times [1 + 4 e^{(1-0,04)}] / (1+0,04)^2] + 256,03 [1,15]$$

$L_p = 33,207$

L_p : Carga del effluente (Kg DBO₅ /día)

SCf : Factor de características de sedimentación

α : Parámetro adimensional de DBO

IAF : Factor intrínseco de algas

- Remoción de coliformes fecales

$$e = [(N_o - N) / N_o] \times 100 \quad (56)$$

Donde:

e : Eficiencia en la remoción de coliformes fecales

N_o : Concentración inicial de coliforme fecal NMPCF/1000ml

N : Concentración de coliforme fecal del effluente

$$N = (N_o \times 4ab e^{[(1-ab)/2d]}) / (1 + ab)^2 \quad (57)$$

ab : Parámetro adimensional de coliforme fecal

$$ab = \sqrt{(1 + 4 \times K_b \times R \times d)} \quad (58)$$

K_b : Tasa de mortalidad de coliformes fecales, (1/días)

$$K_b = K_{b20} \times 1.037^{(T-20)} \quad (59)$$

4.5.- PLANO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.

4.7. CRITERIO DE DISEÑO PARA DIQUES Y TALUDES

Las lagunas de estabilización se construyen procurando que el movimiento de tierra sea compensado, es decir, que la excavación produzca el material necesario para los diques. En otras palabras el corte debe ser igual al relleno.

En general, los diques de tierra hechos con material con alto contenido de arcilla, logran una buena estabilidad con una pendiente en ambos taludes de uno vertical por dos horizontal, dejando un borde libre por lo menos 3 metros en la parte superior del dique.

En todo diseño deberá darse a los diques la pendiente que garantice su estabilidad total.

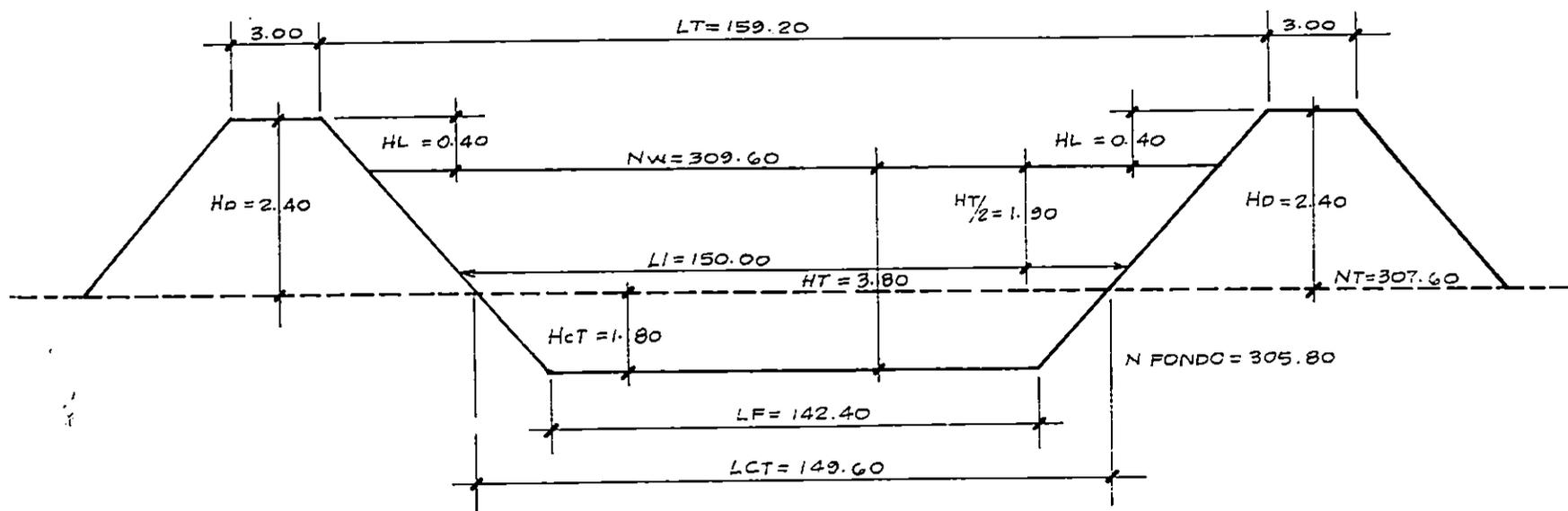
- TALUDES

Los taludes se suelen hacer con el objetivo de proteger los diques contra la erosión ocasionadas por las olas y contra el crecimiento de plantas con raíces en las zonas donde logra penetrarla luz solar.

No se puede dar ningún argumento de carácter técnico contra esta práctica de proteger los taludes, pero si de carácter económico. Son muchos los proyectos donde la protección de taludes ha costado más que el resto de la obra y siendo las lagunas de estabilización una herramienta para lograr tratamiento de aguas residuales a bajo costo, no se justifica encarecerlas innecesariamente, aunque la protección de taludes es una buena práctica esta puede ser sustituida de una manera más económica por buen mantenimiento

**4.8. PERFILES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES DEL DISEÑO DE LAGUNAS
DE ESTABILIZACION.**

FIG. N° 4.1 SECCION LONGITUDINAL DE LAGUNAS FACULTATIVAS PRIMARIAS "A" Y "B"



SECCION A-B

SECTION C-D

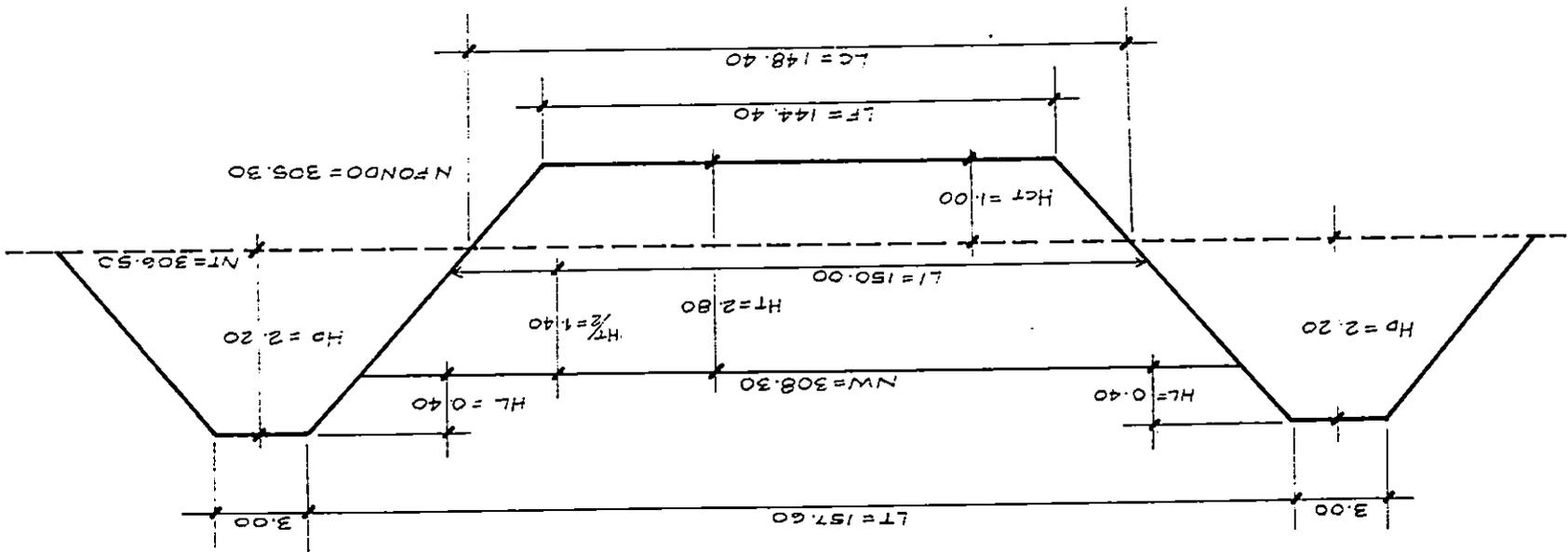


FIG. Nº 4.3 SECCION LONGITUDINAL DE LAGUNA FACULTATIVA SECUNDARIA "C"

