

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



**“PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR”**

**PRESENTAN:**

**FUENTES VILLALTA, JONNY ALEXI**  
**MERLOS ROMERO, ERICK GILBERTO**  
**PANIAGUA CONTRERAS, DAVID ENRIQUE**

**DOCENTE DIRECTOR:**

**ING. RIGOBERTO LOPEZ**

**PARA OPTAR AL TITULO DE: INGENIERO CIVIL**

**SAN MIGUEL, EL SALVADOR, DICIEMBRE DE 2009**

## **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR :  
Máster Rufino Antonio Quezada Sánchez

SECRETARIA GENERAL:  
Lic. Douglas Vladimir Alfaro Chávez

### **FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

DECANO EN FUNCIONES :  
Dra. Ana Judith Guatemala de Castro

SECRETARIO :  
Ing. Jorge Alberto Rugamas

### **DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

JEFE DE DEPARTAMENTO :  
Ing. Uvin Edgardo Zuniga Cruz.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:  
INGENIERO CIVIL

Título:

**“PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD  
MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR”**

Presentado por:

FUENTES VILLALTA, JONNY ALEXI  
MERLOS ROMERO, ERICK GILBERTO  
PANIAGUA CONTRERAS, DAVID ENRIQUE

Trabajo de graduación aprobado por:

Coordinador :  
Ing. Milagro de María Romero Bardales

Docente Director :  
Ing. Rigoberto López

San Miguel, Diciembre de 2009

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Coordinador :  
Ing. Milagro de María Romero Bardales

Docente Director :  
Ing. Rigoberto López

## **AGRADECIMIENTOS GENERALES**

Nuestros agradecimientos y gratitud a todas aquellas personas que de una u otra forma, nos brindaron su apoyo, consejo u orientación durante el desarrollo de nuestro trabajo de graduación, agradeciendo especialmente:

A la Universidad de El Salvador, por permitirnos formar como buenos profesionales.

Al cuerpo de Docentes del departamento de Ingeniería y Arquitectura, por fundar en cada uno de nosotros las bases académica-teóricas para saber desenvolvemos en la vida profesional.

Así como a la amiga y compañera Fátima Sorto por sus ánimos y colaboración en nuestro trabajo.

Al compañero Emilio Ignacio Amaya por su valiosa y desinteresada ayuda y asesoría en los momentos oportunos.

Y a los demás compañeros que de alguna manera nos brindaron su apoyo y palabras de aliento que nos motivaron a seguir adelante.

A TODOS MUCHÍSIMAS GRACIAS.

EL GRUPO.

## **DEDICATORIA.**

### **DEDICO ESTE TRIUNFO A:**

#### **A DIOS**

Por haberme ayudado durante todo el tiempo de estudio, por haberme dado salud, fuerza, por haber estado conmigo en momentos difíciles de mi vida y por qué este triunfo obtenido no es más que la muestra de tu amor y tu misericordia. Y por eso y muchas cosas más te doy gracias y te dedico este triunfo.

#### **A MIS PADRES**

**José Fuentes** y **Biviana Villalta** se los dedico con especial amor y cariño, por ser mi pilar, mi apoyo, mi motivación, lo más lindo que Dios me dio; gracias por todos los sacrificios que con humildad hicieron por mí, para formarme y ser un hombre de bien, por su apoyo incondicional, por el amor y cariño, siempre estuvieron ayudándome en los momentos más difíciles.

#### **A MIS HERMANOS**

Tomas Alberto, José Alfredo, Ingrid por su amor y cariño.

#### **A MIS TIOS Y TIAS**

Will Villalta y Griselda Fuentes Por su apoyo y todos los consejos que me ayudaron para obtener este triunfo el cual se los dedico con mucha gratitud, alegría. los llevaré siempre en mi corazón.

**JONNY FUENTES VILLALTA**

DEDICATORIA:

**DIOS TODOPODEROSO**

Quien con su divina iluminación hizo posible que alcanzara este triunfo porque en los momentos mas difíciles me dio fortaleza y buena voluntad para seguir adelante. Dedico este triunfo a mi creador con todo mi corazón y me pongo a su disposición siempre.

**A MIS PADRES**

Gilberto Merlos Rubio y Ana Griselda Romero Majano. Quienes me forjaron una base la cuál no descuidaron y estuvieron pendientes de mi futuro; gracias por instruirme en el buen camino con sus consejos espirituales y morales, y darme apoyo siempre en todas mis situaciones.

**A MIS HERMANOS**

Pablo Efrain Merlos Romero y Kevin Samuel Merlos Romero. Con especial cariño y estimación por todos los momentos especiales que hemos pasado juntos.

**A MI NOVIA Y FAMILIARES**

Con mucho cariño y estimación. Por todo su apoyo moral y espiritual que de alguna u otra manera me ayudo mucho.

**A MIS COMPAÑEROS:** Jonny y David

Porque a pesar de todas las dificultades, logramos subir un escalón más de nuestras vidas terminando satisfactoriamente el trabajo de graduación.

## **ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO.**

DEDICATORIA:

**A Dios Todopoderoso:** Agradezco a Dios como creador de todo lo existente, por darme la sabiduría y la fortaleza para cumplir con tan anhelado sueño.

**A mis padres:** Noemí del Carmen Contreras y José Gilberto Paniagua Vásquez (Q.D.D.G) Por brindarme el amor, apoyo y sacrificio para ver que su hijo tuviese una formación académica, no los defraude, gracias por confiar en mí siempre.

**A mis Hermanos:** Wilfredo, Reina Celina y Elsy Noemy.

A pesar de las dificultades y en las circunstancias en que nos ha tocado vivir, recuerdo momentos juntos muy felices que me motivan a seguir siempre adelante.

**A mis sobrinos:** Juan José, Tatiana, Jennifer, Mónica y Diego. Por hacerme pasar unos momentos de alegría por su infancia

**A mis tíos:** En especial a Calixto de Jesús Paniagua.

**A mis primos:** Especialmente a Evila

Por ser fuentes de apoyo moral.

**A mis compañeros:** Jonny y Erick

Porque a pesar de todas las dificultades, logramos subir un escalón más de nuestras vidas terminando satisfactoriamente el trabajo de graduación.

**DAVID PANIAGUA**

# Índice

	Página
INTRODUCCION.....	.....
<b>CAPITULO I</b>	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN. ....	4
1.3 OBJETIVOS. ....	6
1.3.1 Objetivo General:.....	6
1.3.2 Objetivo Específicos: .....	6
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	7
1.4.1 Alcances: .....	7
1.4.2 Limitaciones: .....	8
1.5 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
1.5.1 Procedimiento. ....	13
1.5.2 Levantamiento de Información. ....	13
1.5.3 Análisis e interpretación de la información.....	14
1.5.4 Presentación de resultados.....	15
1.5.5 Universo. ....	15
1.5.6 Instrumentos. ....	16
1.5.7 Material Y Equipo.....	16
<b>CAPITULO II</b>	
2.1 MARCO HISTORICO.....	19
2.1.1 Reseña Histórica De La Facultad Multidisciplinaria Oriental.....	19
2.1.2 Reseña Histórica de la Evolución o Desarrollo del Tratamiento de Las Aguas Residuales. ....	22

<b>2.2</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>26</b>
2.2.1	Definiciones Básicas. ....	26
2.2.2	Definición Conceptual de Aguas Residuales. ....	27
2.2.3	Definición Operacional de Aguas Residuales. ....	27
2.2.4	Clasificación de Las Aguas Residuales. ....	27
2.2.5	Características de Las Aguas Residuales. ....	28
2.2.6	Métodos de Tratamiento de Aguas Residuales. ....	35
2.2.7	Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. ....	36
2.2.8	Etapas del Tratamiento de Las Aguas Residuales. ....	37
2.2.9	Medición de Caudales.....	61
<b>2.3</b>	<b>MARCO NORMATIVO.....</b>	<b>69</b>
2.3.1	Decreto 50 de La Ley Del Medio Ambiente.....	70
2.3.2	Decreto 39 de La Ley Del Medio Ambiente.....	72
2.3.3	Ley Del Medio Ambiente.....	75
2.3.4	Reglamento General De La Ley Del Medio Ambiente. ....	77
2.3.5	Norma Salvadoreña. (CONACYT). NSO 13.07.03:02. ....	77

### **CAPITULO III**

<b>3.1.</b>	<b>ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA. ....</b>	<b>82</b>
<b>3.2</b>	<b>UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO. ....</b>	<b>83</b>
<b>3.3</b>	<b>POBLACIÓN DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL. ....</b>	<b>83</b>
<b>3.4</b>	<b>ASPECTOS CLIMÁTICOS.....</b>	<b>84</b>
3.4.1	Temperatura. ....	84
3.4.2	Precipitación. ....	85
<b>3.5</b>	<b>DESCRIPCION DE FLORA Y FAUNA.....</b>	<b>89</b>
3.5.1	Flora.....	89
3.5.2	Fauna. ....	90

<b>3.6</b>	<b>ASPECTOS FISIAGRÁFICOS Y GEOLÓGICOS.....</b>	<b>90</b>
<b>3.7</b>	<b>ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....</b>	<b>92</b>
<b>3.8</b>	<b>SITUACION ACTUAL DE LAS AGUAS RESIDUALES.....</b>	<b>92</b>
3.8.1	Fosa de La Biblioteca.....	93
3.8.2	Cafetines Ubicados Al Costado Norte del Auditorio. ....	94
3.8.3	Cafetín Ubicado Al Sur de Los Edificios de Medicina:.....	97
3.8.4	Laboratorio De Biología. ....	98
3.8.5	Fosa De Sanitarios Ubicados Al Sur Y Norte Del Auditorio. ....	99
3.8.6	Punto De Descarga De Las Aguas Residuales Provenientes Del Edificio De La Biblioteca. ....	101
3.8.7	Punto de Descarga de Las Aguas Residuales Provenientes de Los Cafetines Ubicados Al Costado Norte Del Auditorio General. ....	102
3.8.8	Punto de Descarga de Las Aguas Residuales Provenientes de Los Edificios de Medicina.....	103
<b>3.9</b>	<b>UBICACIÓN DE MEDIDORES DE CAUDAL. ....</b>	<b>105</b>
<b>3.10</b>	<b>MEDICION DE CAUDAL Y CÁLCULO DE CAUDAL .....</b>	<b>107</b>
3.10.1	Medición de Caudal Generado Por Los Cafetines Ubicados Al Costado Norte del Auditorio.....	108
3.10.2	Caudal Generado En El Edificio de La Biblioteca.....	109
3.10.3	Caudal Generado En Los Baños Ubicados Al Costado Norte del Auditorio. 111	
3.10.4	Caudal Generado En Los Baños Ubicados Al Costado Sur del Auditorio. .....	111
3.10.5	Caudal Generado En Laboratorio de Biología.....	112
3.10.6	Caudal Generado En Laboratorio Y La Sección de Química. ....	113
3.10.7	Caudal Generado En Los Edificios de Medicina. ....	117
3.10.8	Caudal Generado En El Edificio El Riñón.....	119

3.11	<b>EVALUACION DE LOS SERVICIOS SANITARIOS.....</b>	<b>122</b>
	<b>ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO .....</b>	<b>128</b>
<b>CAPITULO IV</b>		
4.1	<b>TOMA Y CONSERVACION DE MUESTRAS DE AGUA. ....</b>	<b>130</b>
4.1.1	Toma de Muestra.....	130
4.1.2.	Recipientes Para La Toma de Muestras. ....	130
4.1.3.	Tipos de Muestras. ....	131
4.1.4.	Procedimientos de Toma de Muestras.....	132
4.1.5.	Conservación de Muestras.....	133
4.2.	<b>ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>136</b>
4.3.	<b>DETERMINACION DE LA POBLACION FUTURA. ....</b>	<b>142</b>
4.3.1	Método Aritmético (Fuente: López Alegría, 1990).....	142
4.3.2	Método Geométrico. ....	143
4.3.3	Método Por Tendencia.....	144
4.4	<b>CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO HORARIO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO. ....</b>	<b>145</b>
4.5	<b>ZONIFICACION DEL AREA DE ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO. ....</b>	<b>147</b>
4.6	<b>CRITERIOS DE SELECCIÓN SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....</b>	<b>149</b>
4.6.1	Premisas Básicas. ....	149
4.6.2	Magnitud De Caudal A Tratar. ....	149
4.6.3	Tipo de Vertido Y Carga Contaminante. ....	150
4.6.4	Calidad Del Efluente, Según Normas Y Usos de Cuerpo Receptor. ....	150
4.6.5	Costos De Inversión.....	151

4.6.6	Costos Operativos Y Costo Por M <sup>3</sup> Tratado, Plantas De Lodos Activados.	151
4.6.7	Sencillez Operativa – Asistencia Técnica.	152
4.6.8	Tipo De Suelo Y Nivel Freático.	152
4.6.9	Distancia A Viviendas Más Cercanas.	152
4.6.10	Rango Poblacional De Aplicación.	152
4.6.11	Superficie Necesaria.	153
4.6.12	Operación Y Mantenimiento.	154
4.6.13	Eficiencia De Remoción.	155
<b>4.7</b>	<b>SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO A UTILIZAR EN LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.</b>	<b>156</b>

## **CAPITULO V**

<b>5.1</b>	<b>PROCESO DE DISEÑO DE FILTROS PERCOLADORES RECTANGULARES.</b>	<b>162</b>
<b>5.2</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA ZONA 1.</b>	<b>167</b>
5.2.1	Diseño De Filtro Percolador Para La Zona 1.	167
5.2.2	Guía Para El Diseño De Trampas De Grasas Y Aceites.	171
5.2.3	Diseño De Trampa De Grasas Y Aceite Para Cafetines.	182
5.2.4	Diseño De Fosa Séptica Para Parte De La Zona	185
<b>5.3</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA ZONA 2.</b>	<b>195</b>
5.3.1	Diseño De Fosa Séptica Para Parte De La Zona 2.	195
5.3.2	Diseño De Filtro Biológico Para La Zona 2.	201
5.3.3	Tratamiento De Las Aguas Residuales Provenientes Del Laboratorio De Química.	204
<b>5.4</b>	<b>DISEÑO DE LA RED DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES.</b>	<b>205</b>
5.4.1	DISEÑO DE TUBERIAS DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA I	205
5.4.2	DISEÑO DE TUBERIAS PARA AGUAS RESIDUALES DE LA ZONA 2	214
<b>5.5</b>	<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE FOSAS SEPTICAS</b>	<b>220</b>

5.6	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL FILTRO BIOLÓGICO.....	225
<b>CAPITULO VI</b>		
6.1	CONCLUSIONES. ....	229
6.2	RECOMENDACIONES. ....	230
<b>BIBLIAGRAFIA.....</b>		<b>232</b>
<b>ANEXOS</b>		
Anexo 1: Pruebas de Laboratorio.....		236
Anexo 2: Planos del diseño del sistema de tratamiento .....		239