SECCION F-E

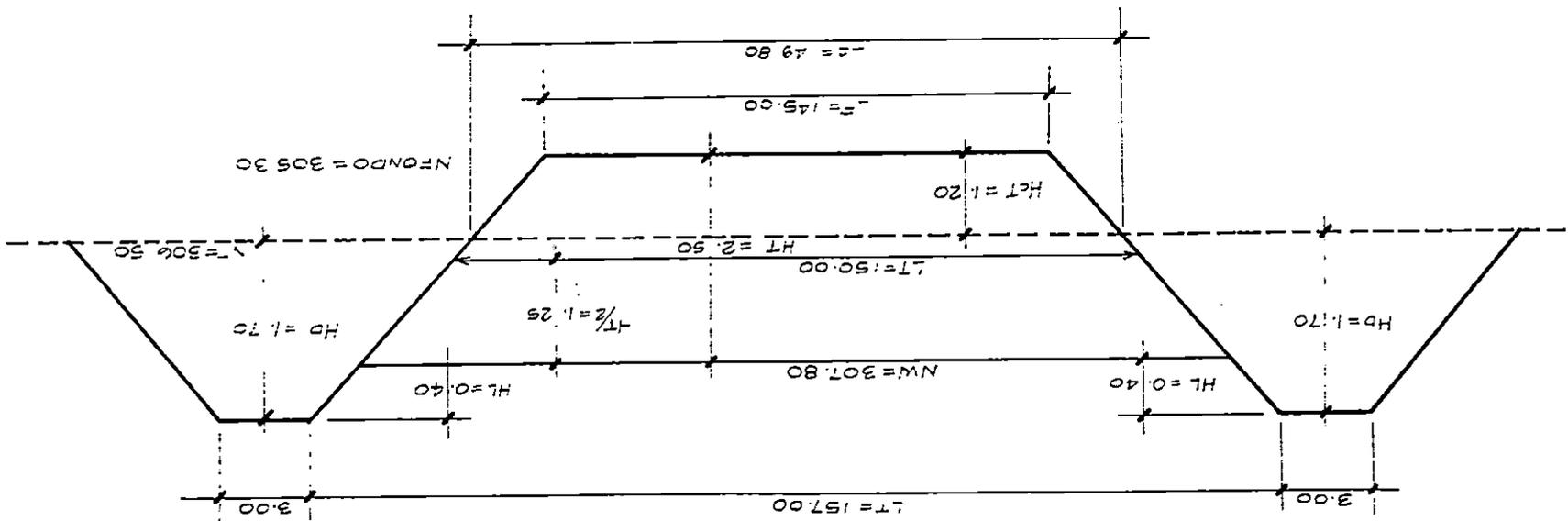
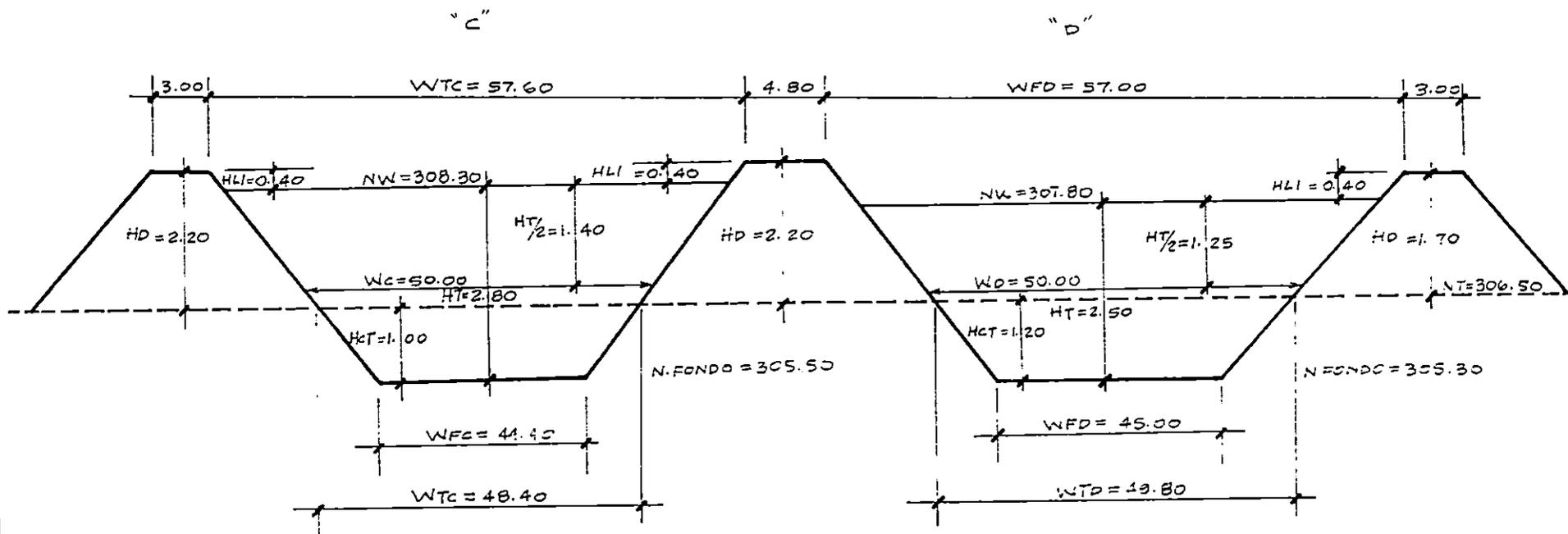


FIG. N° 4. L SECCION LONGITUDINAL DE LAGUNA FACULTATIVA TERCIARIA "D"

FIG. N° 4.5 SECCION TRANSVERSAL DE LAGUNAS FACULTATIVAS SECUNDARIA Y TERCARIA "C" Y "D"



SECCION 2-2

4.9 OBRAS DE ARTE COMPLEMENTARIAS AL DISEÑO DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

4.9.1 TRATAMIENTO PRELIMINAR: CAMARA DE REJAS

Las aguas residuales contienen trapos, desperdicios, pedazos de madera, arena, etc. que deben ser removidos antes de ingresar a las unidades de tratamiento debido a que pueden obstruir cañerías, canaletas, orificios, etc. que una vez admitidas en el sistema, son de difícil remoción y pueden afectar posteriormente el proceso de tratamiento.

Para tal efecto, la planta debe contar con un sistema de rejas ubicado a la entrada del recinto de la planta de tratamiento de aguas residuales. (ver figura 4.6) para el diseño de rejas se tomaran en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Se utilizaran barras de sección rectangular de 5 a 15 mm de espesor por 30 a 75 mm. En general las rejas gruesas tienen una sección mínima de 6x40 mm y máxima de 13x60 mm.
- b) El espaciamiento entre barras varía entre 25 a 50mm.
- c) Determinadas las dimensiones se calcula la velocidad del canal antes de las barras, la misma que debe mantenerse entre 0.3 y 0.6 m/s, siendo 0.45 m/s un valor comúnmente utilizado.
- d) El ángulo de inclinación de las barras será entre 45 y 60°C con respecto a la horizontal.

4.9.2 CANALES Y TUBERIAS DE CONEXION. OBRA DE ARTE

Las tuberías, canales y emisarios que acarrean aguas residuales hacia las lagunas o los efluentes de éstas, se diseñarán con los mismos criterios que se siguen para el diseño de alcantarillados.

Conocida es la práctica de diseñar las tuberías o alcantarillas de manera que la velocidad en ellas no sea menor de 0.5 metros por segundo, con el fin de evitar el depósito y acumulación de sedimentos en las mismas. Cuando las laguna están sometidas a caudales muy pequeños, la observancia de esta regla llevaría a diámetros muy pequeños con el consiguiente peligro de que se obstruyan por la presencia de flotantes y otro tipo de cuerpos extraños. En tales casos, se ha adoptado por no usar tuberías menores de 0.20 m (8") de diámetro y resolver el problema de la acumulación de sedimentos mediante la operación oportuna de compuertas por períodos cortos que hagan pasar por estas tuberías caudales mayores que el efluente.

Considerando lo antes mencionado se calculan los diámetros de las tuberías que llevará el sistema.

-- Cálculo de diámetro de tuberías de entrada y salida.

Para el cálculo de los diámetros de las tuberías se trabajará siguiendo el mismo criterio de diseño de alcantarillado sanitario, considerando Q_{maxh} , ya que Q_{media} d ; es utilizado específicamente para el dimensionamiento de la laguna.