**INDICE DE FIGURAS.**

<b>Fig. 1.1</b>	Esquema del método científico.....	9
<b>Fig. 1.2</b>	Representación grafica del proceso de investigación.....	12
<b>Fig. 2.1</b>	Ejemplo de rejas de pre tratamiento.....	39
<b>Fig. 2.2</b>	Trampa de grasas (esquema ilustrativo).....	41
<b>Fig.2.3</b>	Ejemplo de desarenador de limpieza manual.....	42
<b>Fig.2.4</b>	Canaleta aforadora de Parshsall.....	47
<b>Fig. 2.5</b>	Predimensionamiento de medidores Parshall.....	50
<b>Fig. 2.6</b>	Sedimentador primario.....	52
<b>Fig.2.7</b>	Ejemplo esquemático de fosa séptica.....	54
<b>Fig. 2.8</b>	Tanque Imhoff.....	56
<b>Fig.2.9</b>	Filtro percolador o biofiltro.....	58
<b>Fig.2.10</b>	Modelos de contadores tipo Woltmann de turbina Horizontal.....	63
<b>Fig.2.11</b>	Modelos de contadores tipo Woltmann con turbina Vertical.....	63
<b>Fig.2.12</b>	Contador de chorro múltiple.....	74
<b>Fig.2.13</b>	Corte longitudinal de contador Hélice Tangencial (izquierda), Vista exterior (centro), y Vista Frontal (derecha).....	66
<b>Fig. 2.14</b>	Válvulas contadoras.....	67
<b>Fig.2.15</b>	Contador Por Ultrasonidos. (Caudalímetro Ultrasonico).....	69
<b>Fig. 2.16</b>	Contador Electromagnético.....	70
<b>Fig.3.1</b>	Mapa del Municipio de San Miguel.....	84
<b>Fig. 3.2</b>	Mapa Representativo De La Temperatura De En El Salvador.....	86
<b>Fig. 3.3</b>	Mapa Representativo de La Precipitación en EL Salvador.....	87
<b>Fig.3.4</b>	Mapa Geológico de la zona de estudio (U.E.S. F.M.O.).....	92
<b>Fig. 3.5</b>	Fosa de captación del edificio de la biblioteca.....	94
<b>Fig. 3.6</b>	Caja de inspección del filtro biológico.....	95
<b>Fig. 3.7</b>	Canales de conducción de aguas residuales.....	96
<b>Fig. 3.8</b>	Disposición final de aguas residuales de cafetines.....	96
<b>Fig. 3.9</b>	Lugar de disposición final de las aguas residuales de cafetines.....	97
<b>Fig. 3.10</b>	Separador de grasa y aceite en mal estado.....	97

<b>Fig. 3.11</b> Caja desengrasante de Cafetín ubicado al costado norte del auditorio.....	98
<b>Fig. 3.12</b> Caja de captación.....	98
<b>Fig. 3.13</b> Caja de captación de cafetín de medicina.....	99
<b>Fig. 3.14</b> fosa de captación del laboratorio de biología.....	100
<b>Fig. 3.15</b> Grietas en fosa de captación del Laboratorio de Biología.....	100
<b>Fig. 3.16</b> Tapadera de fosa séptica.....	101
<b>Fig. 3.17</b> Fosa de captación de los baños del auditorio.....	101
<b>Fig. 3.18</b> Punto de descarga de aguas provenientes del edificio de la biblioteca	102
<b>Fig. 3.19</b> Punto de descarga de aguas provenientes del edificio de la Biblioteca.....	103
<b>Fig. 3.20</b> Punto de descarga de aguas residuales proveniente de los Cafetines.....	103
<b>Fig. 3.21</b> Punto de descarga de aguas residuales proveniente de los Cafetines.....	104
<b>Fig.3.22</b> Cuerpo receptor de aguas residuales provenientes de medicina.....	105
<b>Fig. 3.23</b> Cuerpo recepto de aguas residuales provenientes de medicina.....	105
<b>Fig. 3.24</b> Medidor Para Baños Ubicados Al Costado Sur del Auditorio General..	106
<b>Fig. 3.25</b> Medidor de Caudal Utilizado En Baños Ubicados Al Costado Norte del Auditorio General.....	106
<b>Fig.3.26</b> Medidor Para Baños de Biología.....	107
<b>Fig. 3.27</b> Medidor utilizado para medir caudal de aguas en los cafetines.....	107
<b>Fig. 3.28</b> Medidor Para Edificio de La Biblioteca.....	108
<b>Fig. 3.29</b> Medidor de Caudal de los cafetines.....	109
<b>Fig. 3.30</b> Caudal de agua generado por los cafetines ubicados al costado norte del auditorium (unidades utilizadas lt/min).....	110
<b>Fig. 3.31</b> Medidor de agua para el Edificio de La Biblioteca.....	110
<b>Fig. 3.32</b> Grafico del gasto de agua correspondiente a los baños de la	

biblioteca (unidades lts/min).....	111
<b>Fig.3.33</b> Gastos de aguas residuales de baños ubicados al costado norte del auditorium (unidades utilizadas en lts/min).....	112
<b>Fig.3.34</b> Representación grafica de los gastos de aguas residuales de los baños ubicados al costado sur del auditorium (unidades utilizada en lts/min).....	113
<b>Figura 3.35</b> Representación grafica de los gasto de agua provenientes del laboratorio de biología (la unidades utilizadas son en litros).....	114
<b>Fig. 3.36</b> Medición de caudal en punto de descarga.....	115
<b>Fig. 3.37</b> Grafica de volumen de agua residual generado en laboratorio de química.....	116
<b>Fig.4.1</b> Toma de muestra antes de llegar al sistema de tratamiento.....	133
<b>Fig.4.2</b> Toma de muestra a la salida del filtro biológico de la biblioteca.....	133
<b>Fig. 4.3</b> Resultados Obtenidos de las muestras tomadas antes de ser tratadas en el filtro biológico.....	140
<b>Figura. 4.4</b> Resultados Obtenidos de las muestras tomadas después de ser tratadas en el filtro biológico.....	141
<b>Fig. 4.5</b> Resultados Obtenidos de las muestras tomadas provenientes de los cafetines.....	141
<b>Fig. 4.6</b> Porcentajes de caudal máximo horario.....	146
<b>Fig. 4.7</b> Porcentajes de caudal por zona de acuerdo a la topografía del terreno.....	148
<b>Fig .5.1</b> Esquema General de Trampa de Grasas.....	172
<b>Fig.5.2</b> Esquema del Tanque Recolector.....	180
<b>Fig. 5.3</b> Esquema De Una Fosa Séptica.....	200
<b>Fig.5.4.</b> Medición de alturas de natas en un tanque séptico.....	222
<b>Fig. 5.5.</b> Medición de alturas de lodos.....	123
<b>Fig. 5.6.</b> Desalojo manual del lodo de un tanque séptico.....	124

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Predimensionamiento para ancho de garganta para medidor Parshall .....	47
<b>Tabla 2.2.</b> Dimensiones típicas de medidores Parshall (cm) (tomada del Manual de Hidráulica de Azevedo Netto).....	49
<b>Tabla 2.3</b> Parámetro sobre los valores permisibles para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor.....	80
<b>Tabla 2.4.</b> Valores máximos de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario para descargar aun cuerpo receptor.....	81
<b>Tabla 3.1</b> Resumen De Población Universitaria.....	85
<b>Tabla 3.2</b> Datos Climatológicos de La Zona de Estudio (2008).....	89
<b>Tabla 3.3</b> Volumen de aguas residuales generados por los cafetines ubicados al costado norte del auditorium.....	109
<b>Tabla 3.4</b> Volumen Semanal de Aguas Residuales del Edificio de La Biblioteca.....	111
<b>Tabla 3.5</b> Caudal de aguas residuales provenientes de los Baños Ubicados Al Costado Norte del Auditorio.....	112
<b>Tabla 3.6</b> Volumen de aguas residuales provenientes de los baños ubicados al Costado sur del auditorio.....	113
<b>Tabla 3.7</b> Gasto de agua en el laboratorio de biología.....	114
<b>Tabla 3.8</b> Volumen de agua descargo del laboratorio de química.....	115
<b>Tabla 3.9</b> Resumen de elementos de servicios de uso público.....	128
<b>Tabla 3.10</b> Tabla de elementos y número de servicios de uso exclusivo de personal docente y administrativo.....	128
<b>Tabla 4.1.</b> Toma Y Conservación De Muestras De Aguas.....	135
<b>Tabla 4.2</b> Resultados Obtenidos Antes De Llegar Al Filtro Biológico.....	137
<b>Tabla 4.3</b> Resultados Obtenidos De Las Aguas Residuales Después De Ser Tratadas En El Filtro Biológico.....	138
<b>Tabla 4.4.</b> Resultados Obtenidos En Muestras Tomada A Las Aguas	

Residuales Provenientes De Los Cafetines Ubicados Oriente De La Biblioteca.....	139
<b>Tabla 4.5</b> Resumen de Población Proyectadas En La FMO.....	146
<b>Tabla 4.6</b> Resumen de caudal máximo horario de aguas residuales generado en la Facultad Multidisciplinaria Oriental.....	146
<b>Tabla 4.7</b> Afluentes correspondientes a cada zona para su análisis de tratamiento de acuerdo a las pendientes topográficas.....	148
<b>Tabla 4.8</b> Rangos de aplicación para sistemas de tratamiento de aguas residuales en función de la población a servir.....	153
<b>La tabla 4.9</b> presenta la superficie necesaria en m <sup>2</sup> /hab. Para los diversos sistemas de tratamiento.....	154
<b>Tabla 4.10</b> Requerimiento de operación y mantenimiento de los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	155
<b>Tabla 4.11</b> Eficiencia de remoción según la etapa de tratamiento-valores promedios.....	156
<b>Tabla 4.12</b> Capacidad de Remoción del Filtro Percolador.....	159
<b>Tabla 4.13</b> Aplicando eficiencia a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las aguas residuales de La FMO.....	159
<b>Tabla 4.14.</b> Rango de aplicación de los filtros biológicos de acuerdo a cada criterio de selección.....	159
<b>Tabla 5.1</b> Valores de las constantes a y b.....	162
<b>Tabla 5.2</b> Características de diseño para los diferentes tipos de filtros percoladores.....	163
<b>Tabla 5.3.</b> Capacidades de retención de grasa.....	174
<b>Tabla 5.4</b> Tiempos de retención hidráulicos.....	177
<b>Tabla 5.5</b> Normas suizas para el dimensionamiento de separadores de aceites y grasas.....	178
<b>Tabla 5.6.</b> Resumen de parámetros recomendados por las normas.....	181

<b>Tabla 5.7</b>	Tiempos de retención en proporción al volumen que se debe tratar....	186
<b>Tabla 5.8</b>	Contribución de lodo fresco $L_f$ en L/día.....	187
<b>Tabla 5.9</b>	Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos.....	188
<b>Tabla 5.10</b>	Valores de profundidad útil de acuerdo al volumen estimado para el tanque séptico (Tomado de Norma Colombiana RAS).....	188
<b>Cuadro 5.11</b>	Problemas comunes de los percoladores biológicos y sus posibles causas.....	227

## ABREVIATURAS

a.m.: Antes del mediodía.

ANDA: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

CNR: Centro Nacional de Registros.

CONACYT: Comité Nacional de Ciencia y Tecnología.

CT: Coliformes Totales.

C.U.O.: Centro Universitario de Oriente.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DN: Dimensión Nominal.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

F.E.M.: Fuerza Electro Magnética.

F.M.O.: Facultad Multidisciplinaria Oriental.

gal/día: Galones por día.

G.P.S.: Sistema de Posicionamiento Global.

G y A: Grasas y aceites.

I: Índice de crecimiento poblacional.

Kg.: Kilogramo.

Km.: Kilometro.

l/min: Litros por minuto

l/s: Litros por segundo.

m.: Metro.

MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

mg/l: Miligramo por litro.

mm.: Milímetro.

MSPAS: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

m/s: Metros por segundo.

m<sup>2</sup>: Metro cuadrado.

m<sup>3</sup>: Metro cubico.

N: Numero de Años.

n: Numero de años de proyección.

O.D.: Oxígeno Disuelto.

$P_a$ : Población actual.

$P_F$ : Población futura.

PH: Potencial de Hidrogeno.

p.m.: Pasado el mediodía.

Q: Caudal.

$Q_{md}$ : Caudal medio diario.

$Q_{max\ hor}$ : Caudal máximo horario.

$Q_{TOTAL}$ : Caudal Total.

r: Tasa de crecimiento geométrico.

SNET: Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

Ssed: Sólidos Sedimentables.

SST: Sólidos Suspendidos Totales.

T: Temperatura.

UTN: Unidad Nefelométrica de Turbiedad.

## INTRODUCCIÓN.

En el presente estudio se enfoca a la problemática que se ha generado durante mucho tiempo por la inadecuada disposición final de las aguas residuales, en La Facultad Multidisciplinaria Oriental.

En el estudio se da a conocer la **“PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR”**; con el objeto de disminuir gradualmente la contaminación al medio ambiente a través de una disposición final adecuada de las aguas residuales, mejorando de esta forma las condiciones de salubridad de la ciudad universitaria y ayudando a preservar los recursos naturales y medio físico, con lo cual se constituye un valioso aporte a la ciudad universitaria.

Se inicia con la presentación de los objetivos, alcances y limitaciones que representan el marco de referencia para orientarlo; también se incluye el planteamiento del problema donde se derivan las justificaciones que impulsaron a la realización de este trabajo. Por último se da a conocer la metodología de investigación que describe el cuerpo del trabajo en forma general.

Se presenta el marco referencial el cual contiene una breve reseña histórica de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, un listado de estudios realizados referentes al tema, historia de la evolución del tratamiento de las aguas residuales; Además en el marco referencial se presenta la definición, características, y tipos de tratamiento que se les da a las aguas residuales y un marco normativo que sustenta el presente estudio.

Para hacer una buena Propuesta Para El Manejo De Las Aguas Residuales De La Facultad Multidisciplinaria Oriental de La Universidad de El Salvador”; se comenzó

tomando en consideración: la situación actual, caudal generado de aguas residuales, origen del vertido, características fisicoquímicas y microbiológicas del vertido. Lo anterior se hará para determinar el tratamiento más adecuado y así poder proponer un sistema de tratamiento de las aguas residuales.

Finalmente se presenta una serie de conclusiones y recomendaciones que se derivan del desarrollo del trabajo; las cuales son el desglose de los aspectos relevantes sobre la problemática abordada y las segundas son una serie de orientaciones, necesarias para que la propuesta de tratamiento de las aguas residuales planteada funcione bajo los términos previstos.

# **CAPITULO I**



# **GENERALIDADES**

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Facultad Multidisciplinaria Oriental de La Universidad de el Salvador está ubicada en el departamento de San Miguel, Cantón el Jute Km 144½ salida al Cuco.

Desde su fundación (1966) hasta la actualidad La Facultad Multidisciplinaria Oriental de La Universidad de El Salvador ha funcionado presentando debilidades para la implementación de planes de desarrollo que se han formulado y desarrollado, originando un crecimiento físico limitado, desordenado y condicionado por las necesidades que se han presentado a lo largo de su historia.

La Facultad Multidisciplinaria Oriental como máximo centro de estudio de educación superior de la zona oriental, con el transcurso del tiempo ha venido desarrollándose a tal grado que la población estudiantil y personal administrativo como docentes ha crecido considerablemente, y los servicios con los que cuenta esta se han incrementado ya que cuenta con: sala de internet, sala de computo, laboratorio de química, biología, física, suelos, materiales y medicina; sin embargo, a pesar de contar con los servicios antes mencionados, no cuenta aún con un sistema adecuado de tratamiento de las aguas residuales producidas.

Este es un problema que se ha incrementado, a través del tiempo y a medida que han sido ampliados los servicios, tales como el del laboratorio de química, medicina, biología, física, de suelos y materiales, cafetines, servicios sanitarios; y esta agua se convierte en agua residual, más un incremento diferencial por infiltración, y como en la actualidad toda esa agua residual generada por la población universitaria se deposita en fosas que ya sobrepasaron en su mayoría su vida útil, lo cual se convierte en una

práctica de contaminación ambiental y por todo lo planteado anteriormente se hace necesario un evaluación de la aguas residuales para poder darle una solución a la problemática generada por las aguas residuales través de una Propuesta del tratamiento adecuado de Las Aguas Residuales Producidas En La Facultad Multidisciplinaria Oriental de La Universidad de El Salvador.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN.

Se pudo constatar de acuerdo a las exploraciones de campos realizadas, las aguas residuales producidas en la Facultad Multidisciplinaria Oriental en su mayoría son descargadas en un sistema de fosas sépticas las cuales ya sobrepasaron su vida útil y por ende están generando contaminación a la ciudad universitaria provocando un ambiente inadecuado en la población estudiantil. Así como también se desconoce la eficiencia del funcionamiento de los filtros biológicos en el tratamiento de las aguas ya que estos actualmente no cuentan con plan de mantenimiento que permita que estos funcionen adecuadamente.

Según la problemática mencionada de las aguas residuales y la contaminación que se le genera al medio ambiente y medio físico, se considera necesario que la Facultad Multidisciplinaria Oriental sea provista de un sistema de tratamiento de las aguas residuales; ya que la disposición final (fosa-séptica pozo de absorción) que se les da a estas, actualmente es fuente generadora de contaminación al medio ambiente por sobrepasar esta su vida útil.

El manejo o tratamiento de las aguas residuales se hará para poder reducir la contaminación provocada por las descargas de aguas residuales producidas por los diferentes laboratorios, cafetines a cuerpos receptores lo cual hace necesaria someterlas a pruebas de laboratorio por medio de las cuales determinar el grado de contaminación que estas poseen, y a partir de ello elegir el sistema de tratamiento idóneo técnica y económicamente.

De acuerdo a todo lo citado, se considera que el sistema de tratamiento tiene gran prioridad en la actualidad respecto a las necesidades antes mencionadas en la Facultad Multidisciplinaria Oriental y que el problema de la contaminación a cuerpos receptores y mantos acuíferos, puede ser reducido con una propuesta del tratamiento de las aguas residuales.

## 1.3 OBJETIVOS.

### 1.3.1 Objetivo General:

Elaborar un estudio de las aguas residuales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, el cual permita reducir la contaminación generada por estas a través de una propuesta de tratamiento de las mismas.

### 1.3.2 Objetivo Específicos:

- Determinar el caudal producido de aguas residuales en La Facultad Multidisciplinaria Oriental de La Universidad de El Salvador.
- Conocer el grado de concentración de sustancias contaminantes de las de aguas residuales producidas, por medio de pruebas de laboratorio.
- Establecer el tipo de tratamiento que se les dará a las aguas residuales producidas por La Facultad Multidisciplinaria Oriental en base al marco legal actual.
- Verificar el funcionamiento de los filtros biológicos en el tratamiento de las aguas residuales que actualmente existen.

## 1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.4.1 Alcances:

- Las pruebas que se les hará a las aguas residuales serán las mínimas que exige la Norma CONACYT NSO 13.49.01.09 Y la ley del medio ambiente en el decreto N°39 Reglamento Especial de Aguas Residuales.
- Se harán pruebas a las aguas residuales a la entrada de los sistemas de tratamiento actuales (Filtro biológico ubicado al nororiente de la biblioteca) en la facultad y a la salida de estos para verificar su funcionamiento.
- Los análisis que se harán será para aguas de tipo ordinario ya que la norma establece que para que un tipo de agua sea considerado de tipo especial tiene que provenir de una industria.
- El sistema de tratamiento que será propuesto se hará por sectores de acuerdo a la topografía y la ubicación de los diferentes puntos descargas. Por lo tanto se diseñara para el sector más desfavorable o que tenga mayor producción de caudal.
- Se realizará un estudio para determinar el caudal de aguas residuales producidas actualmente por La Facultad Multidisciplinaria Oriental.
- Proporcionar el sistema de tratamiento adecuado de acuerdo a la clasificación y a los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio de las aguas residuales

producidas en la Facultad Multidisciplinaria Oriental y a la capacidad económica de la misma.

- Se presentara un presupuesto anual de las aguas residuales provenientes del laboratorio de química.

#### 1.4.2 Limitaciones:

- Los análisis que se realizarán serán los mínimos que exige La Ley del Medio Ambiente y la CONACYT de acuerdo a la clasificación de las aguas residuales.
- El sistema de tratamiento que se propondrá será de acuerdo a la clasificación de las aguas residuales producidas en la facultad multidisciplinaria y de acuerdo a la capacidad económica y tecnológica de La Universidad de El Salvador.
- El estudio se limitará geográficamente a la zona perteneciente a la Facultad Multidisciplinaria Oriental.
- Los sistemas de tratamientos que se propondrán no incluirán el diseño estructural de los elementos que compongan a dichos sistemas de tratamiento ya que la investigación va enfocada a determinar el tipo de tratamiento y dimensionamiento de dichos elementos.
- Las aguas residuales provenientes del laboratorio de química no serán tomadas en el sistema de tratamiento que sea propuesto; ya que estas serán evacuadas por una empresa especializada en el área

## 1.5 METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.

Una de las partes que componen una investigación y que resultan de mayor importancia es el método.

La metodología de la investigación, científicamente es; un procedimiento general para lograr de una manera precisa el objetivo de la investigación. De ahí que la metodología nos presenta los métodos y técnicas para realizarla. Esta constituye la médula del plan; se refiere a la descripción de las unidades de análisis o de investigación, las técnicas de observación y recolección de datos, los instrumentos, los procedimientos y las técnicas de análisis. En una investigación el método es un elemento necesario, ya que es la clave para acercarnos a la verdad o llegar al conocimiento.

En forma concreta el Método Científico se resume a la observancia de las etapas de la Figura 1.1



FIGURA 1.1 ESQUEMA DEL MÉTODO CIENTÍFICO.

FUENTE: Guía para elaborar la Tesis-Santiago Zorrilla A., Miguel Torres X. Segunda edición. McGrawHill  
**“Propuesta para el tratamiento de las aguas residuales de la Facultad  
Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador”**

La investigación se divide en seis capítulos los cuales se describen a continuación:

**Capítulo I:** El primer capítulo consta del “Anteproyecto”. El anteproyecto es la base de la investigación y está compuesto por el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos, la delimitación y la metodología que se seguirá para llevar a cabo el estudio.

**Capítulo II:** El segundo capítulo es denominado “Marco Referencial” que es un contexto de referencia que enmarca el planteamiento del problema.

El Marco Referencial se divide en, marco histórico, marco teórico y marco normativo.

El Marco Histórico como su nombre lo indica hace referencia a la historia tanto de la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador como de las aguas residuales y su evolución en el ámbito nacional e internacional.

El marco teórico se refiere a una serie de descripciones a cerca del tema en estudio y es indispensable para el desarrollo de la investigación, ya que esto servirá al lector para familiarizarse con la terminología y conceptos que se utilizaran en el transcurso de dicho estudio.

En el marco normativo se hizo un compendio de toda la información legal relacionada la disposición y tratamiento de las aguas residuales vigente en nuestro país referida al estudio

**Capítulo III:** Este capítulo es llamado “Diagnóstico”; comprende la información relacionada con la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador,

como lo es la ubicación, población estudiantil administrativa y docente, organización y forma de gobierno, unidades prestadoras de servicios, el tipo de suelo, uso de suelo entre otros.

**Capítulo IV:** En el capítulo IV se hará la toma de medición de caudales de los diferentes puntos de descarga previamente ubicados así como la toma de muestras para su posterior análisis en un laboratorio y los datos de ahí obtenidos compararlos con los parámetros establecidos por la norma vigente.

**Capítulo V:** En el capítulo V se presenta la propuesta; como su nombre lo indica es en esta parte donde se darán a conocer las propuestas de mitigación al problema abordado en la investigación.

**Capítulo VI:** Este es el último capítulo y es en el que se dan a conocer las “Conclusiones y Recomendaciones” a las que se llega sobre el tema que se está investigando.

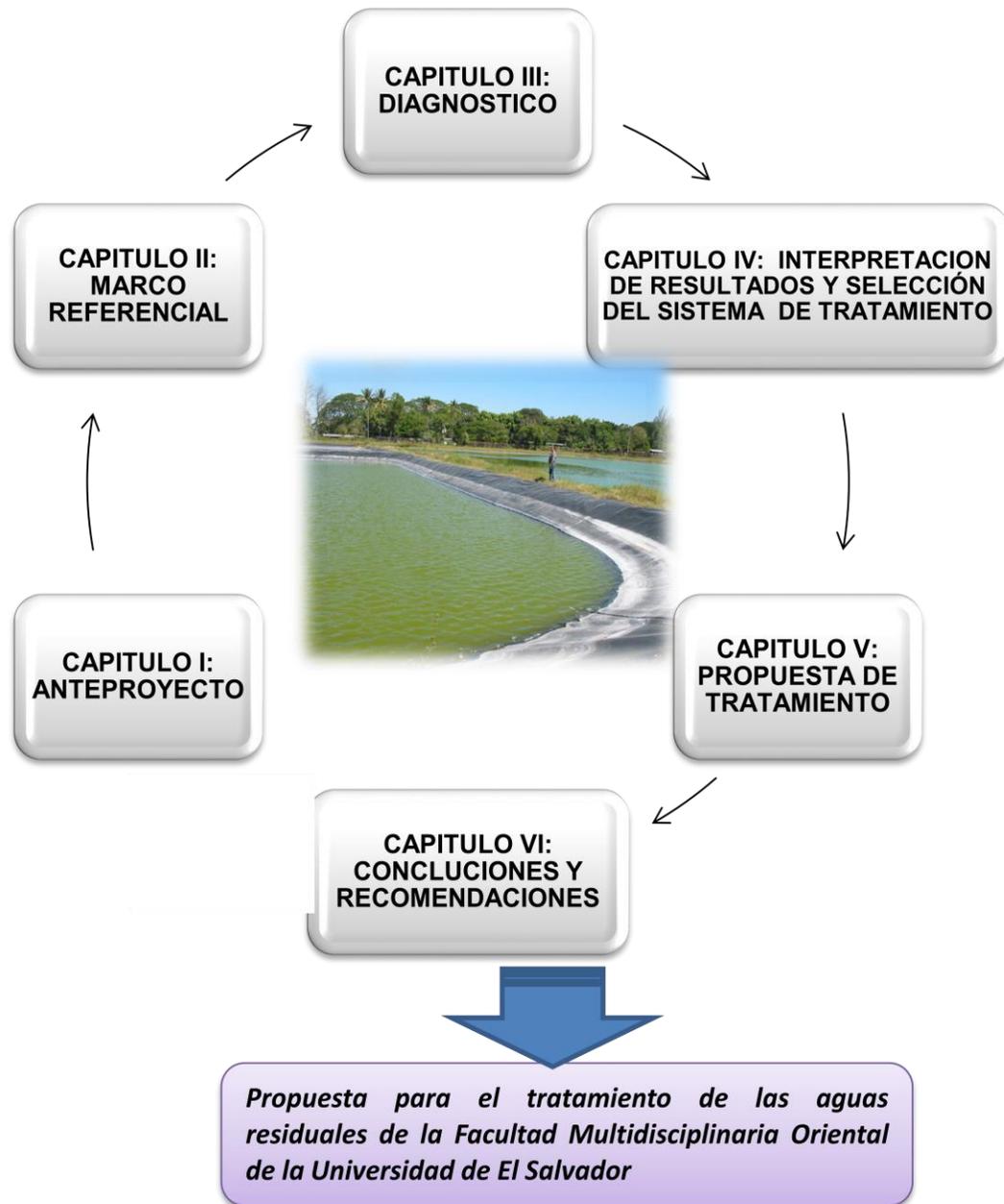


FIGURA I.2: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.

### **1.5.1 Procedimiento.**

#### **Etapas de Planificación.**

En primer lugar se llevó a cabo la elaboración del tema, se plantearon los objetivos que guiaron la investigación, los antecedentes del estudio y una justificación en la cual se explicó el porqué se realizaría la investigación dando forma a sí al perfil de investigación.

Una vez planteados los objetivos, hipótesis, metodología, la técnica, materiales, etc. incluyendo un cronograma de actividades generales y uno de actividades específicas estructurando el protocolo de la investigación; se procedió a la ejecución del estudio en la FMO.

Las acciones que comprende la realización del estudio incluyen la búsqueda, recopilación, selección, procesamiento y análisis, de la información existente, la que ha sido integrada con los trabajos de campo, a efecto de editar y elaborar el presente trabajo de investigación. Para poder desarrollar el trabajo de investigación se aplicará el método científico, como se explica a continuación:

### **1.5.2 Levantamiento de Información.**

En esta etapa de la investigación se hace necesario dividirla en dos fases.

1. Recopilación de información bibliográfica.
2. Recopilación de datos de campo.

En la primera etapa se obtendrá todo el material o bibliografía que sirva de apoyo a la investigación; para lo cual se realizarán visitas a empresas e instituciones como:

- Universidades.
- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

Todas estas visitas se realizarán con el objetivo de: encontrar antecedentes del tema en estudio, datos meteorológicos, mapas de suelo, mapas geológicos, mapas Hidrológicos del área de estudio, entrevistas con los profesionales de estas instituciones los cuales nos puedan dar una información que será de mucho interés para el desarrollo de nuestra investigación.

La segunda fase que es la recolección de datos la cual se llevará a cabo mediante visitas de campo en el área de estudio para el reconocimiento de las condiciones físicas mediante inspección visual para la determinación de los puntos de muestreo que sean estratégicamente los más adecuados.

### **Etapas de Ejecución.**

Mediante recorridos de campo verificamos el estado actual de las instalaciones físicas de los sistemas de tratamiento o disposición final de las aguas residuales. Se procedió a la realización del diagnóstico de la zona en estudio, determinación de los puntos de muestreo para su respectivo análisis en el laboratorio, determinación de los lugares estratégicos para la colocación de los medidores para la obtención de los diferentes caudales que se convierten en aguas residuales,

### **1.5.3 Análisis e interpretación de la información.**

Con toda la información bibliográfica recolectada y los datos de campo, se procede a ordenar la información y realizar los cálculos necesarios; para luego hacer el análisis e interpretación y así hacer la Propuesta Para El Tratamiento de Las Aguas Residuales de La Facultad Multidisciplinaria Oriental De La Universidad de El Salvador.

Sobre la base de toda la información obtenida, se procedió al análisis y procesamiento de la misma, para realizar el presente estudio, el cual fue complementado con las actividades siguientes:

- Recorridos de campo, para verificar, validar y analizar la información, recopilada para así determinar la posición adecuada de los puntos donde se tomaran las muestras para el análisis de las aguas residuales.
- Diseño, elaboración, análisis e interpretación de resultados de los análisis realizados por los laboratorios.
- En cada punto de medición de caudales se registraron los puntos de elevación y coordenadas con uso del sistema de posicionamiento global GPS

#### **1.5.4 Presentación de resultados.**

Con esta etapa se finalizará la investigación y es aquí donde se presentarán las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó con dicho estudio.

#### **1.5.5 Universo.**

El universo para este estudio, está constituido por la zona geográficamente perteneciente a la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador

### 1.5.6 Instrumentos.

- Decreto 50, Decreto 39 de La Ley Del Medio Ambiente
- Ley Reglamento del Medio Ambiente.
- La norma editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT NSO 13.49.01.09
- Muestras de agua residual para la realización del análisis de laboratorio.
- Medidores de Caudal de tuberías.
- Levantamiento topográfico de la Facultad Multidisciplinaria Oriental.
- Información meteorológica proporcionada por el SNET
- Trabajos de grado de diferentes universidades relacionadas con la temática abordada.
- Microsoft Office 2007.
- Land Desktop 2007.
- Inventario de los reactivos usados en laboratorios de lo FMO.

### 1.5.7 Material Y Equipo.

#### EQUIPO:

- Computadoras
- Cámara Fotográfica.
- G.P.S.
- Vehículo.
- Nivel fijo.
- Teléfono.

#### MATERIAL:

- Pala.
- Piocha.
- Barra de uña.
- Sierra para metal
- Pegamento de PCV.
- Cinta métrica.
- Cáñamo
- Guantes de hule
- Hieleras.
- Hielo.
- Frascos de vidrio de 1.0 lts de capacidad.
- Frascos plásticos de 1.0 lts de capacidad.