El colector del sistema de alcantarillado sanitario es de 24 pulgadas, teniendo la

capacidad de soportar un $Q_{\text{diseño}} = 314.34$. Esta tubería llega a un repartidor de caudales que lo distribuye en dos partes iguales.

El diámetro de las tuberías de entrada de las lagunas primarias se calcularán considerando el $Q_{\text{diseño}}/2$.

$$Q_{\text{diseño}} = 314.34 \text{ Lts/seg.}$$

$$Q_{\text{c/ tubería}} = 157.17 \text{ Lts/seg.}$$

Aplicando la fórmula de manning:

$$V = (1/n) R_H^{1/2} \quad ; \quad R_H = D/4 \quad ; \quad A = (\pi D^2) / 4$$

Con $\emptyset \text{ PVC} = 12 \text{ pulg} = 0.30 \text{ mts}$

$$A = \pi (0.30)^2 / 4 \rightarrow A = 0.070 \text{ mts}^2$$

$$V = (1/0.011) (0.075 \text{ m})^{2/3} (0.004)^{1/2}$$

$$V = 1.02 \text{ m / seg.}$$

$$Q = V A$$

$$Q = (1.02 \text{ m / seg.}) (0.070 \text{ mts}^2)$$

$$Q = 0.071 \text{ m}^3 / \text{seg.} = 71 \text{ Lts / seg.}$$

$$\emptyset = 18'' = 0.45 \text{ mts.}$$

$$A = \pi (0.45)^2 / 4 = 0.15 \text{ mts}^2 \quad ; \quad R_H = 0.45 / 4 = 0.11 \text{ mts.}$$

$$V = 1.33 \text{ m / seg.}$$

$$Q = 0.21 \text{ m}^3 / \text{seg.} = 213.10 \text{ Lts} / \text{seg.}$$

De acuerdo al resultado obtenido el diámetro de 18 pulgadas de tubería PVC tiene la capacidad de conducir el caudal registrado por el sistema de alcantarillado al final del período de diseño.

Por consiguiente el diámetro de las tuberías de entrada a las lagunas primarias será de 18".

Para el cálculo del diámetro de las tuberías de interconexión de las lagunas primarias y secundarias, al $Q_{\text{diseño}}$ se le restará el porcentaje de pérdidas de agua (por infiltración y evaporación) ocurridos en las lagunas.

Las pérdidas a considerar en las lagunas primarias será del 4%.

- Cálculo del Caudal que sale de las lagunas primarias donde:

$$\text{Pérdida} = Q_{\text{diseño}} \times 4\%$$

$$\text{Pérdida} = 314.34 \text{ lts/seg} \times 0.04$$

$$\text{Pérdida} = 12.57 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{\text{salida}} = Q_{\text{diseño}} - Q_{\text{pérdida}}$$

$$Q_{\text{salida}} = 314.34 \text{ lts/seg} - 12.57 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{\text{salida}} = 301.76 \text{ lts/seg}$$

De acuerdo al resultado se proponen tuberías de PVC con diámetro de 18". Lo

mismo se propone para las tuberías de interconexión entre las lagunas secundarias y terciarias, finalizando la descarga de todo el sistema con un colector de diámetro de 24" concreto.

Seguidamente se mencionan las obras de arte más importantes.

- Estructura para medición de caudales
- Estructura para distribución proporcional de caudales entre varias lagunas
- Estructura de entrada
- Estructura de interconexión
- Estructura de salida
- Estructura de reunión

4.9.3 ESTRUCTURA PARA MEDICION DE CAUDALES

En las lagunas de estabilización, al igual que en cualquier otra planta de tratamiento de aguas residuales, es necesario tener un registro del caudal que ingresa a las mismas las 24 horas del día. Esta información es necesaria para poder evaluar el comportamiento de las lagunas. Además, sirve para muchos otros objetivos como: saber en qué etapa de su vida útil se encuentra la estructura y poder planificar ampliaciones, etc.

Pero no basta con medir el caudal que entra a la planta. Hay que medir el caudal que entra a cada laguna y el efluente de ellas. Como sería muy costoso construir muchas canaletas parshall, se recurre para estas medidas a los vertederos, los cuales si bien ofrecen algunas desventajas, por otra parte facilitan y flexibilizan la operación de las lagunas.

4.9.5 ESTRUCTURA DE ENTRADA

Las estructuras de entrada consistentes en un simple tubo que entra por el fondo de la laguna se han usado mucho debido a su bajo costo. Sin embargo, suelen dar problemas después de varios años (entre 5 y 15) debido a la acumulación de lodos que termina obstruyendo la salida del mismo, a menos que el mantenimiento sea muy eficiente. Por esta razón se está recomendando una tubería de entrada sostenida por pilares, tal como se indica en la figura 4.8.

4.9.6 ESTRUCTURA DE INTERCONEXION

El uso de lagunas en serie obliga al empleo de este tipo de estructura. Una compuerta de interconexión es, en realidad, una estructura de salida que en lugar de desaguar al emisario de salida, lo hace a otra laguna. La figura 4.9 y 4.10 muestra la estructura de interconexión entre las dos lagunas primarias y secundaria.

4.9.7 ESTRUCTURA DE SALIDA

Las estructuras de salida son semejantes a las de interconexión antes mencionadas, con la diferencia de que el tubo de salida, en lugar de ir a otra laguna, descarga en la estructura de reunión, siendo la ubicación de ésta la que define el nivel del piso de la parte aguas abajo de la caja de esta estructura (ver figura 4.11).

4.9.8 ESTRUCTURA DE REUNION

En realidad, es un pozo de visita que recibe las tuberías de salida de todas las lagunas finales de cada serie y las descarga por medio del emisario efluente hacia el cuerpo receptor y/o hacia algún lugar del reuso.

**4.6. PLANO DE DISTRIBUCION EN PLANTA DEL SISTEMA DE LAGUNAS DE
ESTABILIZACION**



CAPITULO V
PRESUPUESTO PARA
EL DISEÑO DE UN SISTEMA
DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION

5.1. INTRODUCCION.

Al realizar el proyecto de un sistema de lagunas de estabilización es necesario conocer la equivalencia económica de éste. Para tal fin en el siguiente capítulo se presenta un presupuesto del diseño de lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la ciudad de Nueva Concepción departamento de Chalatenango.

El presupuesto describe cada una de las partidas que conforman el proyecto como: desbroce, limpieza y replanteo, escarificación mecánica y descapote, cercado del terreno portón principal, construcción del colector emisor, cámara de rejillas, distribuidor de caudales, cajas para medidores de caudales de aguas tratadas, excavación en lagunas y conformación de diques, engramado de taludes, costo del terreno.

Algunas de estas partidas serán realizadas por suma global así como también algunos costos empleados han sido cotizados en empresas especializadas. Dentro del presupuesto se ha utilizado el manual del constructor para obtener costos de algunas partidas.

5.2. PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE LAGUNAS DE ESTABILIZACION PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DOMESTICAS EN LA CIUDAD DE NUEVA CONCEPCION, CHALATENANGO.

El presupuesto está calculado para el final del periodo de diseño, conformado por un sistema de lagunas facultativas dispuestas de la siguiente manera:

- Dos primarias trabajando en paralelo.
- Una secundaria y una terciaria trabajando en serie.

5.2.1 DESGLOSE DE COSTOS POR PARTIDAS.

PARTIDA 1: Desbroce, Limpieza y Replanteo.

Esta partida consiste en proveer al personal y equipo necesario para eliminar los arbustos, árboles, cercos, promontorios, etc., para proceder a limpiar el sitio de emplazamiento de las lagunas. Posteriormente se efectúa el trazo y replanteo de las lagunas, diques y obras complementarias.

Los costos se han estimado para un área de lagunas de 3 hectáreas, que al aplicar un costo unitario de ¢ 5,000. Por hectárea resulta un total de ¢ 15,000 para esta partida.

PARTIDA 2: Escarificación Mecánica y Descapote.

Esta partida comprende la eliminación mediante equipos de troncos, piedras, fundaciones de estructuras antiguas, etc. Asimismo se procede a eliminar la capa vegetal del terreno (descapote) hasta dejar la superficie de suelo estable y resistente.

Los costos de esta partida se han determinado al multiplicar el área de lagunas de 3 hectáreas por un costo unitario de ¢ 10,000, para obtener un costo total de ¢ 30,000.

PARTIDA 3: Cercado del Terreno y Portón Principal.

Esta partida consiste en la instalación de 570 postes de concreto, y 17 rollos de alambre espigado, un portón metálico de malla ciclón de 5 metros de ancho en la entrada principal. La longitud total de cercado es de 1,140 metros, colocando 5 hiladas de alambre en los postes que serán ubicados cada 2 metros.

Los costos de materiales de esta partida son:

MATERIALES:	
570 postes de concreto por ₡ 15.00 c/u	₡ 14,250.00
17 rollos de alambre por ₡ 150 c/u	₡ 2,550.00
20 m de tubería hierro galvanizado ø 2" ₡ 300 c/u	₡ 6,000.00
4 yardas de malla metálica, por ₡ 27.00 c/u	₡ 108.00
sub - total	₡ 22,908.00
MANO DE OBRA	
1,140 ml de cercado por ₡ 10.00 c/ ml	₡ 11,400.00
S>G> hechura e instalación del portón metálico a ₡ 8,000.00	₡ 8,000.00
sub total	₡ 19,400.00
El costo total de materiales y mano de obra es de	₡ 42,308.00

PARTIDA 4: Construcción del Colector Emisor.

Consiste en la instalación de 113 metros de colector de concreto, de 24" de diámetro, a partir de la descarga actual del sistema, hasta el distribuidor de caudales de las lagunas. Para atravesar la quebrada se construirá una viga canal en el lecho de la misma, la cual deberá protegerse con un muro guardanivel. Los costos de materiales y mano de obra se describen a continuación:

MATERIALES	
125 tubos de concreto de 24" por ₡ 611.00 c/u	₡ 77,375.00
70 bolsa de cemento por ₡35.00 bolsa	₡ 2,450.00
7 m ³ de arena por ₡70.00 m ³	₡ 490.00
Sub total	₡ 80,315.00
MANO DE OBRA	
Instalación de 113 tubos de concreto de 24" de diámetro, por ₡30.00 c/u	₡ 3,390.00
Excavación de 88 m ³ , por ₡ 50.00 m ³	₡ 4,400.00
Sub total	₡ 7,790.00
El costo total de materiales y mano de obra es de	₡ 88,105.00

PARTIDA 5: Cámara de Rejillas.

Se construirá la cámara de rejillas para eliminar los sólidos flotantes que contienen las aguas residuales. Esta unidad será construida de acuerdo al plano de detalle. La estructura consiste en un canal de concreto con una rejilla de barras de hierro colocada transversalmente a la dirección del flujo. Las barras son de hierro de sección cuadrada de tipo industrial. Los costos de materiales y mano de obra se describen a continuación:

MATERIALES		
13 bolsas de cemento por ₡ 35.00 bolsa	₡	455.00
0.70 m ³ de arena por ₡70.00 m ³	₡	49.00
0.71 m ³ de grava # 1 por ₡180.00 m ³	₡	126.00
6 var. De hierro industrial 1 1/2" * 1 1/2 por ₡ 47.10 c/u	₡	282.60
1 pieza de ángulo de 1 1/2 * 1 1/2 * 1/8 por ₡ 63.85 c/u	₡	63.85
Sub - total	₡	976.45
MANO DE OBRA		
1.3 m3 de concreto armado por ₡1500.00 m ³	₡	1,950.00
S.G. hechura e instalación de la rejilla por ₡ 200.00	₡	200.00
Sub - total	₡	2,150.00
El costo total de materiales y mano de obra es de	₡	3,126.45

PARTIDA 6: Distribuidor de caudales.

Es una estructura de concreto armado apoyada en una losa que funciona como losa de fundación, con nervios como miembros verticales para darle rigidez. Los costos de materiales y mano de obra se describen a continuación:

MATERIALES		
7 bolsas de cemento por ₡ 35.00 bolsa	₡	245.00
0.40 m ³ de arena por ₡70.00 m ³	₡	28.00
0.5 m ³ de grava # 1 por ₡180.00 m ³	₡	90.00
1.6 qq De hierro 3/8 por ₡ 220.50 qq	₡	352.80
1 pieza de lámina de acero de 1/4" (6 mm)	₡	211.80
Sub - total	₡	927.60
MANO DE OBRA		
0.7 m3 de concreto armado por ₡1500.00 m ³	₡	1,150.00
S.G. hechura y colocación de 2 vertederos	₡	200.00
Sub - total	₡	1,350.00
El costo total de materiales y mano de obra es de	₡	2,277.60

PARTIDA 7: Cajas Medidoras de Caudales.

Esta estructura será de concreto armado y consta de dos cámaras, una de entrada a un nivel mas alto que la salida, que conduce el flujo hasta el vertedero de sección triangular ubicado transversalmente en la caja. Los costos de los materiales y mano de obra de la estructura #2 se describe a continuación:

MATERIALES	
8.5 bolsas de cemento por ₡ 35.00 bolsa	₡ 297.50
0.50 m ³ de arena por ₡70.00 m ³	₡ 35.00
0.51 m ³ de grava # 1 por ₡180.00 m ³	₡ 90.00
1.9 qq De hierro 3/8 por ₡ 220.50 qq	₡ 418.95
0.5 pieza de lámina de acero de ¼" (6 mm)	₡ 211.80
Sub - total	₡ 1,053.25
MANO DE OBRA	
1.0 m3 de concreto armado por ₡1500.00 m ³	₡ 1150.00
S.G. hechura y colocación de 1 vertedero	₡ 125.00
Sub - total	₡ 1,275.00
El costo total de la estructura # 2	₡ 2,328.25

Los costos de materiales y mano de obra de la estructura # 3 se describen a continuación:

MATERIALES	
8.5 bolsas de cemento por ₡ 35.00 bolsa	₡ 297.50
0.50 m ³ de arena por ₡70.00 m ³	₡ 35.00
0.6 m ³ de grava # 1 por ₡180.00 m ³	₡ 108.00
1.9 qq De hierro 3/8 por ₡ 220.50 qq	₡ 418.95
0.5 pieza de lámina de acero de ¼" (6 mm)	₡ 211.80
Sub - total	₡ 1,071.25
MANO DE OBRA	
0.9 m3 de concreto armado por ₡1500.00 m ³	₡ 1,350.00
S.G. hechura y colocación de 2 vertederos	₡ 125.00
Sub - total	₡ 1,475.00
El costo total de la estructura # 3	₡ 2,546.25

Los costos de materiales y mano de obra de la estructura # 4 se describen a continuación:

MATERIALES	
8.5 bolsas de cemento por ₡ 35.00 bolsa	₡ 297.50
0.5 m ³ de arena por ₡70.00 m ³	₡ 35.00
0.6 m ³ de grava # 1 por ₡180.00 m ³	₡ 126.00
1.5 qq De hierro 3/8 por ₡ 220.50 qq	₡ 330.75
0.5 pieza de lámina de acero de ¼" (6 mm)	₡ 211.80
Sub - total	₡ 1,001.05
MANO DE OBRA	
0.7 m ³ de concreto armado por ₡1500.00 m ³	₡ 1050.00
S.G. hechura y colocación de 2 vertederos	₡ 125.00
Sub - total	₡ 1,175.00
El costo total de la estructura # 4	₡ 2176.05

Los costos de materiales y mano de obra de la estructura #5 se describen a continuación:

MATERIALES	
13 bolsas de cemento por ₡ 35.00 bolsa	₡ 455.00
0.8 m ³ de arena por ₡70.00 m ³	₡ 56.00
0.9 m ³ de grava # 1 por ₡180.00 m ³	₡ 144.00
3.4 qq De hierro 3/8 por ₡ 220.50 qq	₡ 749.70
0.5 pieza de lámina de acero de ¼" (6 mm)	₡ 211.80
Sub - total	₡ 1,616.50
MANO DE OBRA	
1.4 m ³ de concreto armado por ₡1500.00 m ³	₡ 2100.00
S.G. hechura y colocación de 2 vertederos	₡ 125.00
Sub - total	₡ 3,841.50
El costo total de la estructura #5 es	₡ 11,945.30

PARTIDA 8: Obras de Entrada, Interconexión y Salida.