## **CAPITULO II**



## **MARCO REFERENCIAL**

## 2.1 MARCO HISTORICO.

### 2.1.1 Reseña Histórica De La Facultad Multidisciplinaria Oriental.

El 17 de junio de 1966, en sesión 304, el Consejo Superior Universitario fundó el Centro Universitario de Oriente (C.U.O) en la Ciudad de San Miguel, como una extensión de los estudios universitarios de la Universidad de El Salvador hacia el oriente del país.

En abril de 1967 se adquirió un terreno de 108 manzanas por gestiones del doctor Ángel Góchez Marín, en el Cantón el Jute Km 144½ salida al Cuco, donde se pretendía construir el campus universitario.

Las actividades académicas se iniciaron el 17 de mayo de 1969, 128 años después de la fundación de la Universidad de El Salvador en 1841, comenzando sus actividades académicas en dos locales alquilados en el centro de la ciudad iniciando con 91 alumnos, el número de docentes con que inicio el centro universitario no se pudo establecer por no existir registros.

El primer director fue el Dr. José Enrique Vinnatea; y las actividades académicas se iniciaron a través de tres departamentos que impartirían servicios de áreas comunes, los departamentos eran:

- Departamentos de Física y Matemática.
- Departamento de Ciencias Biológicas y Químicas.
- Departamento de Ciencias Sociales, Filosofía y Letras.

Fue hasta el año de 1984 que dicho Centro se trasladó al terreno antes mencionado; cuando contaba con infraestructura adecuada, personal idóneo y docentes con capacidad profesional.

En 1988 el Consejo Superior Universitario aprobó el Reglamento de Gobierno de los Centros Regionales, el cual establece una nueva cultura académica administrativa que permitiría ampliar su capacidad de servicio; creándose los departamentos homólogos o las facultades, exceptuándose odontología y permitiéndole crecer de manera espontánea las diferentes carreras que hoy se tienen.

El Centro Universitario de Oriente se denominó “Facultad Multidisciplinaria Oriental”, el 4 de Junio de 1992 según acuerdo 39-91-95-IX del Consejo Superior Universitario, con todas las atribuciones y deberes del resto de facultades.

La Facultad Multidisciplinaria Oriental es una unidad regional de la Universidad de El Salvador creada para extender los servicios de los docentes de investigación y extensión universitaria en la zona oriental.

### **Misión y Visión.**

#### **Misión de la Facultad Multidisciplinaria Oriental.**

“Formar profesionales capacitados integralmente para interactuar en la sociedad salvadoreña mediante la investigación, la proyección social y la docencia, con objeto de contribuir a la solución de los problemas que atañen a su desarrollo como libre, popular, democrática y humanística”

#### **Visión de la Facultad Multidisciplinaria Oriental.**

“La Facultad Multidisciplinaria Oriental aspira a convertirse en el ente rector de la educación superior en la región oriental, incidir eficazmente en el desarrollo nacional y regional; asimismo, propiciar el rescate de la identidad cultural, de sus normas y valores, a fin de alcanzar una sociedad más justa”

### **Sistema de Dirección Académica y Administrativa.**

Dicha Facultad está organizada académicamente en los siguientes departamentos:

- Departamento de Medicina.
- Departamento de Ciencias Agronómicas.
- Departamento de Ciencias Jurídicas.
- Departamento de Ciencias Económicas.
- Departamento de Química y Farmacia.
- Departamento de Ciencias Naturales y Matemática.
- Departamento de Ciencias y Humanidades.
- Departamento de Ingeniería y Arquitectura.

Además de los departamentos de la facultad cuenta con las siguiente Unidades

Administrativas:

- Administración General.
- Unidad de Recursos Humanos.
- Unidad de Servicios Generales.
- Unidad de Desarrollo Físico.
- Administración Financiera.

- Administración Académica.
- Unidad de Proyección Social.
- Unidad de Planificación.
- Unidad Bibliotecaria

Los Órganos Directrices de esta facultad son:

- 1- Órganos de gobierno: Junta Directiva.
- 2- Funcionarios ejecutivos: El Decano y Vicedecano.
- 3- Funcionarios Auxiliares: Secretario General de la Facultad.

### **2.1.2 Reseña Histórica de la Evolución o Desarrollo del Tratamiento de Las Aguas Residuales.**

Cuando las comunidades estaban repartidas en pequeños grupos aislados sobre extensas superficies del suelo, la naturaleza les brinda con profusa generosidad todos los elementos necesarios para la vida; el aire que se respiraba puro, el agua no contenía sustancias u otros organismos perjudiciales y la naturaleza se encargaba de transformar rápidamente la materia orgánica nociva.

A medida que los grupos fueron numerosos y compactos, la superficie ocupada por ellos aumento y sobre cada área determinada, se encontraban mayor número de habitantes.

Al cambiar la vida de nómada a sedentaria, surgieron factores cada vez más graves de insalubridad en el medio ambiente.

Del concepto de polución incluido en el glosario por la “Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria” (AIDIS), se dice que “polución es la Alteración que sufren las aguas (superficiales o no) en su composición o condición, directa o indirectamente como

resultado de las actividades del hombre y que las hacen inadecuadas para el o los usos en que podrían utilizarse si estuvieran en su estado natural”, se deduce que el problema de la polución de las aguas superficiales es tan viejo como el hombre mismo. Sin embargo sus efectos fueron sostenibles cuando la humanidad transformó su vida nómada en sedentaria, creando las primeras concentraciones humanas que con el tiempo se han convertido en ciudades.

Como el agua ha sido siempre uno de los elementos indispensables para la vida, conforme los agrupamientos humanos crecieron, el hombre comenzó a preocuparse por obtener agua adecuada y en cantidad suficiente para su alimentación y demás usos domésticos.

Prueba de esta preocupación se tiene en las diversas obras hidráulicas construidas por las antiguas civilizaciones.

Las de Babilonia, en las que se alejaban por tuberías las aguas servidas, arrastrando materias fecales.

En Jerusalén, las aguas residuales del templo y de la ciudad se conducían hacia dos estanques donde se cumplían etapas de depuración, siendo utilizados los líquidos para riego y los sólidos decantados para abono en los jardines del Valle de Cedrón.

Los romanos conocían también las necesidades higiénicas que deben aplicarse a núcleos poblados, y el uso de la letrina fue obligatorio por ley.

En tiempos de Tarquino Prisco, quinto rey de roma (588 A.C.), se construyó la célebre cloaca máxima gran colector destinado a sanear el foro romano, subsistiendo hoy en día después de más de 2500 años.

Agripa (Marco Vizancio, general Romano 63-12 A.C.) hizo una red de cloacas secundarias llamadas “cloaculas”.

Es oportuno hacer notar que desde los días de Frontinue hasta más de la mitad del siglo XIX, no hubo ningún progreso marcado en los alcantarillados.

Fue en la época de las cruzadas que aparecieron las enfermedades en el Oriente; La Lepra, La Viruela, La Tifoidea, La Sífilis y otras.

La carencia de higiene, de cloacas y la existencia de viviendas sucias y mal ventiladas, eran factores para el desarrollo de las epidemias, de las cuales la que impacto, según datos históricos, fue la del siglo XIV, la gran plaga o la muerte negra, la peste bubónica que asolo Asia, África y Europa, comenzó al norte de China y en menos de un año elimino a 13 millones de personas, y en Asia otros 24 millones.

En Venecia murió casi toda la población; en Paris, las dos terceras partes; en Bolonia y Ferrara morían 2000 por día. Luego paso a toda Alemania y Francia, aniquilando casi las dos quintas partes de su población.

Fue precisamente ante las epidemias de Cólera en Europa en el siglo XIX, cuando por primera vez se dan pasos firmes en el conocimiento de la causa de las epidemias y en la lucha contra las mismas; los investigadores llaman a este periodo con razón “El Gran Renacimiento Sanitario” (MASKEW FAIR, GORDON-GEYER, CHARLES JOHN OKUN, DANIEL ALEXANDER. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Cap. I. Pago. 15. Volumen I, Grupo Noriega Editores, Año 1987).

Cuando el agua estuvo en las ciudades surgió el problema inverso: Como deshacerse de las aguas servidas. La solución más fácil fue echarla a las calles. El foso construido en los terrenos adyacentes a las casas fue la primera manifestación de preocupación por quitar las aguas servidas de las calles.

Las excretas se disponían individualmente en letrinas de foso. Después con el mayor desarrollo urbano, surgieron los primeros rudimentos de alcantarilla, con secciones de formas diversas, que vertían el efluente a los ríos y en algunos casos lo utilizaban para riego. Las obras hidráulicas construidas en la antigüedad y otras prácticas de salubridad hicieron posibles concentraciones tan importantes como Babilonia, Alejandría, Roma y otras.

Posiblemente una de las causas del proceso lento en la construcción de redes para aguas negras, sea el que sea, trata de obras costosas y que por quedar enterradas no se ven. Esto ocurre en la actualidad, por ejemplo, cuando algún Alcalde tiene un dinero disponible y en vez de pensar en iniciar la construcción de las cloacas en su pueblo

se decide por construir un parque, una torre para reloj, etc. Que le dará “Crédito” ante sus conciudadanos.

Fue hasta mediados del siglo pasado que se comenzó a considerar como problema el vertimiento libre de las cloacas en los ríos y mares, dando por origen el tratamiento del albañal a fines del mismo siglo cuando Pasteur probó con éxito los tanques de contactos y lechos percoladores. Sin embargo los modernos procesos de depuración de las aguas negras no se desarrollaron sino hasta principios del presente siglo simultáneamente con las purificaciones de las aguas de consumo.

En algunos países avanzados también se considera como polución de las aguas superficiales el vertimiento de las aguas de caldera con temperatura mayor que la del curso receptor, aunque las condiciones químicas no se alteren, (Inglaterra, Estados Unidos), y así se hace constar en las respectivas legislaciones.

La ciencia moderna ha establecido diversas pruebas para determinar la calidad de las aguas superficiales así como también la de las aguas negras (domesticas e industriales) que se vierten en aquellas, con el objeto de poder fijar las normas necesarias para el vertimiento en cuestión. Las más importantes es probablemente el contenido de oxígeno disuelto (O.D.) que se expresa generalmente en porcentaje de saturación o en partes por millón.

Otra prueba es importante es la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.) que se expresa en partes por millón.

La cantidad de oxígeno disuelto depende de lo que ha estado sucediendo recientemente en las aguas del río y la demanda bioquímica de oxígeno da una indicación de lo que está sucediendo al ocurrir la polución. Otras pruebas usuales son la determinación de sólidos suspendidos, así como también la existencia de amoníaco,

nitrato o nitritos. Aun cuando la primera preocupación por el problema causado con el vertimiento libre de las aguas negras a los ríos, lagos o mares fue debido más que todo a la polución biológica patógena o contaminación que dichas aguas producían, en la actualidad también se tiene en consideración otros aspectos tales como los daños causados a los abastos de aguas para la industria, la agricultura, la pesca, etc.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL.

### 2.2.1 Definiciones Básicas.

Para el correcto entendimiento del presente documento se presenta el siguiente glosario:

**Niveles permisibles de concentración:** Valores o parámetros que establecen el máximo grado de concentración de contaminantes que pueden ser vertidos en una fuente.

**Impacto Ambiental:** Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del medio ambiente, provocadas por la acción humana o fenómenos naturales en un área de influencia definida.

**Caudal:** Volumen de agua por unidad de tiempo.

**Medio Receptor:** Todo sitio, río, quebrada, lago, laguna, manantial, embalse, manglar, pantano y otros previamente autorizados, dónde se vierten aguas residuales, excluyendo el sistema de alcantarillado.

**Muestra Simple:** Aquella tomada en forma inmediata, de tal forma que el tiempo empleado en su extracción sea el transcurrido para obtener el volumen necesario.

**Muestra compuesta:** Dos o más muestras simples que han sido mezcladas en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado promedio representativo de sus características. Las proporciones se basan en mediciones de tiempo o de flujo.

**Sistema de tratamiento:** Conjunto de procesos físicos, químico o biológicos, que se aplican al agua residual.

### 2.2.2 Definición Conceptual de Aguas Residuales.

**Definición Conceptual:** Es el agua que ha recibido un uso y cuya calidad ha sido degradada por la incorporación de agentes contaminantes. Es el residuo líquido transportado por una alcantarilla sanitaria, el cual puede incluir descargas domésticas industriales, así como también aguas lluvias, infiltraciones y flujos de entrada. (Según CONACYT NSO).

### 2.2.3 Definición Operacional de Aguas Residuales.

**Definición Operacional:** son todas aquellas aguas que ha sido generada por las actividades humanas las cuales debido a que ya han sido utilizadas contienen material disuelto y en suspensión; Lo cual hace que se produzcan cambios tanto en las características físicas, químicas, como biológicas; y este cambio produce un efecto en mayor o menor grado el medio ambiente, incluyendo la salud del hombre.

### 2.2.4 Clasificación de Las Aguas Residuales.

**Agua residual de tipo ordinario:** Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como uso de servicio sanitarios, lavatorio, lavado de ropa y otras similares. (Según CONACYT NSO).

**Agua residual de tipo especial:** Agua residual generada por las actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se considera de tipo ordinario. (Según CONACYT NSO).

## 2.2.5 Características de Las Aguas Residuales.

### 2.2.5.1 Características Físicas:

Estas dan a conocer el olor, la apariencia y aceptabilidad del agua de una manera general.

Las aguas residuales en su mayoría contienen grandes cantidades de sólidos, estos pueden estar disueltos, suspendidos o flotando y su determinación es importante en las obras de ingeniería sanitaria, porque nos indica la concentración de las aguas negras en un determinado caudal y la intensidad como índice de su potenciabilidad para causar prejuicios, y además permite estimaciones en cuanto a la reducción de los sólidos que se puede llevar a cabo en las distintas etapas del proceso de tratamiento.

Dentro de las características físicas podemos mencionar:

**Sólidos Totales:** constituyen la materia orgánica e inorgánica presente en las aguas residuales. Las aguas negras pueden ser diluidas o concentradas, dependiendo de la cantidad de agua en la cual se encuentran en suspensión y la cantidad de sólidos contenidos; estos son importantes como indicios de la concentración de aguas negras, y de la intensidad del tratamiento necesario.

**Sólidos Suspendidos:** Son todos aquellos que se encuentran en suspensión y que algunos son perceptibles a simple vista en el agua, por lo general son materias sólidas y gruesas como: polvo, arcillas, astillas de madera, papel, partículas de alimento, materias fecales, basuras y otros semejantes. Estos sólidos pueden separarse del agua por medios físicos y químicos, como sedimentación, filtración y adición de coagulantes.

**Sólidos Disueltos:** Los sólidos disueltos propiamente dichos de las aguas residuales se componen de moléculas orgánicas e inorgánicas, que se encuentran en disolución en el agua.

**Sólidos Sedimentables:** Los sólidos sedimentables definen aproximadamente la cantidad de materia orgánica en suspensión y sedimentable que se obtiene en el agua tratada a través del proceso físico sedimentación. Son una parte de los sólidos suspendidos con tamaño y peso necesario para su sedimentación, cuyo periodo generalmente es una hora.

**El Color:** puede proporcionar una idea preliminar de los contaminantes presentes y además es un elemento de gran ayuda determinar el origen de la contaminación.

El agua residual al ser descargada su color es gris-blanco y tienen un olor no desagradable, a medida que pasa por el estado de descomposición realizado por bacterias, el oxígeno disuelto se reduce a cero, y su color cambia gradualmente de gris a negro, desarrollando un olor ofensivo y desagradable; es cuando los sólidos negros aparecen flotando en la superficie y en todo el líquido, denominándose en este momento aguas sépticas.

**Turbidez:** La turbidez de una muestra de agua es la medida de la interferencia que presentan las partículas en suspensión al paso de luz. Se debe a la arcilla, al lodo, a las partículas orgánicas, a los organismos microscópicos y a cuerpos similares que se

encuentran suspendidos en el agua. La turbidez nos da una noción de la apariencia del agua y sirve para tener una idea acerca de la eficiencia de su tratamiento.

Este parámetro puede ser medido en el laboratorio, con un aparato llamado turbidímetro y el resultado UTN (Unidad Nefelometría de Turbiedad).

**Olor:** Es la impresión producida en el olfato por las materias contenidas en el agua. Debe recordarse que el cloro, además de ser desinfectante, puede quitar el olor, e impedir la proliferación de algas. Sin embargo, cuando el cloro está presente en exceso, puede producir olor en el agua.

Las aguas negras domésticas normales son prácticamente inodoras. Los olores putrefactos indican que las aguas negras están alteradas o son sépticas.

**Potencial De Hidrogeno (PH):** con este examen solo determinamos si el agua es ácida (aquella característica que provoca la corrosión de las tuberías de hierro) neutra o básica.

El pH es un parámetro que mide la intensidad ácida o alcalina del agua. Los valores de potencial de hidrógeno (pH) van de 0 a 14; valores por debajo de 7 denotan acidez creciente, el valor de 7 indica la neutralidad y los valores por encima de 7 indican alcalinidad creciente.

**Temperatura:** La temperatura del agua es un parámetro muy importante por su efecto en la vida acuática; pues un cambio repentino de ésta puede repercutir en un alto porcentaje de mortalidad de la vida acuática y el crecimiento acelerado de algas y hongos.

#### 2.2.5.2 Características Químicas:

Las aguas residuales contienen materia orgánica e inorgánicas provenientes de los residuos animales, vegetales y de actividades humanas, así como los diferentes

desechos que no son degradables como los productos de limpieza y desinfectantes, lo cual altera las características químicas de las aguas en presencia de ciertos compuestos tales como: nitrógeno total, fósforo total, aceites y grasas.

En este sentido existen parámetros que miden el grado de contaminación relacionado con el oxígeno consumido. En las pruebas conocidas como: Demanda Química de Oxígeno (DQO) y demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) considerados de mayor importancia dentro del proceso de tratamiento de aguas residuales.

**Las características químicas se dividen en cuatro categorías:**

- Materia Orgánica
- La medida del contenido orgánico
- La materia inorgánica
- Los gases que se encuentran en el agua residual

a) **MATERIA INORGÁNICA:** Son varios los componentes inorgánicos de las aguas residuales y naturales que tienen importancia para el establecimiento y control de la calidad del agua. Las concentraciones de sustancias inorgánicas en el agua aumentan por la formación geológica con la que el agua entra en contacto y también por las aguas residuales tratadas o sin tratar que se descargan a ella. Las aguas naturales disuelven parte de las rocas y minerales con las que están en contacto. Las concentraciones de los distintos constituyentes inorgánicos pueden afectar mucho a los usos del agua; conviene utilizar la naturaleza de algunos, especialmente de las añadidas al agua superficial por el ciclo de su utilización.

**Nitrógeno Total:** Constituye uno de los principales elementos nutritivos en la descarga, ya que sirven de aumento a los microorganismos responsables de la estabilización de la materia orgánica, dándole energía para sus actividades y su desarrollo en una planta de tratamiento de aguas residuales por medios biológicos.

Este elemento propicia el crecimiento acelerado de las algas en las aguas residuales, produciendo eutrofización, o sea un intenso desarrollo de la flora acuática, lo que conlleva a un elevado consumo de oxígeno que es sustraído del cuerpo hídrico.

**PH:** La concentración del ión hidrógeno es un importante parámetro de calidad tanto de las agua naturales como de las residuales. El agua residual con una concentración observada de ión de hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos, y si la concentración no se altera antes de la evacuación, el afluente puede modificar la concentración de las aguas naturales.

**Compuestos Tóxicos:** El cobre, plomo, plata, cromo, arsénico, y boro son tóxicos para distintos grados para los microorganismos y por tanto deben tenerse en consideración al proyectar una planta de tratamiento biológico, la mayoría provienen de vertidos industriales y deben ser eliminados antes de su vertido en vez de mezclarlos con el agua residual municipal.

**b) MATERIA ORGÁNICA:** En un agua residual de concentración media, un 75% de sólidos suspendidos y un 40% de los sólidos filtrables son de naturaleza orgánica. Proceden de los reinos animal y vegetal y de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos, éstos compuestos orgánicos están formados generalmente por una combinación de carbono, hidrógeno y oxígeno, junto con nitrógeno en algunos casos. Hierro, azufre y fósforo también pueden estar presentes. Las proteínas, carbohidratos, grasas y aceites son los principales grupos de sustancias orgánicas halladas en el agua residual.

**Grasas Y Aceites:** Son sustancias que interfieren con el paso del oxígeno de la atmósfera al agua y con la penetración de los rayos solares en el recurso hídrico.

Las grasas y aceites acceden al agua residual como mantecas de animales, grasas y aceites vegetales, mantequillas y las sustancias grasosas.

Las grasas no se descomponen fácilmente por las bacterias (difícil biodegradación), debido a que es uno de los compuestos orgánicos más estables; sin embargo las atacan ácidos minerales, formándose la glicerina y el ácido graso.

**Proteínas:** Las proteínas presentes en grandes cantidades es posible que produzcan olores desagradables debido a su descomposición.

**Pesticidas Y Productos Químicos:** No son compuestos comunes del agua residual, sino que se incorporan fundamentalmente como corrientes de parques y campos agrícolas.

Las concentraciones de estos productos químicos pueden dar como resultado la muerte de peces, contaminación de carne de pescado, absorción por moluscos con la posibilidad de incorporación a la cadena alimenticia, además empeoran el suministro de agua.

- c) **MEDIDA DEL CONTENIDO ORGANICO:** Los métodos utilizados hoy en día para determinar la cantidad de nitrógeno y oxígeno para mantener la actividad biológica en los procesos de tratamiento de aguas residuales son:

**Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>):** Representa la cantidad de oxígeno consumida en el proceso de oxidación de la materia orgánica biodegradable presente en el agua, realizado por microorganismos en cinco días bajo condiciones aerobias.

La prueba de la demanda bioquímica de oxígeno es para conocer la eficiencia en las plantas de tratamiento, en lo que a la remoción de materia orgánica se refiere, además proporciona el grado de contaminación de los recursos hídricos.

Es un factor en la elección del sistema de tratamiento y usado para determinar el tamaño de ciertas unidades y cantidad de oxígeno requerido por microorganismos responsables de la depuración.

La cantidad de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el agua residual se relaciona con la cantidad de materia orgánica, es decir, a menor cantidad de materia oxidable, menor resulta la Demanda Bioquímica de Oxígeno; la presencia la Demanda Bioquímica de Oxígeno significa descargas de contaminación orgánica, provenientes de las alcantarillas u otras descargas.

Es un proceso lento y teóricamente tarda un tiempo infinito para oxidar completamente la materia orgánica, pero para propósitos prácticos la reacción se considera completa al cabo de 20 días, en un 95-99% de la demanda bioquímica de oxígeno total, sin embargo, el análisis ha sido normado en un periodo de incubación de 5 días, basándose en la experiencia que en ese tiempo se ha extraído aproximadamente el 70% de la Demanda Bioquímica de Oxígeno total

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Se emplea para medir la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica biodegradable y no biodegradable. El equivalente de oxígeno de la materia orgánica que al oxidarse se mide utilizando un fuerte agente químico oxidante como el dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ).

El resultado de la DQO siempre será mayor o igual que el dato de DBO, debido a que es mayor el número de compuestos que pueden oxidarse por vía química que biológica.

Resulta útil la correlación de la DQO con la DBO, ya que la DQO es un análisis fácil de ejecutar y nos entrega la cantidad exacta de consumo teórico de oxígeno necesario para la oxidación de todas las sustancias orgánicas e inorgánicas cinco días que supone la DBO.

**Demanda Total de Oxígeno:** En éste ensayo las sustancias orgánicas y, en menor escala las inorgánicas se transforman en productos finales estables dentro de una cámara mediante una combustión catalizada con platino. La DTO. Se determina observando el contenido de oxígeno presente en el gas que transporta el nitrógeno.

- d) **GASES:** Los gases más frecuentes encontrados en el agua residual son el nitrógeno ( $N_2$ ), Oxígeno ( $O_2$ ), anhídrido carbónico ( $CO_2$ ), sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), amoníaco ( $NH_3$ ), y metano ( $CH_4$ ). Los tres últimos proceden de la descomposición de materia orgánica presente en el agua residual.

### 2.2.5.3 Características Biológicas:

Las aguas negras especialmente las de origen biológico contienen incontables organismos vivos. En la materia orgánica estos son la parte viva que se encuentran en las aguas residuales y la presencia de estos es el motivo para el tratamiento de las mismas.

Los microorganismos perjudiciales, son gérmenes patógenos que provienen generalmente del tracto intestinal de personas o animales enfermos.

### 2.2.6 Métodos de Tratamiento de Aguas Residuales.

El tratamiento de las aguas residuales consiste en la remoción de los componentes indeseables que contiene, esto se logra a través de mecanismos de tipo físicos, químicos y biológicos. *Los métodos se clasifican por lo general en operaciones físicas unitarias, procesos químicos unitarios y procesos biológicos unitarios.* En los sistemas de tratamiento se realizan combinaciones de estas operaciones y procesos:

1. *Operaciones Físicas Unitarias:* son aquellos métodos en los que predomina la aplicación de fuerzas físicas. Ejemplo: floculación, sedimentación, flotación, filtración, tamizado, mezcla y transferencia de gases.
2. *Proceso Químicos Unitarios:* en estos métodos la remoción o transformación de contaminantes se produce por adición de insumos químicos o por reacciones químicas. Ejemplo: proceso de precipitación, adsorción y desinfección.
3. *Procesos Biológicos Unitarios:* con estos métodos la remoción de contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica ya sea de forma aerobia o anaerobia. Ejemplo: filtros percoladores, procesos de lodos activados, biodiscos, lagunas de estabilización, digestores anaerobios, reactor anaerobio de flujo ascendente, filtro anaerobio, lagunas anaerobias, etc.

### 2.2.7 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.

Dentro de los sistemas de tratamiento se pueden clasificar de acuerdo a los métodos utilizados para el tratamiento de aguas residuales, así tenemos:

- Sistemas mecanizados
- Sistemas no mecanizados

**Sistemas Mecanizados:** Son aquellos que por medio de la mecanización se logra reemplazar las operaciones manuales y con frecuencia se sustituyen funciones y controles que no pueden desempeñarse a mano sino a través de la mecanización.

**Sistemas No Mecanizados:** Los sistemas no mecanizados y de tecnología apropiada tienen la característica especial de aprovechar los medios naturales y materiales, así el agua residual podrá desplazarse a través del sistema utilizando únicamente la energía gravitatoria proporcionada por las pendientes topográficas.

### 2.2.8 Etapas del Tratamiento de Las Aguas Residuales.

La remoción de los componentes indeseables en las aguas residuales se logra mediante las diferentes etapas de tratamiento:

#### 1. Tratamiento Preliminar o Pre tratamiento:

- a. Rejas
- b. Desmenuzadores.
- c. Desengrasadores.
- d. Tanques de compensación.
- e. Desarenadores.
- f. Medidor de Caudal (Parshall).

#### 2. Tratamiento Primario.

- a. Tanques de sedimentación.
- b. Fosa Séptica.
- c. Tanques Imhoff.

#### 3. Tratamiento Secundario o Biológico.

- a. Filtros Percoladores.
- b. Procesos de lodos Activos.
- c. Lagunas de Estabilización.
- d. Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente.
- e. Biodiscos.

#### 2.2.8.1 Tratamiento Preliminar a Pretratamiento.

Los tratamientos preliminares son destinados a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento subsiguiente sin perjudicar a los equipos mecánicos y

sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en los tanques. Sirven también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento tales como grandes variaciones de caudal y de composición y presencia de materiales flotantes como aceites, grasas y otros.

**Los objetivos del tratamiento preliminar o pre-tratamiento son:**

- a. Acondicionar el agua residual para ser tratada en las siguientes etapas del proceso de tratamiento.
- b. Remover materiales que pueden interferir con los equipos y procesos de tratamientos aguas abajo.
- c. Reducir la acumulación de materiales en los procesos ubicados aguas abajo del tratamiento preliminar.

Las unidades de tratamiento preliminar o pre-tratamiento más importantes son:

- a. Rejas.
- b. Desmenuzadores.
- c. Desengrasadores.
- d. Tanques de compensación.
- e. Desarenadores.
- f. Medidor de Caudal (Parshall).

**Rejas:** Son dispositivos constituidos por barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas, las cuales pueden ser rectas o curvadas. Su finalidad es retener los sólidos gruesos de dimensiones relativamente grandes que estén en suspensión o flotantes.



**Figura 2.1** Ejemplo de rejas de pre tratamiento.

Los materiales retenidos son principalmente papel, estopa de talleres (waipe), trapos, productos de la higiene femenina, cáscaras de frutas, restos vegetales, pedazos de maderas, tapones de botellas, latas, materiales plásticos, cepillos y otros objetos que pueden pasar por los inodoros o por las aberturas de los pozos de visita de la red de alcantarillado.

Las rejas son empleadas para proteger contra obstrucciones las válvulas, bombas, equipos de aireación, tuberías y otras partes de la planta de tratamiento. También contribuyen a dar una mejor apariencia a la planta de tratamiento y reducen el volumen de flotantes.

Las rejas pueden clasificarse de acuerdo con relación al sistema de limpieza de las mismas en:

- 1) Rejas Sencillas de Limpieza Manual: se emplean en instalaciones pequeñas (caudal de hasta 20 lts/seg.) y con espaciamiento relativamente grande, son instaladas aguas arriba de rejas mecanizadas, bombas de gran capacidad, turbinas, etc. Esto con el

propósito de proteger estos equipos de los daños que puedan causarles los objetos de grandes dimensiones.

- 2) Rejas Mecanizadas de Accionamiento Mecanizado: se emplean en instalaciones relativamente grandes y requieren de una labor de mantenimiento muy cuidadosa por lo que deben ser empleadas solo si es estrictamente necesario.

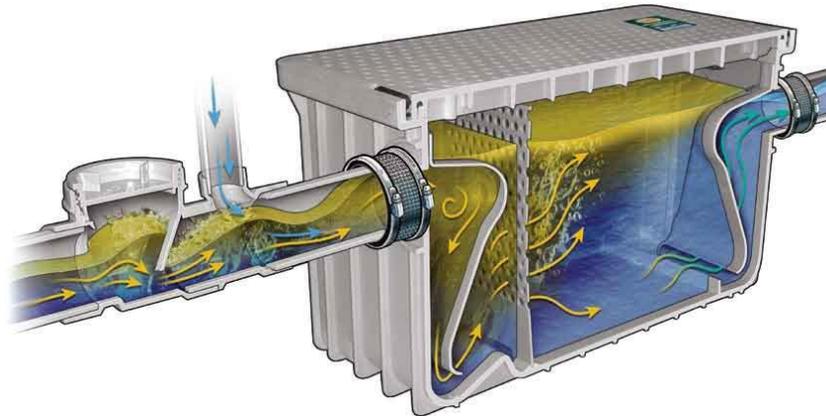
*Inclinación Y Dimensiones de Las Barras:* En instalaciones de limpieza manual la inclinación de las rejas oscila entre 30° y 45°, mientras que en instalaciones mecanizadas este valor oscila entre 60° y 90° de acuerdo al equipo empleado aunque con frecuencia este ángulo es de 75° respecto a la horizontal.

Las barras son por lo general de sección rectangular y sus dimensiones dependen del largo de las barras y del mecanismo de limpieza. En instalaciones grandes se emplean secciones de hasta 13x60mm mientras que en pequeñas plantas se emplean secciones de 6x40mm.