Esta partida comprende las obras que conducen el caudal de aguas residuales a las lagunas primarias "A" y "B", las obras de interconexión entre las lagunas primarias y la secundaria, y entre la laguna secundaria y terciaria. Asimismo se incluyen las obras a construir en la salida de la última laguna, antes del colector de descarga. Los costos de los materiales y mano de obra se describen a continuación:

8.1 Obras de entrada.**MATERIALES**

100 ml de tubería PVC, tipo RIB-LOCK, Ø 18" por ₡500/ ml	₡	50,000.00
0.50 qq de hierro de 3/8", por ₡220.50/qq	₡	110.25
0.3 qq de hierro de 1/4", por ₡220.50/qq	₡	66.15
4 bolsas de cemento por ₡35.00/bolsa	₡	140.00
0.2 m ³ de arena por ₡70.00/m	₡	14.00
0.2 m ³ de grava#1, por ₡180.00/m ³	₡	36.00
Sub - total	₡	50,366.40

MANO DE OBRA

Instalación de 100 ml de tubería PVC, tipo RIB-LOCK, Ø 18", por ₡20.00/ml	₡	2000.00
0.2 m ³ hechura y colocación de concreto armado, 1500/ m ³	₡	300.00
Sub - total	₡	2,300.00

El costo total de materiales y mano de obra de las obras de entrada es ₡ **52,666.40**

8.2. Obras de Interconexión.**MATERIALES**

230 ml de tubería PVC, tipo RIB-LOCK, Ø 18" por ₡500/ ml	₡	115,000.00
1.0 qq de hierro de 3/8", por ₡220.50/qq	₡	220.50
0.6 qq de hierro de 1/4", por ₡220.50/qq	₡	132.30
8 bolsas de cemento por ₡35.00/bolsa	₡	280.00
0.4 m ³ de arena por ₡70.00/m	₡	28.00
0.4 m ³ de grava#1, por ₡180.00/m ³	₡	72.00
Sub - total	₡	115,732.80

MANO DE OBRA

Instalación de 230 ml de tubería PVC, tipo RIB-LOCK, Ø 18", por ₡20.00/ml	₡	4,600.00
0.2 m ³ hechura y colocación de concreto armado, 1500/ m ³	₡	300.00
Sub - total	₡	4900.00

El costo total de materiales y mano de obra de las obras de interconexión ₡ **120,632.80**

8.3. Obras de salida.

MATERIALES

25 ml de tubería PVC, tipo RIB-LOCK, Ø 18" por ₡500/ ml	₡	12,500.00
0.40 qq de hierro de 3/8", por ₡220.50/qq	₡	88.20
0.5 qq de hierro de 1/4", por ₡220.50/qq	₡	110.25
4 bolsas de cemento por ₡35.00/bolsa	₡	140.00
0.2 m ³ de arena por ₡70.00/m	₡	14.00
0.3 m ³ de grava#1, por ₡180.00/m ³	₡	54.00
Sub - total	₡	12,906.45

MANO DE OBRA

Instalación de 25 ml de tubería PVC, tipo RIB-LOCK, Ø 18", por ₡20.00/ml	₡	750.00
0.2 m ³ hechura y colocación de concreto armado, 1500/ m ³	₡	300.00
Sub - total	₡	2,100.00

El costo total de materiales y mano de obra de las obras de entrada es ₡ 15,006.45

El costo total de la partida 8 es de ₡ 188,305.65

PARTIDA 9: Colector de Descarga de Aguas Tratadas.

Consiste en la instalación de 135 mts. de colector de concreto de 24" de diámetro, desde la salida de la laguna TERCIARIA "D" en la caja de medición de caudales, hasta la descarga en la quebrada. Se incluirá además la construcción de un pozo de visita de 2.50 mts. de altura, y un cabezal de descarga. Los costos de los materiales y mano de obra se describen a continuación:

MATERIALES

150 tubos de concreto de 24" por ₡611.00 c/u.	₡	91,650.00
85 bolsas de cemento, por ₡35.00/ bolsa	₡	2,975.00
8 m ³ de arena, por ₡70.00 / m ³	₡	560.00
0.2 m ³ de grava # 1, por ₡180.00 / m ³	₡	36.00
1 m ³ de piedra en bruto, por ₡110.00/ m ³	₡	110.00
1 mil de ladrillo tipo calavera por ₡750.00 / millar	₡	750.00
Sub - total	₡	96,081.00

MANO DE OBRA

Instalación de 150 tubos de concreto de 24", por ₡20.00 c/u	₡	4,500.00
Excavación de 140 m ³ , por ₡50.00 / m	₡	5,600.00
Sub - total	₡	10,100.00

El costo total de partida ₡ 106181.00

PARTIDA 10: Excavación en Lagunas y Conformación de Diques.

La terracería para la excavación en las lagunas y conformación de diques deberá ser ejecutada con equipo adecuado, en donde se disponga por lo menos de tractores, mototraillas o de otras unidades equivalentes. Una alternativa podrá ser utilizando una mototrailla CAT. 613 B o similar, y un tractor CAT. D6 o KOMATSU D65. Otra sería utilizando 2 tractores BULLDOZER.

Los costos en empresas especializadas son:

excav. En lagunas ϕ 25.00 por M^3 , para $v = 28425 M^3$

Costo total = ϕ 710625

Conform. De diques ϕ 30.00 por M^3 para $v = 28425$

Costo total = ϕ 852750

El costo total de la partida es de ϕ 1,563,375.

PARTIDA 11: Engramado de Taludes.

Para dar mayor estabilidad a los taludes es necesario protegerlos con engramados o sembrándoles plantas que no afecten el proceso biológico.

Se ha estimado un costo de engramado, de ϕ 15.00 por m^2 , que al aplicarlo al área total de taludes de todo el sistema da el valor siguiente:

$$\text{Costo} = \phi 15.00 * 12492 m^2 = \phi 187,380.$$

El costo total de esta partida es de ϕ 187,380.00

PARTIDA 12: Costo del Terreno.

De investigaciones en el municipio de Nueva Concepción se han obtenido datos que permiten establecer que los costos del terreno para construir este proyecto podrían oscilar entre ϕ 10.00 y ϕ 20.00 la vara cuadrada. Por lo tanto para adquirir el área requerida en este proyecto se tendrá que invertir lo siguiente:

$$\text{Area total por } \phi 15.00 = 66113 * 15.00 = 991695$$

El costo total de esta partida es de ϕ 991,695.00

Para obtener el costo total del proyecto se sumo el costo total de c/ partida. El costo total del proyecto ϕ 3,249,699.00.

5.2.2. RESUMEN DE COSTOS.

Tabla No. 5.1
Costo de Inversión

No de Partida	DESCRIPCION	Cantidad	Costo unitario (colones)	Costo total (colones)
1	Desbroce, limpieza y replanteo	3 Ha	5000.00	15000
2	Escarificación mecánica y descapote	3 Ha	10000.00	30000
3	Cercado del terreno, portón principal y caseta	S.G.	42308.00	42308.00
4	Construcción de colector emisor	S.G.	88105.00	88105.00
5	Cámara de rejillas	S.G.	3126.45	3126.45
6	Distribuidor de caudales	S.G.	2,277.60	2,277.60
7	Cajas para medidores de caudales	S.G.	11,945.30	11,945.30
8	Obras de entrada, interconexión y salida	S.G.	188,305.65	188,305.65
9	Colectores de descarga de aguas tratadas	S.G.	106181.00	106181.00
10	Excavación en lagunas y conformación de diques	28425m ³	55.00	1,563,375.00
11	Engramado de taludes	12492 m ²	15.00	187380.00
12	Costo del terreno	66113 m ²	15.00	991695.00
TOTAL				3,249,699.00

Para poder contar con costos de inversión en cada uno de los períodos de diseño se utilizará el indicador de costo/ m² de laguna, el cual permite establecer un criterio económico, acerca de la tecnología que se implementa, para darle tratamiento a las aguas residuales y así garantizar que esté al alcance de la población.