- Velocidad de Flujo: Este es un factor muy importante a tener en cuenta, ya que si la velocidad de flujo es muy baja puede generarse un incremento indeseable de material retenido y sedimentación en el canal de acceso, mientras que si la velocidad es alta fomenta el arrastre de material que debería ser retenido. Son recomendables las velocidades entre 0.3m/seg. Y 0.60 m/seg. Debiendo verificarse estos límites para el caudal mínimo, medio y máximo.

**Desengrasadores (trampa de grasa):** Los desengrasadores en general solo son empleados: Cuando hay desechos industriales conteniendo grandes cantidades de aceites y grasas. Previo al lanzamiento submarino de aguas residuales.

Los líquidos, pastas y demás cuerpos no visibles con el agua, pero que tienen un peso específico menor y por lo tanto tienen tendencia a flotar en su superficie, pueden ser retenidos en dispositivos muy simples, denominados tanques desengrasadores, tanques receptores o trampas de grasas.



**Figura 2.2** Trampa de grasas (esquema ilustrativo).

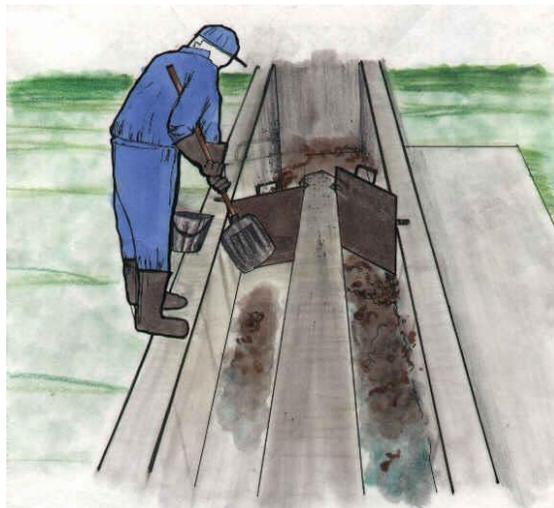
Los desengrasadores deben propiciar una permanencia tranquila del agua residual durante el tiempo suficiente para que una partícula a ser removida pueda recorrer la trayectoria entre el fondo y la superficie.

- *Tiempo de Retención:* Con aceites, animales o hidrocarburos (aceites “minerales”), cuya densidad está alrededor de 0,8 Kg. /litro, basta la permanencia de 3 minutos en las unidades pequeñas (hasta los 10 l/s), de 4 minutos en las medias (10 a 20 l/s) y 5 minutos en las mayores (mayores más de 20 l/s). Este aumento de tiempo con el aumento de caudal se origina del hecho que el recorrido es más largo en las unidades más grandes debido a la mayor profundidad.
- *Formas de Los Desengrasadores:* El fondo debe ser fuertemente inclinado en dirección a la salida para evitar la acumulación de sólidos sedimentables y arrastrarlos hasta la salida. Una cortina junto a la entrada evita la turbulencia, mientras que otra, junto a la salida, llegando casi hasta el fondo, ejecuta la doble función de retener la grasa, aceites y solventes y de sacar por el fondo el lodo

formado por las partículas sedimentadas. Así se minimiza la frecuencia de limpiezas necesarias.

**Desarenadores:** Los desarenadores son unidades destinadas a retener la arena y otros detritos minerales y pesados que se encuentran en las aguas residuales (casco res, guijarros, pedazos de ladrillo, partículas metálicas, carbón, tierra y otros). Estos materiales son originados de operaciones de lavado, así como de riadas, infiltraciones, desechos industriales, etc.

La remoción de la arena tiene como finalidad proteger las bombas contra desgaste, evitar obstrucciones de tuberías e impedir la formación de depósitos de material inerte en el interior de sedimentadores y digestores.



**Fig.2.3** Ejemplo de desarenador de limpieza manual.

#### *Principio de funcionamiento*

Las condiciones dinámicas de una corriente líquida, en especial la turbulencia, son responsables del transporte de partículas sólidas más densas que el agua. Esas partículas son conducidas en suspensión o son arrastradas por tracción junto al fondo de los canales o tuberías.

En el régimen laminar no se verifica el transporte de sólidos en suspensión.

La capacidad de transporte de las aguas en movimiento varía con la sexta potencia de su velocidad. La cantidad de material en suspensión que un curso de agua puede transportar es siempre una función de su grado de turbulencia. La sedimentación de este material se logra mediante la alteración del régimen dinámico de la corriente líquida.

En canales o tanques apropiados se reduce la velocidad del agua hasta valores que permitan la deposición de las partículas, lo que se verifica en función de las velocidades de sedimentación.

- *Tipos de Desarenadores.*

Los desarenadores pueden ser diseñados como canales con velocidad controlada o como tanques de sección cuadrada o circular y de área adecuada a la sedimentación de las partículas a remover.

Los desarenadores pueden ser o no equipados con mecanismos. En general sólo se emplean equipos mecanizados en las grandes plantas de tratamiento. Recientemente se están empleando cada vez más desarenadores con aeración con movimiento en espiral, prácticamente insensibles a grandes variaciones de caudal.

- *Velocidad en Los Desarenadores*

En los canales de remoción de arena la velocidad recomendable es del orden de 0,30 m/s. Velocidades inferiores a 0,15 m/s permiten la deposición simultánea de cantidades relativamente grandes de materia orgánica, y al revés velocidades por encima de 0,40 m/s permiten el arrastre de partículas perjudiciales de arena. Por esto se debe

procurar controlar y mantener la velocidad del flujo alrededor de 0,30 m/s con tolerancia de 20% en exceso o defecto. El caudal varía continuamente en las plantas de tratamiento, logrando alterarse en consecuencia la altura de la lámina de agua en el desarenador.

Para que se mantenga la velocidad dentro de límites deseables se hace el diseño del desarenador con una sección adecuada y se instala aguas abajo un vertedero apropiado que tendrá también la función de dispositivo controlador de la velocidad. Existe una interdependencia íntima entre la sección transversal del canal y la geometría del vertedero (tipo, forma y tamaño).

#### *Áreas de Los Desarenadores:*

Destinándose a la sedimentación de partículas granulares discretas, los desarenadores pueden ser dimensionados por la teoría de sedimentación de Hazen. Como la experiencia indica que las partículas de arena nocivas son las de tamaño igual o superior a 0,2 mm, cuyo peso específico es de 2,65 g/cm<sup>3</sup> y velocidad de sedimentación del orden de 2,0cm/s, se constata que los desarenadores deben ser diseñados con tasas de aplicación de 600 a 1.200m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día. Estos valores permiten determinar el área necesaria para los desarenadores.

#### *Procesos de La Remoción de La Arena:*

En cuanto al proceso de remoción se pueden considerar dos tipos:

Limpieza manual periódica

Remoción mecanizada del sedimento

Los desarenadores de limpieza manual son empleados en pequeñas plantas donde el volumen depositado no es muy grande.

En plantas de gran capacidad es más económica la remoción por medio de equipos mecánicos. La remoción manual periódica frecuentemente viene acompañada

de problemas originados por el desarrollo de malos olores debidos a la putrefacción de la materia orgánica que sedimenta simultáneamente.

La agitación frecuente del material depositado abajo del flujo normal puede contribuir para que se desprendan los flóculos orgánicos, minimizando los olores.

Los equipos para desarenadores varían considerablemente de un tipo a otro:

- Tipo rotativo con palas raspadoras del fondo
- Tablas raspadoras arrastradas por cadenas
- Raspadores arrastrados por ruedas sobre rieles fijados sobre las bordas del desarenador
- Elevación por eyector a aire (air lift)
- Remoción a lo largo del fondo con transportadores helicoidales (tornillo)
- Remoción por bombas sumergidas
- Otras.

Las instalaciones mecanizadas más completas, además de retirar el material, lo lavan. Esas instalaciones pueden producir detritos con menos de 5% de materia orgánica.

Las instalaciones de limpieza manual cuando son bien operadas, pueden reducir la cantidad de material putrescible hasta un 10%. Pero esto ya es suficiente para producir olores desagradables.

#### *Disposición de la Arena y Detalle Constructivos*

Cuando el contenido de materia orgánica es tal que se produzcan malos olores, el material retenido debe ser enterrado. La arena con bajo porcentaje de materia putrescible puede ser aprovechada en rellenos, caminos, lechos de secado de lodo y otros.

Las secciones de ajuste gradual en ampliaciones o restricciones del ancho deben ser diseñadas para reducir la turbulencia.

Las dimensiones de la parte destinada al depósito de arena en las instalaciones no mecanizadas deben ser establecidas en armonía con la cantidad prevista de material y teniendo en consideración la frecuencia de limpieza deseada (semanal, quincenal o mensual).

### **Medidor de Caudal (Parshall).**

Este tipo de medidor de gasto está compuesto por una sección de entrada con sus lados levemente convergentes hacia una angostura o garganta, de dimensiones cuidadosamente fijadas y una sección de salida cuyos lados divergen en mayor proporción hacia la anchura original del canal. La canaleta Parshall es la forma más común de producir un resalto hidráulico.



**Figura 2.4** Canaleta aforadora de Parshall

Consiste en un segmento de canal con cambio rápido de pendientes y constricción en el punto llamado garganta. Al comienzo de ella el agua pasa por la profundidad crítica ( $NF = 1$ ) y debido al cambio de pendiente (2.67:1) se acelera hasta crear un régimen supercrítico que se convierte en un salto hidráulico al encontrar la

pendiente negativa de la sección G de salida en la que el régimen es subcrítico, este salto hidráulico es el que se usa para la mezcla rápida. A fin de que pueda utilizarse con tal propósito, debe cumplir los siguientes requisitos:

- 1- Que no trabaje ahogada o sea que la relación  $H_b/H_a$  no exceda los siguientes valores:

**Tabla 2.1** Predimensionamiento para ancho de garganta para medidor Parshall.

Ancho de garganta (pulgadas)	Máxima sumergencia ( $H_b/H_a$ )
3-9	0.6
12-96	0.7
120-600	0.8

- 2- Que la relación  $H_a/W$  esté entre 0.4 y 0.8. la razón para esta condición es la de que la turbulencia del resalto no penetra en profundidad dentro de la masa de agua, dejando una capa, bajo el salto, en que el flujo se trasporta con un mínimo de agitación, como se ha podido constatar en experimentos de laboratorio. Al bajar  $H_a$  el espesor de esta capa se minimiza.
- 3- Que la relación  $H_a/W$  esté entre 0.4 y 0.8. la razón para esta condición es la de que la turbulencia del resalto no penetra en profundidad dentro de la masa de agua, dejando una capa, bajo el salto, en que el flujo se trasporta con un mínimo de agitación, como se ha podido constatar en experimentos de laboratorio. Al bajar  $H_a$  el espesor de esta capa se minimiza.
- 4- Que el número de Froude esté comprendido entre estos dos rangos 1.7 a 2.5 o 4.5 a 9.0; debe evitarse números entre 2.5 y 4.5 que producen un resalto inestable el cual no permanece en su posición, sino que siempre está cambiando de sitio, lo que dificulta la aplicación de coagulantes.

El análisis hidráulico teórico de la canaleta Parshall para saber si cumple con estas condiciones, está solo parcialmente resuelto. Las ecuaciones que definen el resalto hidráulico en canales rectangulares, no se pueden aplicar a este caso sin un cierto margen de error debido a que el efecto de la constricción de la garganta se suma al de los cambios de pendiente. Sin embargo no existiendo otro procedimiento analítico podría aplicarse el siguiente sugerido por Acevedo Netto.

**Tabla 2.2.** Dimensiones típicas de medidores Parshall (cm) (tomada del Manual de Hidráulica de Azevedo Netto).

W	(Cm)	A	B	C	D	E	F	G	K	N
1"	2.5	36.6	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	38.1	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.5	62.1	61.0	39.4	40.3	45.7	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	61.0	61.0	45.7	7.6	11.4
1'	30.5	137.2	134.4	61.0	84.5	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
1.5'	45.7	144.9	142.0	76.2	102.6	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
2'	61.0	152.5	149.6	91.5	120.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
3'	91.5	167.7	164.5	122.0	157.2	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
4'	122.0	183.0	179.5	152.2	193.8	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
5'	152.5	198.3	194.1	183.0	230.3	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
6'	183.0	213.5	209.0	213.5	266.7	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
7'	213.5	228.8	224.0	244.0	303.0	91.5	61.0	91.5	7.6	22.9
8'	244.0	244.0	239.2	274.5	340.0	91.5	61.0	91.0	7.6	22.9
10'	305.0	274.5	427.0	366.0	175.9	122.0	91.5	183.0	15.3	34.3

Donde:

**W** = Tamaño de la garganta

**A** = Longitud de la pared lateral de la sección convergente

**B** = Longitud axial de la sección convergente

**C** = Ancho del extremo de aguas debajo de la canaleta

**D** = Ancho del extremo de aguas arriba de la canaleta

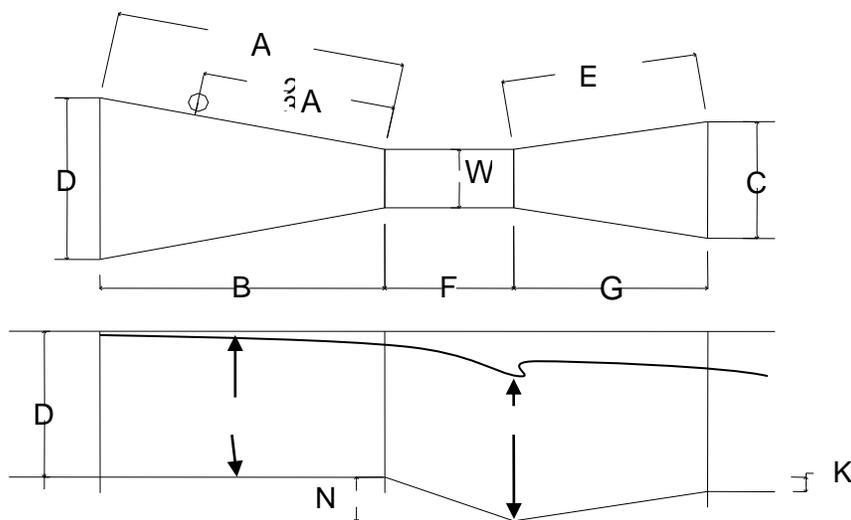
**E** = Longitud de la pared lateral de la sección divergente

**F** = Longitud de la garganta

**G** = Longitud axial de la sección divergente

**K** = Diferencia de nivel entre el punto más bajo de la canaleta y la cresta

**N** = Profundidad de la depresión en la garganta debajo de la cresta



**Fig. 2.5.** Pre dimensionamiento de medidores Parshall.

### 2.2.8.2 Tratamiento Primario.

Consiste en la remoción de los sólidos orgánicos sedimentables que transporta el agua. El objetivo del tratamiento primario, es disminuir la carga orgánica del agua a través de procesos físicos acondicionándola para el tratamiento secundario.

El tratamiento primario constituye el primero, y a veces el único tratamiento de las aguas residuales. **Este proceso elimina los sólidos flotantes y los sólidos en suspensión tanto finos como gruesos.** Si la planta provee solamente un tratamiento primario, se considera que el efluente sólo ha sido parcialmente tratado. Es un simple tratamiento físico que consiste en la separación de elementos sólidos que contiene el agua.

El tratamiento primario persigue retener una buena parte de los sólidos en suspensión que lleva el agua residual (entre un 90 y 95% de los sólidos sedimentables), para lo cual se emplea la gravedad terrestre para que sedimenten los sólidos sedimentables en los decantadores o en las lagunas. En algunos casos por las especiales características de los sólidos es mejor separarlos en flotadores por aire disuelto.

En algunas ocasiones se potencia el tratamiento primario con la adición de reactivos de manera que aumenta la formación de sólidos sedimentables a partir de sólidos coloidales ó disueltos. En otras es necesario proceder a la neutralización del pH antes del siguiente tratamiento.

La actividad biológica no es particularmente importante en el tratamiento primario aunque la materia orgánica y los lodos residuales pueden sufrir una digestión parcial si el tiempo de retención es largo.

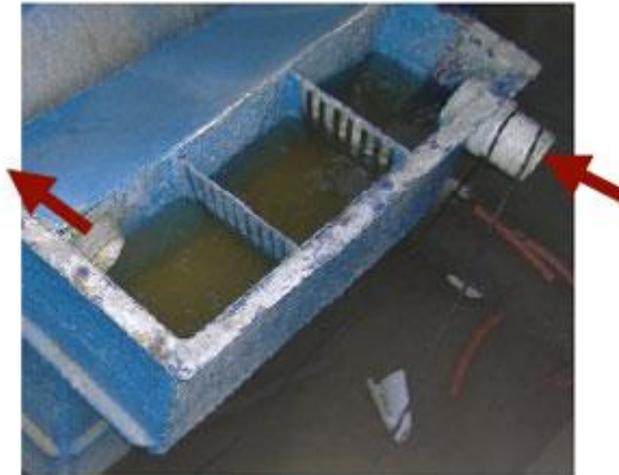
Elemento Empleados En El Tratamiento Primario:

- A. Estanques de Sedimentación.
- B. Fosa Séptica.
- C. Tanque Imhoff.

#### **A. Estanques de Sedimentación (Sedimentador Primario)**

El objeto fundamental de la sedimentación es separar parte de los sólidos suspendidos. Una importante proporción de ellos sedimentan cuando el líquido está en reposo o escurre a una velocidad relativamente baja. Si los sólidos sedimentables son separados solamente por la acción de la gravedad y floculación natural, el proceso constituye una sedimentación simple. Si, por el contrario, se agregan sustancias químicas para mejorar la floculación, el proceso se denomina precipitación química.

Los estanques de sedimentación pueden clasificarse según el propósito (sedimentación primaria ó secundaria), forma (rectangular ó circular) y método de limpieza.



**Figura 2.6** Sedimentador primario.

Según el sistema de limpieza, los estanques se subdividen en los siguientes tipos:

**a) Estanques de limpieza manual:** Generalmente son rectangulares, con pendiente de 1 a 2%. Se permite la acumulación de lodos hasta el momento que se nota desprendimiento de gases. Cuando se proyectan estos tanques hay que considerar el espacio necesario para los lodos y suponer que por lo menos uno está fuera de servicio o limpieza.

**b) Estanques de remoción de lodos por presión hidrostática:** Son estanques con fondo en forma de tolva con pendientes que varían de 1.2:1 a 2:1, lo cual permite extraer los lodos diariamente por presión hidrostática sin necesidad de vaciar el estanque. Pueden ser circulares o rectangulares

**c) Estanques de limpieza mecánica:** La limpieza se efectúa con raspadores unidos a brazos rotatorios, cadenas sin fin o a puentes giratorios que se mueven a una velocidad máxima de 0.60 m/min.

**d) Estanques de limpieza por sistema de tubería móvil:** Estos estanques son similares a los descritos anteriormente, pero en lugar de raspadores disponen de tubos perforados que succionan los lodos.

**e) Estanques de doble estructura:** Son estructuras diseñadas para que el estanque superior permita una sedimentación continua hasta la cámara baja o de digestión de lodos.

En el estanque de sedimentación se inician el tratamiento primario y el tratamiento secundario. El período de retención de las aguas negras en los estanques de sedimentación es del orden de dos horas, y las profundidades varían aproximadamente de 1.80 a 4.80 m. Los lodos acumulados en el estanque primario deben retirarse tres o cuatro veces en las veinticuatro horas. Los estanques rectangulares no siempre disponen de un sistema mecánico de remoción continua de lodos. En el caso de que exista, el mecanismo deberá detenerse una o dos horas antes de empezar la extracción en la cámara de acumulación de lodos, la cual no deberá vaciarse completamente.

Los estanques de sedimentación de una planta de tratamiento deben remover por lo menos 90% de los sólidos sedimentables. La reducción de los sólidos suspendidos oscila entre 50 y 70%, y la disminución de la D.B.O. no debe bajar de 30%.

Los lodos retirados del estanque de sedimentación se vacían o inyectan al estanque de digestión.

### B. Fosas Sépticas:

Se utilizan principalmente para el tratamiento de aguas residuales de residencias individuales. En las zonas rurales también se emplean en escuelas, parques, y moteles.

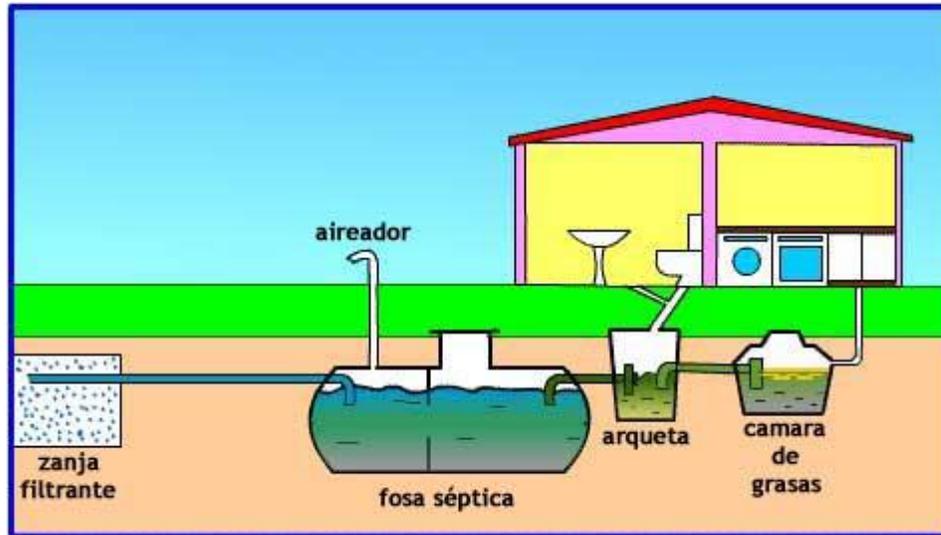


Figura 2.7 Ejemplo esquemático de fosa séptica.

Aunque a menudo se usan fosas de una sola cámara, el tipo adecuado consiste en dos cámaras en serie. En una fosa séptica de doble cámara, el primer compartimiento se utiliza para la sedimentación, digestión del fango y almacenamiento de éste. El segundo compartimiento proporciona una sedimentación y capacidad de almacenamiento de fango adicional y, por tanto, sirve para proteger contra la descarga de fango u otro material que pueda escaparse de la primera cámara. Cuando se proyecte para una sola residencia, se utilizará un período de detención de 24 horas. En instalaciones mayores que den servicio a instituciones o a varias familias, es permisible un período de detención más corto. En cualquier caso, es esencial disponer de la adecuada capacidad de almacenamiento, de forma que el fango depositado pueda permanecer en el tanque durante un tiempo suficientemente largo para que se produzca su descomposición y digestión antes de ser extraído. Por lo general, el lodo deberá extraerse cada dos o tres años.

El efluente de las fosas sépticas se descarga normalmente a zanjas de filtración, tubos ubicados en el subsuelo o pozos de absorción, donde se infiltra al terreno.

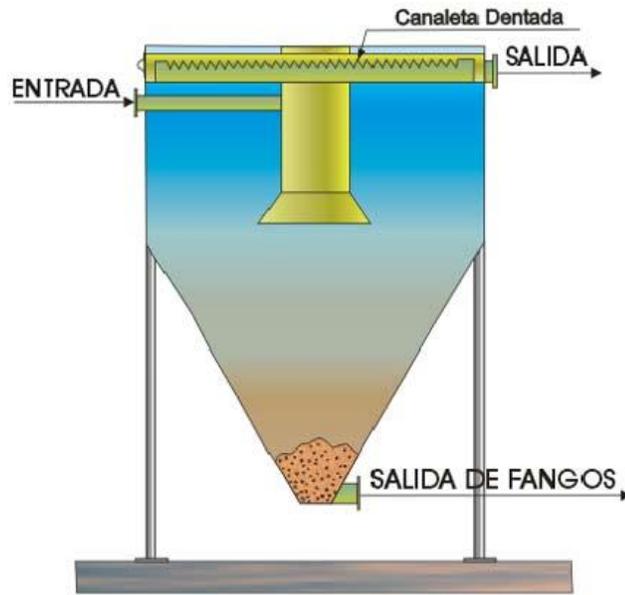
Las fosas sépticas se entierran por lo general en el terreno y se les olvida hasta que haya problemas con el sistema debido a obstrucción o rebose.

Existen compañías comerciales recogedoras de desperdicios que se ocupan, en muchos lugares, de eliminar ceno. Usan camiones-tanque equipados con bombas y sacan el contenido del tanque séptico y lo acarrear para su eliminación a un pozo de entrada de una alcantarilla o una planta de tratamiento.

### **C. Tanques Imhoff :**

Consiste en un depósito de dos pisos en el que se consigue la sedimentación en el compartimiento superior y la digestión en el inferior. Los sólidos que se sedimentan atraviesan unas ranuras existentes en el fondo del compartimiento superior, pasando al compartimiento inferior para su digestión a la temperatura ambiente. La espuma se acumula en los compartimientos de sedimentación así como en unos respiraderos de gas situados al lado de aquellos. El gas producido en el proceso de digestión en el compartimiento inferior se escapa a través de respiraderos.

No existe equipo mecánico que mantener y su funcionamiento consiste en eliminar la espuma a diario y descargarla en el respiradero de gas más próximo, invirtiendo la entrada y por tanto la circulación del agua residual dos veces al mes a fin de igualar la cantidad de sólidos en ambos extremos del compartimiento de digestión y extrayendo fango periódicamente hacia la áreas de secado.



**Figura 2.8.** Tanque Imhoff

Los compartimientos de sedimentación de los tanques Imhoff normalmente se proyectan de modo que tengan una carga de superficie de  $24 \text{ m}^3/\text{día}\cdot\text{m}^2$  a caudal medio y un período de detención de unas tres horas. El fondo del compartimiento de sedimentación del tanque convencional tiene una pendiente de 1.4 vertical por 1.0 horizontal. La ranura que permite que los sólidos caigan al compartimiento de digestión tiene una apertura mínima de 0.15 m. Pueden instalarse varios compartimientos de sedimentación por encima de uno de digestión.

El cieno de un tanque Imhoff tiene un olor semejante al alquitrán y una apariencia negra y granular. Es denso. Cuando se le extrae del tanque puede tener un contenido de humedad de 90% a 95%. Se ca fácilmente, y cuando está seco, es inodoro. ;

### **2.2.8.3 Tratamiento Secundario à Biológico.**

Consiste en la remoción de la carga orgánica, a través de la acción de bacterias, las cuales se alimentan de la materia orgánica que contiene el agua. El objetivo del tratamiento secundario, es reducir el contenido orgánico del agua, ya que con este se

logra remover hasta un 80% de la carga orgánica del agua. Dentro de los diferentes tipos de tratamiento secundario se tienen:

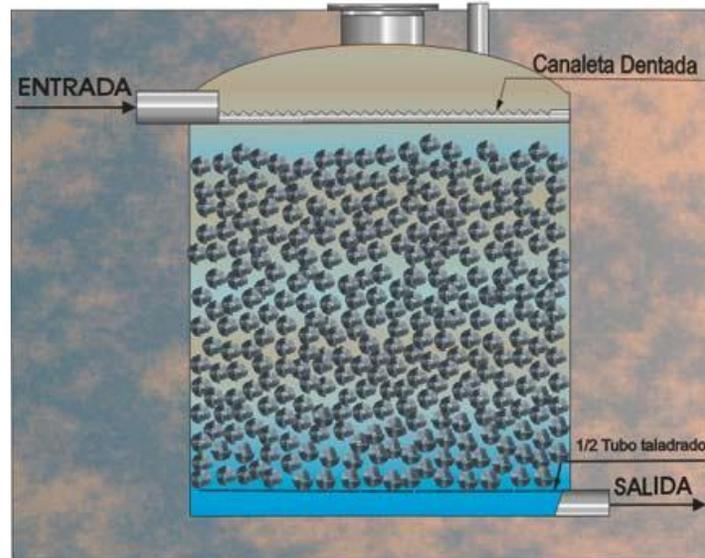
- A. Los filtros percoladores.
- B. Proceso de lodos activados y sus variantes,
- C. Lagunas de estabilización,
- D. Reactor anaerobio de flujo ascendente
- E. Biodiscos.

El tratamiento secundario, tiene que ser complementado con una unidad de sedimentación secundaria, para remover los lodos generados durante el proceso.

#### **A. Filtro percolador**

Los filtros percoladores se utilizan para descargas de origen civil cuyo destino final no es el alcantarillado público. El proceso depurativo es de tipo biológico, y se basa sobre la acción depurativa por parte de la flora bacteriana que se desarrolla sobre los oportunos cuerpos de rellenos y elevada superficie específica, con los cuales se rellena el producto. Los microorganismos que se nutren de las sustancias orgánicas contenidas en el líquido entrante, pueden ser de tipo anaeróbico (es decir que no necesitan oxígeno) o aeróbicos (es decir que necesitan la presencia de oxígeno libre); en consecuencia existe dos tipologías de instalaciones a filtro percolador, anaeróbico y aeróbico.

Estas instalaciones pueden ser conectadas de pre-tratamientos que permiten mejorar la eficiencia depurativa total, en función del tipo de descargas y de las características particulares del lugar de vertido final.



**Figura 2.9.** Filtro percolador o biofiltro.

Las instalaciones a filtro percolador están particularmente diseñadas para pequeñas y medias comunidades, en tanto que permiten las siguientes ventajas:

1. Simplificación del tipo de tratamiento, con la consiguiente reducción del número de elementos que constituyen la instalación y por tanto de la inversión necesaria.
2. Obtención de un estándar depurativo elevado y características del efluente constante.
3. Producción de fango en excesos moderada y de gran estabilidad biológica.
4. Simplicidad de gestión y de mantenimiento.
5. Ningún consumo eléctrico.

### **B. Lagunas de Estabilización**

Las lagunas de estabilización son los más sencillos de las plantas de tratamiento de aguas negras. El proceso consiste en retener el agua negra en una planta de poca profundidad por un período largo, suficiente para que ocurra la estabilización natural de la materia orgánica debido a la actividad biológica.

Deben ser usados cuando:

- a) Precio de la tierra es bajo
- b) Condiciones climatográficas favorables
- c) Pocos recursos financieros
- d) Carga orgánica fluctuante

***Tipos de Lagunas:***

Las lagunas pueden ser clasificadas como:

Lagunas Aerobias – Son lagunas rasas (poco profundas) profundidad 0.3 mts., ó menos y proyectadas para maximizar la penetración de la luz y el máximo crecimiento de algas. Las condiciones aeróbicas son mantenidas en todo el medio líquido. Son utilizadas cuando se desea la producción de algas para su comercialización.

Lagunas Anaerobias – Son lagunas en las que no se necesita oxígeno y se emplean organismos anaeróbicos para la degradación del material orgánico. Tales plantas operan con alta carga orgánica sin el proceso de fotosíntesis. Las profundidades varían de 3.0 a 5.0 metros. Mucho se asemejan a un decantador-digestor. Su efluente presenta características que no permiten el desagüe al cuerpo receptor.

Lagunas Facultativas – Estas no son ni aeróbicas ni tampoco anaeróbicas. No son profundas (1-2 m). Así son predominantemente aeróbicas durante el día y el contenido de oxígeno en la laguna decae durante la noche. Son las más utilizadas en todo el mundo.

Lagunas de Maduración – En éstas lagunas se hace el pulimiento de las aguas residuales que ya fueron tratadas por un otro proceso, que bien puede ser a través de lagunas de estabilización.

**Consideraciones Con Relación A Las Lagunas De Estabilización:**

Utilizar bacterias para degradación de la materia orgánica y algunas algas verdes para oxigenar el medio.