Tabla No. 5.2
Costo de Inversión para la Realización del Proyecto

Año	Población (Hab)	Area De Laguna (m ²)	Costo Unitario (¢)	Costo Actual (¢)	Costo Por Habitante (¢)
1998	9,144	22,500	108.35	2,437,875.00	266.60
2003	10,326	30,000	108.35	3,250,500.00	314.78
2013	13,166	30,000	108.35	3,250,500.00	246.88
2023	16,788	30,000	108.35	3,250,500.00	193.62

Según la tabla 5.2 , para realizar el proyecto del sistema de lagunas de estabilización, en el año de 1998 el costo de inversión sería de ¢ 266.60 por habitante. Y así al proyectar la población para el final del período de diseño el costo de inversión por habitante sería de ¢ 193.62.

Además de considerar los costos de inversión; para la realización del proyecto, la planta requiere de operación y mantenimiento, por lo tanto es importante destacar estos costos.

5.2.3 COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Tabla No. 5.3
Costos de Personal para Operación y Mantenimiento

Personal	No.	Salario en Colones	Costo / Mes
Técnico	1	5,000	5,000
Auxiliar	2	2,200	4,400
Vigilante	2	2,200	4,400
Sub total			13,800
Prestación Anual 100%			1,150
Total			14,950

5.2.4. EQUIPO DE TRABAJO Y SEGURIDAD.

Es necesario que el personal cuente con las herramientas básicas y equipos de control para su trabajo.

La planta debe de contar como mínimo con las siguientes herramientas.

Tabla No. 5.4
Herramientas de Trabajo

Herramientas	Cantidad	Costo Unitario (₡)	Costo Total (₡)
Carretilla de Mano	2	300	600
Pala	3	80	240
Cuchara de nylon para Limpieza	3	300	900
Manguera para lavado de unidades	3	70	210
Escalera	2	1500	3,000
Rastrillo	3	40	1,200
Escoba	3	13	39
Podadora eléctrica	1	3000	3,000
Machete	3	50	15
Caja de Herramientas (serrucho, alicate, martillo, clavos, etc.)	1	1000	1,000
Total			10,204

Se considerará una vida útil promedio de la herramientas de 3 años.

Para determinar los costos de operación y mantenimiento por habitante para el inicio del período de diseño se tomará en cuenta los costos de personal para operación mantenimiento y los costos de las herramientas de trabajo entre su vida útil, obteniendo un resultado de :

Tabla No. 5.5
Costos Mensual de Operación y Mantenimiento por Habitante

AÑO	POBLACION(hab)	COSTO TOTAL/MENSUAL	COSTO /HABITANTE
1998	9144	18351	2.01

Según la Tabla No. 5.5 el costo mensual por habitante para el inicio de período de funcionamiento del sistema de tratamiento será 2.01 colones considerando que se ejecutaría en 1998.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.

- El sistema de lagunas de estabilización, es una tecnología de gran eficiencia en el tratamiento de aguas residuales, ya que presenta una remoción de organismos patógenos y materia orgánica; lo cual garantiza la calidad de sus efluentes, además es un sistema de costo relativamente bajo en cuanto a inversión, operación y mantenimiento se refiere; en comparación con otros sistemas convencionales. Por lo tanto deben ser tomados como la primera opción tecnológica en el tratamiento de aguas residuales domésticas, siempre y cuando se cuente con las condiciones climatológicas favorables para que se implemente el sistema y se disponga también de suficiente terreno.

La ciudad Nueva Concepción al presentar estas características contará con el tratamiento de aguas residuales por medio de lagunas de estabilización, siendo beneficiada principalmente con el aspecto de salud pública, al mejorar las condiciones ambientales y la calidad de las aguas superficiales, garantizando de esta manera la salud de los habitantes. Permitiendo además que estas aguas puedan ser reutilizadas en riego agrícola, por los fertilizantes contenidos en ellas, contribuyendo a la producción de alimentos baratos y de buena calidad.

- Por otra parte las experiencias realizadas por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), a través de lagunas de estabilización con la incorporación del modelo de flujo disperso, que es el que más se aproxima a la realidad y ofrece una mayor eficiencia en cuanto a la remoción de organismos patógenos. Por tal razón para el diseño del sistema de lagunas de estabilización se considera el cumplimiento

de normas y criterios que aseguren un manejo productivo y sanitario de las aguas residuales.

- Los análisis bacteriológicos nos muestran el alto grado de contaminación de que son objetos las aguas superficiales, por el vertimiento directo de las aguas residuales, ya que el resultado obtenido del análisis de laboratorio fué de $1.5E+8$ NMP/100 ml, sobrepasando el valor establecido por norma de 1000 NMP/100 ml; afectando la salud de los habitantes de la zona, con la incidencia de enfermedades de origen hídrico de que son objeto. Por tal motivo es necesario darle un tratamiento a las aguas residuales por medio de lagunas de estabilización, el cual garantiza una mejor calidad en sus efluentes.
- Los terrenos planos permiten que se empleen técnicas para establecer un balance entre corte y relleno, de manera que el material excavado nos sirva para la conformación de diques y taludes a realizar el diseño del sistema.
- El terreno donde se realiza el diseño de lagunas de estabilización; presenta características de arcilla de muy buena calidad, el cual nos servirá para la impermeabilización de diques y taludes. Esto nos beneficia, ya que no habrá necesidad de cambiar el material existente por otro banco de material, lo que encarecería grandemente el costo de la obra.
- La ventaja de contar con un terreno de topografía generalmente plana, permite que se disponga de suficiente área para la realización del diseño. Además, contribuye a que las

aguas puedan ser transportadas por gravedad y no se requiera de un equipo costoso de bombeo que encarecería la obra.

6.2. RECOMENDACIONES.

- La posición geográfica de la zona en estudio y las condiciones climatológicas, indican que el tratamiento de las aguas residuales por medio de lagunas de estabilización en la ciudad de Nueva Concepción, es sumamente recomendable, pudiendo aprovecharse todos los avances técnicos alcanzados en otros países.

- Se recomienda que el operador de la planta deberá formular un manual que contenga los siguientes aspectos :
 - Informar periódicamente sobre el funcionamiento y estado de las unidades en general.
 - Realizar los controles necesarios para la normal operación de la planta tales como medición de caudales, análisis bacteriológicos, análisis físico - químico, etc.
 - Mantener los taludes libres de vegetación, limpieza de canaletas de distribución, vertederos, cámara de rejas, etc.
 - Control de proliferación de vectores.

- Se recomienda hacer una evaluación financiera, así como el diseño de mecanismos de recuperación de costos, haciendo una revisión al sistema tarifario, facturación y cobro de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

- El sistema de lagunas de estabilización actualmente cuenta con un área de 6.61 Ha., recomendando comprar un área adicional de por lo menos 2 Ha., al mismo propietario con la finalidad de establecer un perímetro, para alejar el sistema de tratamiento con respecto a las posibles áreas a urbanizar.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA.

- Rass E McKinner,
Microbiología para Ingeniería Sanitaria,
McGraw Hill,
New York, 1962.

- Michael J. Pelczar,
Microbiología,
McGraw Hill,
México, 1982.

- Philip L. Carpenter,
Microbiología,
Segunda Edición,
Editorial Interamericana,
México, 1969.

- Sub - Secretaria de saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias.
Curso Internacional sobre Lagunas de Estabilización,
Universidad de Cuenca, Ecuador,
OPS -1992.

- OPS / CEPIS,
Curso de Lagunas de Estabilización,
Teoría, Diseño, Construcción, Operación, Evaluación y Mantenimiento.
Lima, Perú, 1996.

- Metcalf - Eddy,
Tratamiento y Depuración de Aguas Residuales.
Editorial Labor,
Barcelona, España, 1977.

- Rodolfo Sáenz,
Tecnología Utilizada para el Tratamiento de Aguas Residuales,
OPS - OMS,
Lima, Perú, 1992.

- Registros Meteorológicos del Ministerio de agricultura y Ganadería, MAG,
Dpto. De Meteorología, 1996.

- Centro Nacional de Registros,
Instituto Geográfico Nacional " Ing. Pablo Arnoldo Guzmán",
San Salvador, El Salvador C.A.

- Dirección General de Estadística y Censo (DYGESTYC).
Departamento de Chalatenango, 1992.

- Información proporcionada por el departamento de Estadística y Documentos Médicos del
Hospital Nacional de Nueva Concepción, Dpto. De Chalatenango, 1997.

- Geografía de El Salvador.
Capítulo V, Primera Edición, 1986.

- McLunkin, F. Eugene, McLunkin, F. Eugene,
Agua y Salud Humana,
Editorial Limusa,
México, 1986.

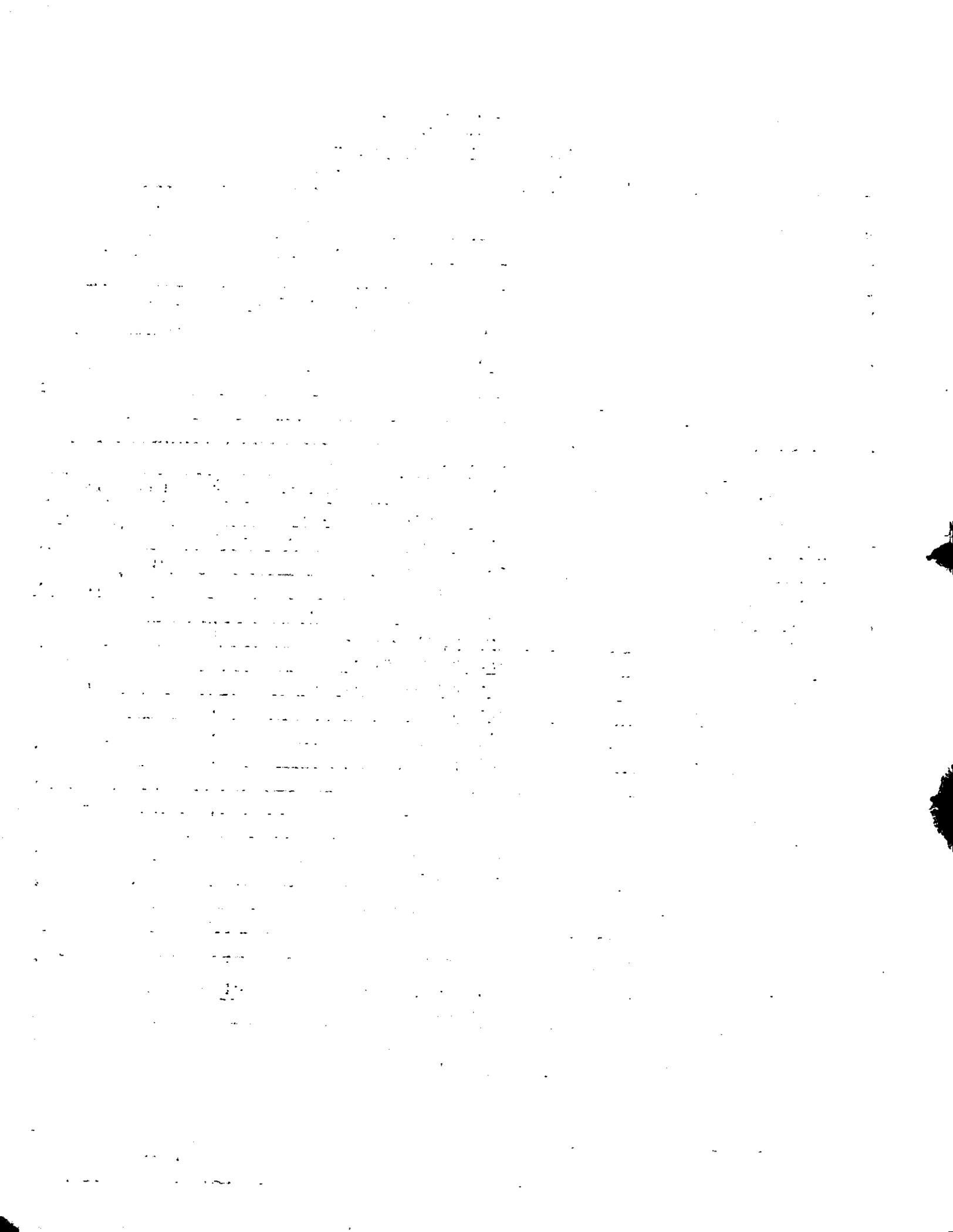
- Tesis : Evaluación Ex - Post de la Laguna de Estabilización de Santiago Nonualco,
Universidad Albert Einstein, 1988.

- Ing. Miguel Angel Monterrosa.
Folletos Proporcionados en la Cátedra de Abastecimientos de Agua y alcantarillado
Sanitario.
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador, 1993.

- Propuesta de Normas Técnicas para Abastecimiento de agua Potable y Alcantarillado de Aguas Negras de la administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, ANDA, 1995.

- Ing. Rodolfo Saenz,
Lagunas de estabilización y otros Sistemas Simplificados para el Tratamiento de aguas Residuales.
CEPIS/OPS/OMS,
Lima, Perú, 1985.

ANEXOS



A. N. D. A.
DEPARTAMENTO DE CONTROL SANITARIO
CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REF. _____

NOMBRE Y DIRECCIÓN DEL SOLICITANTE

Trabajo de Graduación

LUGAR Y DIRECCIÓN DE LA TOMA DE MUESTRA

Quebrada el Zanjón Nueva Concepción - Chalatenango.

CLASIFICACIÓN

POZO

RÍO

LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN

DESCARGA

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

OTROS _____

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA

30 DE JULIO DE 1997.

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN _____

FECHA DE ANÁLISIS

30 DE JULIO DE 1997.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	UNIDAD	DETERMINACIÓN	RESULTADOS	UNIDAD
TEMPERATURA DEL AGUA	24	°C	ALCALINIDAD TOTAL CaCO ₃		mg / lt.
TEMPERATURA AMBIENTE		°C	ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA		mg / lt.
COLOR	4300	U Pt-Co	CLORUROS	92.41	mg / lt.
CONDUCTIVIDAD	1500	µ m hos/cm	FENOLES		mg / lt.
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	0.1	ml / lt.	NITRÓGENO AMONIACAL		mg / lt.
SOLIDOS TOTALES	932	mg / lt.	NITROGENO ORGANICO		mg / lt.
SOLIDOS TOTALES FIJOS		mg / lt.	NITRÓGENO DE NITRATOS		mg / lt.
SÓLIDOS TOTALES VOLÁTILES		mg / lt.	NITRÓGENO DE NITRITOS		mg / lt.
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	182	mg / lt.	NÍQUEL		mg / lt.
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS		mg / lt.	ARSÉNICO		mg / lt.
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES		mg / lt.	CINC		mg / lt.
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	800	mg / lt.	COBRE		mg / lt.
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS		mg / lt.	CROMO		mg / lt.
SOLIDOS DISUELTOS VOLÁTILES		mg / lt.	PLOMO		mg / lt.
TURBIEDAD	1400	UNT	MATERIALES RADIO-ACTIVOS		
OXIGENO DISUELTO	9.83	mg / lt.	GRASAS Y ACEITES		mg / lt.
pH	6.4				mg / lt.
DBO TOTAL (5)		mg / lt.			mg / lt.
DOO TOTAL	300	mg / lt.			

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

muestra tomada aguas arriba del punto de descarga.

SAN SALVADOR, _____ DE _____ DE 19 _____

DE

DE 19

 JEFE LABORATORIO

 JEFE DEPTO. CONTROL SANITARIO

A. N. D. A.
DEPARTAMENTO DE CONTROL SANITARIO
CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REF. _____

NOMBRE Y DIRECCIÓN DEL SOLICITANTE Trabajo de Graduación

LUGAR Y DIRECCIÓN DE LA TOMA DE MUESTRA Quebrada el Zanjón . Nueva Concepción .
 Chalatenango.

CLASIFICACION POZO RÍO LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN DESCARGA
 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS OTROS _____

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA 30 DE JULIO DE 1997.

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN _____

FECHA DE ANÁLISIS 30 DE JULIO DE 1997.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	UNIDAD	DETERMINACIÓN	RESULTADOS	UNIDAD
TEMPERATURA DEL AGUA	30	°C	ALCALINIDAD TOTAL CaCO ₃		mg / lt
TEMPERATURA AMBIENTE		°C	ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA		mg / lt
COLOR	4000	U Pt-Co	CLORUROS	31.11	mg / lt
CONDUCTIVIDAD	5100	µ m hos/cm	FENOLES		mg / lt
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	5	ml / lt.	NITRÓGENO AMONIAICAL		mg / lt.
SOLIDOS TOTALES	3165	mg / lt.	NITRÓGENO ORGÁNICO		mg / lt
SOLIDOS TOTALES FIJOS		mg / lt.	NITRÓGENO DE NITRATOS		mg / lt
SOLIDOS TOTALES VOLÁTILES		mg / lt.	NITRÓGENO DE NITRITOS		mg / lt
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	665	mg / lt.	NIQUEL		mg / lt
SOLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS		mg / lt.	ARSÉNICO		mg / lt
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES		mg / lt.	CINC		mg / lt
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	2500	mg / lt.	COBRE		mg / lt
SOLIDOS DISUELTOS FIJOS		mg / lt.	CROMO		mg / lt
SÓLIDOS DISUELTOS VOLÁTILES		mg / lt.	PLOMO		mg / lt
TURBIEDAD	1500	UNT	MATERIALES RADIO-ACTIVOS		
OXIGENO DISUELTO	5.92	mg / lt.	GRASAS Y ACEITES		mg / lt
pH	6.2				mg / lt
DBO TOTAL (5 _t)		mg / lt.			mg / lt
DQO TOTAL	860	mg / lt.			

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS muestra tomada en el punto de descarga (colector)

SAN SALVADOR, _____ DE _____ DE 19 _____

 JEFE LABORATORIO

 JEFE DEPTO. CONTROL SANITARIO

A. N. D. A.
DEPARTAMENTO DE CONTROL SANITARIO
CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

REF. _____

NOMBRE Y DIRECCIÓN DEL SOLICITANTE Trabajo de Graduación
 LUGAR Y DIRECCIÓN DE LA TOMA DE MUESTRA Quebrada el Zanjón. Nueva Concepción.
Chalatenango

CLASIFICACIÓN POZO RÍO LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN DESCARGA
 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS OTROS _____

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA 30 DE JULIO DE 1997.
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN _____
 FECHA DE ANÁLISIS 30 DE JULIO DE 1997.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	UNIDAD	DETERMINACIÓN	RESULTADOS	UNIDAD
TEMPERATURA DEL AGUA	25	°C	ALCALINIDAD TOTAL CaCO ₃		mg / lt
TEMPERATURA AMBIENTE		°C	ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA		mg / lt
COLOR	1190	U Pt-Co	CLORUROS	22.63	mg / lt
CONDUCTIVIDAD	330	µ m hos/om	FENOLES		mg / lt
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	3	ml / lt.	NITRÓGENO AMONIACAL		mg / lt.
SÓLIDOS TOTALES	592	mg / lt.	NITRÓGENO ORGÁNICO		mg / lt.
SÓLIDOS TOTALES FIJOS		mg / lt.	NITRÓGENO DE NITRATOS		mg / lt
SÓLIDOS TOTALES VOLÁTILES		mg / lt.	NITRÓGENO DE NITRITOS		mg / lt
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	432	mg / lt.	NÍQUEL		mg / lt
SÓLIDOS SUSPENDIDOS FIJOS		mg / lt.	ARSENICO		mg / lt
SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES		mg / lt.	CINC		mg / lt.
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	160	mg / lt.	COBRE		mg / lt
SÓLIDOS DISUELTOS FIJOS		mg / lt.	CROMO		mg / lt
SÓLIDOS DISUELTOS VOLÁTILES		mg / lt.	PLOMO		mg / lt
TURBIEDAD	190	UNT	MATERIALES RADIO-ACTIVOS		
OXIGENO DISUELTO	6.63	mg / lt.	GRASAS Y ACLIFES		mg / lt
pH	5.10				mg / lt.
DBO TOTAL (5j)		mg / lt.			mg / lt
DQO TOTAL	680	mg / lt.			

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS: muestra tomada aguas abajo del punto de descarga.

SAN SALVADOR, _____ DE _____ DE 19 _____

 JEFE LABORATORIO

 JEFE DEPTO. CONTROL SANITARIO



LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES. S. A. de C. V.
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS - CONSULTORIA

Inscrito en el Consejo Superior de Salud Pública con el número 504

San Salvador, 22 de Septiembre de 1997

Señorita
DAYSI DEL CARMEN ACOSTA
Presente

Estimada Srita. Acosta:

Por este medio estamos remitiendole los resultados de los análisis bacteriológicos efectuados en muestras según detalle:

Tipo de muestras : Agua
Recibidas laboratorio : 18 Septiembre 1997
Hora : 9:00 A.M.

Muestra	Bacterias coliformes fecales, NMP/100mL
Aguas Arriba	15×10^3
Colector	15×10^7
Aguas Abajo	11×10^7

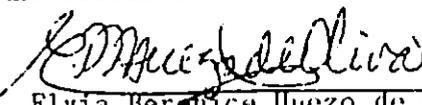
Notas:

NMP: Número Mas Probable.

Metodología de análisis: APHA (American Public Health Association).

Atentamente,

ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.


Dra. Elvia Berenice Huezco de Oliva
Laboratorio de Investigación en
Microbiología

Dra. ELVIA BERENICE HUEZCO DE OLIVA
QUÍMICA BIÓLOGA
M.C. J. V. P. O. F. No. 524

CONDOMINIO CENTRO COMERCIAL 29

29 CALLE PONIENTE Y 11 AVENIDA NORTE Nº 3-1, SAN SALVADOR, EL SALVADOR. E. A. TEL: 222-1517



San Salvador, 30 de septiembre de 1997.

Señorita
Daysi del Carmen Acosta
Presente.

De la manera mas atenta le remito Resultados de Análisis realizado en 3 muestras de Aguas Negras:

TIPO DE MUESTRAS:

Muestra 1 (Aguas Arriba)
Muestra 2 (Colector)
Muestra 3 (Aguas abajo)
Muestra: DBO_5 días (M9/Lt.)

Recibidas en el Laboratorio: 10:00 a.m.

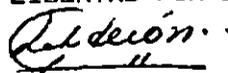
Fecha: Jueves 18 de septiembre de 1997.

NOTA: DBO_5 : Demanda Bioquímicos de Oxigeno tomada a los cinco días.

METODOLOGIA UTILIZADA: Métodos Normalizados APHA, AWWA, WPOF.

En espera que los resultados en mención sean de su satisfacción, le saludo muy atentamente,

" HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA "

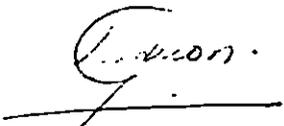

DRA. GLORIA RUTH CALDERON
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
ANALISIS QUIMICO E INSTRUMENTAL



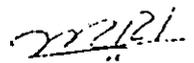
RESULTADO DE ANALISIS EN MUESTRAS (3) DE AGUAS NEGRAS
QUEBRADA ZANJON, UBICADA EN NUEVA CONCEPCION, CHALATENANGO

D B O

MUESTRA 1 (1%)	=	16 mg/lt
MUESTRA 2 (1%)	=	72 mg/lt
MUESTRA 2 (3%)	=	119.6 mg/lt
MUESTRA 3 (1%)	=	78 mg/lt
MUESTRA 3 (3%)	=	149.73 mg/lt


DRA. GLORIA RUTH CALDERON
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE
ANALISIS QUIMICO E INSTRUMENTAL




LIC. MARIA C. ODETTE RAUDA ACEVEDO
ANALISTA


LIC. SANDRA LIDIA LUPE PERAZA DE RAMIREZ
ANALISTA

**PARAMETROS SOBRE VALORES MAXIMOS PERMISIBLES
PARA AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS
DESCARGADOS A UN CUERPO RECEPTOR.**

PARAMETROS FISICO - QUIMICOS

PARAMETRO	VALOR MAXIMO PERMISIBLE
- Materia flotante	Ausente
- Temperatura	30oC ±5oC
- Color	50 unidades de color verdadero
- Turbiedad	100 UTN -
- pH	5 - 9
- Sólidos suspendidos	60 mg/L
l - Sólidos sedimentables	1 ml/L
- Aceites y grasas	10 mg/L
- DBO.5	30 mg/L.
- DQO	60 mg/L.
- Nitrógeno total -(N)	10 mg/l.
- Fósforo total -(P)	3 mg/L.

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS:

Coliformes totales:	1000 NMP/100 ml, promedio mensual no excederá a 2400/100 ml, en ningún día.
Coliformes fecales:	1000 NMP/100 ml, promedio no excederá a 2400/100 ml, en ningún día.