**1. Temperatura:**

Afecta la producción de oxígeno por fotosíntesis, así como a otras actividades biológicas. Óptima producción de oxígeno, ocurre a 20°C, los valores límites son 4° a 35°C.

**2. Topografía:**

Toda laguna debe estar protegida contra inundaciones, esto implica que las lagunas puedan ser construidas en depresiones y valles, disminuyendo el costo del movimiento de tierra.

**3. Localización:**

Lagunas de estabilización pueden producir hierbas que serán criaderos de zancudos, por lo que su localización deberá estar siempre distante de las áreas residenciales. Se debe mantener un mínimo de 700 metros. Las lagunas deben estar siempre cercadas.

**4. Contaminación del Suelo – Infiltración:**

La contaminación del agua subterránea debe ser siempre considerada cuando se localiza una laguna.

En determinados casos hay necesidad de sellar las lagunas. Esto puede hacerse con material arcilloso y hojas de plástico. Este proceso encarece las instalaciones de las lagunas.

**5. Acumulación de Lodos:**

La acumulación de lodos es un efecto del funcionamiento de las lagunas que requiere de un mayor estudio. Debido a la poca cantidad de lodos que se forman en las lagunas estas necesitan una limpieza aproximadamente cada 9 a 12 años.

La remoción de lodos no trae problemas ya que están estabilizadas y existe posibilidad de que sean bombeados ó removidos mecánicamente después del drenaje total de la laguna y el secado del lodo.

#### **6. Mantenimiento:**

A pesar de que el sistema de tratamiento por medio de lagunas es simple, siempre se necesita de un pequeño mantenimiento. Esto se orienta a evitar el crecimiento de vegetación, a la eliminación de materias flotantes, la verificación de la estabilidad de los taludes.

Es siempre recomendado el uso de sistemas preliminares de tratamiento; tamizado y desarenación. Tales sistemas necesitan de mantenimiento continuo.

#### **2.2.8.4 Tratamiento Complementario.**

Consiste en procesos físico - químicos o biológicos, con los que se persigue el refinamiento de la calidad del agua que será descargada al cuerpo receptor acondicionándola para su reuso. Se instalan unidades de tratamiento complementario para lograr alguno o más de los siguientes objetivo:

- Remoción de sólidos en suspensión, a través de micro cribado, clarificación química. filtración, etc.
- Remoción de complejos orgánicos disueltos, a través de adsorción, oxidación química, etc.

- Remoción de compuestos inorgánicos disueltos, a través de destilación, osmosis inversa, electrodiálisis, intercambio iónico, precipitación química, etc.
- Remoción de nutrientes, a través de procesos de nitrificación-desnitrificación, gasificación del amoníaco, desfosfatación, asimilación biológica, etc.

Por lo general el tratamiento complementario es aplicado en los procesos de tratamiento de aguas industriales o en los países desarrollados para el tratamiento de aguas residuales.

### 2.2.9 Medición de Caudales.

#### Macro-Medidores Y Micro- Medidores

Atendiendo a la tipología y características de funcionamiento, se pueden clasificar en:

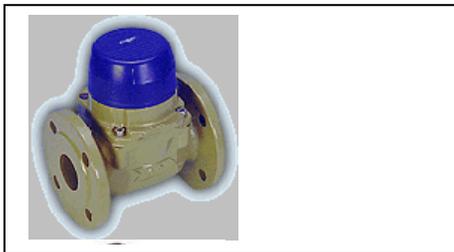
- Contadores para aguas brutas (aguas con sólidos en suspensión), ó redes de distribución de aguas sin filtrados. Su dispositivo de funcionamiento se basa en mecanismos electrónicos, y los modelos más utilizados son: los contadores por ultrasonidos, y los contadores electromagnéticos. Estos modelos suelen instalarse en la toma principal de abastecimiento ó suministro de aguas (Red en Alta), tienen un costo elevado, necesitan alimentación eléctrica, pero no necesitan filtros y tienen una precisión muy buena
- Contadores para aguas filtradas (aguas de pozos, de riego con filtrados colectivos automáticos, ó decantadas), admiten limos y partículas pequeñas. Funcionan por mecanismos de turbina ó hélice. En esta gama se pueden utilizar los contadores:
  - Contador Tipo Woltmann.

- Contador Chorro Múltiple.
- Contador de Hélice Tangencial.
- Válvula -Contadora ó Válvula Volumétrica
- Contador Tipo Proporcional.

**a) Contador Tipo Woltmann.**

Este contador dispone de una turbina en eje horizontal, que al paso del agua acciona unos engranajes que hacen reflejar el caudal de paso en una relojería dispuesta en una esfera seca, totalizadora, por medio de una transmisión magnética. Se comercializa en calibres desde 2" / DN-50 mm hasta DN-500 mm./ 20". Existe otra versión de Contador tipo Woltmann con turbina en EJE VERTICAL, disponible por varias marcas, en calibres desde DN-50 mm. a DN-100 mm. (aprox.).

Es ampliamente comercializado en el mercado con varios proveedores, aunque dominan el mercado, filiales de multinacionales.



**FIG.2.10.** Modelos de contadores tipo Woltmann de turbina Horizontal.



**Figura .2.11** Modelos de contadores tipo Woltmann con turbina Vertical.

Características

El medidor incluye un elemento de medida desmontable e intercambiable.

Registro indicador de volumen de cámara seca y sellada herméticamente. El registro se puede orientar a cualquier posición (360°) para su fácil lectura.

Puede disponer de hasta un total de 3 accesorios para la transmisión de pulsos eléctricos:  
Un sensor opto-electrónico y dos sensores tipo Reed-Switch.

Convertidores de pulsos y contadores digitales están disponibles bajo pedido.

La transmisión magnética mantiene el registro completamente separado del agua.

Únicamente la turbina y el eje de transmisión están en contacto directo con el agua.

Cumple o sobrepasa todas las normas de medición y especificaciones exigidas por

Los organismos internacionales incluyendo la ISO 4064 clase B, EEC, etc.

Registro en galones americanos disponible bajo pedido.

Baja pérdida de carga.

Presión de trabajo: 16 Bar.

Máxima temperatura de trabajo: 50 °C.

#### **b) Contador Chorro Múltiple**

Este Contador dispone una turbina en eje vertical, con un difusor previo en la entrada, que al paso del agua impacta de forma múltiple sobre la turbina, permitiendo a los engranajes actuar sobre una transmisión magnética, para reflejar la medida del volumen totalizado (acumulado), en su esfera correspondiente. Se comercializa desde



**Fig.2.12** contador de chorro múltiple.

Los contadores de agua de chorro múltiple y los de grandes caudales son concebidos para trabajos de mayor envergadura. Los contadores de agua caliente para viviendas son de turbina y chorro múltiple, muy reconocidos, sólidos y de larga vida útil, y los de grandes caudales son de tipo Woltman, lo que les proporciona una destacada exactitud de medición incluso bajo condiciones extremas.

### Características

Los contadores de agua de chorro múltiple son concebidos como contadores de tipo seco con acoplamiento magnético para el registro del consumo de agua fría y caliente. Estos contadores se caracterizan por una pérdida de presión extremadamente baja. Los contadores para grandes caudales son de tipo seco con acoplamiento magnético. Gracias a la suspensión de baja fricción y a prueba de desgaste de la turbina (metal duro/zafiro), se garantiza un alto grado de exactitud en todo el rango de mediciones incluso bajo condiciones extremas.

### Ventajas:

Alto grado de exactitud en todo el campo de medición en condiciones extremas;  
Aparatos técnicamente avanzados, precisos y de larga vida útil;  
Fácil montaje  
Sistema de medición completo, experimentado y reconocido para agua fría y caliente en viviendas;  
Sustitución fácil gracias a la separación del contador de los elementos de montaje;  
Amplio espectro de aplicaciones gracias a la versatilidad de las variantes;  
Integración sin problemas en sistemas de telegestión, gracias a la variante con salida de contacto, así como una variante apta para radio y M-Bus;  
Medición exacta y alta fiabilidad.

### **c) Chorro Único**

Es un contador de turbina de chorro único con acoplamiento magnético y totalizador de rodillos. El acoplamiento magnético transmite el giro de la turbina de forma fiable al totalizador.

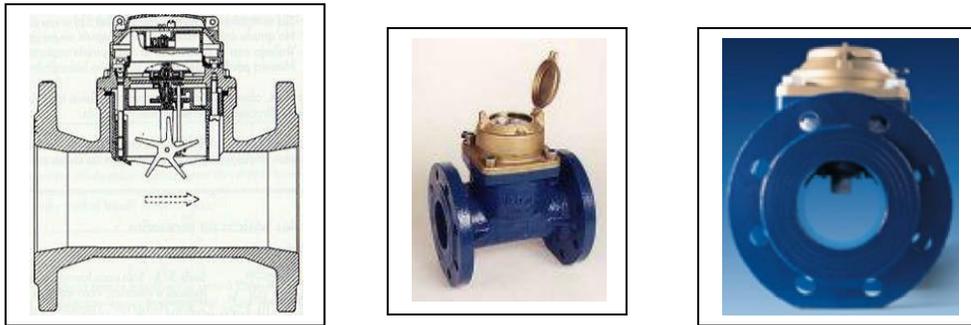
### Ventajas:

Alto grado de fiabilidad y larga vida gracias a una tecnología madura y fiable:  
Un contador de agua versátil a bajo coste.  
Fiabilidad y larga vida útil, gracias a una tecnología madura y sólida;  
Viene incorporado un dispositivo contra manipulaciones, para mayor seguridad;

Integración sin problemas en sistemas automáticos de lectura gracias a la disponibilidad de una versión con salida de contacto.

#### d) Contador Hélice Tangencial

Este contador es confundido a menudo con el contador tipo Woltmann, ya que su apariencia externa es semejante. Sin embargo su diseño es diferente, se basa en la disposición de una turbina ó hélice de paletas, colocada en eje transversal al sentido de avance del agua, y de pequeño tamaño, colocada en la parte superior del tubo medidor. Se comercializa en calibres desde 2" / DN-50 mm hasta DN-250 mm./ 10".



**Figura 2.13.** Corte longitudinal de contador Hélice Tangencial (izquierda), Vista exterior (centro), y Vista Frontal (derecha).

#### e) Válvula-Contadora

Este contador también se confunde con el contador tipo Woltmann, y nuevamente se trata de un diseño diferente. En este caso se parte posiblemente de un contador tipo Woltmann con turbina en eje vertical, diseño al que se le ha incluido un mecanismo de cierre y regulación hidráulica accionado por membrana ó pistón, con circuitos de microtubos y pilotos hidráulicos automáticos. Es decir, que a la función y diseño de un contador, se le ha dado una ó más funciones como válvula hidráulica, en un único elemento compacto.

Se comercializa en calibres desde 1"1/2 / DN-40 mm. hasta DN-200 mm./8



**Fig. 2.14** Válvulas contadoras

#### **f) Contador Por Ultrasonidos. (Caudalímetro Ultrasónico)**

Consta de unas Sondas, que trabajan por pares, como emisor y receptor. La placa piezo-cerámica de una de las sondas es excitada por un impulso de tensión, generándose un impulso ultrasónico que se propaga a través del medio líquido a medir, esta señal es recibida en el lado opuesto de la conducción por la segunda sonda que lo transforma en una señal eléctrica. El convertidor de medida determina los tiempos de propagación del sonido en sentido y contrasentido del flujo en un medio líquido y calcula su velocidad de circulación a partir de ambos tiempos. Y a partir de la velocidad se determina el caudal. Además necesita alimentación eléctrica.

Hay dos tipos de medidores de flujo por ultrasonidos:

- Doppler: Miden los cambios de frecuencia causados por el flujo del líquido. Se colocan dos sensores cada uno a un lado del flujo a medir y se envía una señal de frecuencia conocida a través del líquido. Sólidos, burbujas y discontinuidades en el líquido harán que el pulso enviado se refleje, pero como el líquido que causa la reflexión se está moviendo la frecuencia del pulso que retorna también cambia y ese cambio de frecuencia será proporcional a la velocidad del líquido.
- Tránsito: Tienen transductores colocados a ambos lados del flujo. Su configuración es tal que las ondas de sonido viajan entre los dispositivos con una

inclinación de 45 grados respecto a la dirección de flujo del líquido. La velocidad de la señal que viaja entre los transductores aumenta o disminuye con la dirección de transmisión y con la velocidad del líquido que está siendo medido. Tendremos dos señales que viajan por el mismo elemento, una a favor de la corriente y otra en contra de manera que las señales no llegan al mismo tiempo a los dos receptores. Se puede hallar una relación diferencial del flujo con el tiempo transmitiendo la señal alternativamente en ambas direcciones. La medida del flujo se realiza determinando el tiempo que tardan las señales en viajar por el flujo.

### Características

Temperatura ambiente  $0^{\circ}$   $55^{\circ}$

Temperatura de almacenamiento  $-20^{\circ}$   $150^{\circ}$

Humedad  $<80\%$

Temperatura del líquido  $20^{\circ}$   $150^{\circ}$

Max presión de conexión 25 bar

Las medidas no se ven afectadas por la presencia de sustancias químicas, partículas contaminantes..

Tienen un alto rango dinámico

Diseño compacto y pequeño tamaño

Costes de instalación y mantenimiento pequeños

Las medidas son independientes de la presión y del líquido a medir

No se producen pérdidas de presión debido al medidor

No hay riesgos de corrosión en un medio agresivo

Aunque el precio no es bajo, sale rentable para aplicaciones en las que se necesite gran sensibilidad (flujos corporales) o en sistemas de alta presión.

- Operan en un gran rango de temperaturas ( $-10^{\circ}$  a  $70^{\circ}$ ) ( $-30^{\circ}$   $180^{\circ}$ )[3] dependiendo del sensor y se ofrece la posibilidad de comprar sensores con características especiales para aplicaciones concretas.

- Las medidas son no invasivas (especialmente importantes cuando hablamos del cuerpo humano)
- Ofrecen una alta fiabilidad y eficiencia



**Fig.2.15** Contador Por Ultrasonidos. (Caudalímetro Ultrasónico)

#### **g) Contador Electromagnético**

Su principio de medida está basado en la Ley de Faraday, la cual expresa que al pasar un fluido conductor a través de un campo magnético, se produce una fuerza electromagnética (F.E.M.), directamente proporcional a la velocidad del mismo, de donde se puede deducir también el caudal.

Está formado por un tubo, revestido interiormente con material aislante. Sobre dos puntos diametralmente opuestos de la superficie interna se colocan dos electrodos metálicos, entre los cuales se genera la señal eléctrica de medida. En la parte externa se colocan los dispositivos para generar el campo magnético, y todo se recubre de una protección externa, con diversos grados de seguridad.

El flujo completamente sin obstrucciones es una de las ventajas de este medidor. El fluido debe ser ligeramente conductor debido a que el medidor opera bajo el principio de que cuando un conductor en movimiento corta un campo magnético, se induce un voltaje. Los componentes principales incluyen un tubo con un material no conductor, dos bobinas electromagnéticas y dos electrodos, alejados uno del otro, montados a  $180^\circ$  en la pared del tubo. Los electrodos detectan el voltaje generado en el fluido. Puesto que le

voltaje generado es directamente proporcional a la velocidad del fluido, una mayor velocidad de flujo genera un voltaje mayor. Su salida es completamente independiente de la temperatura, viscosidad, gravedad específica o turbulencia. Los tamaños existentes en el mercado van desde 5 mm hasta varios metros de diámetro.



**Figura. 2.16** Contador Electromagnético.

### **2.3 MARCO NORMATIVO.**

A continuación se mencionan las leyes que se han legislado en el país para generar un marco normativo que rija y contribuya al tratamiento y disposición final adecuada de las aguas residuales con el fin de proteger el medio ambiente.

Dentro del marco regulatorio vigente en nuestro medio tenemos:

- a) Decreto 39, Decreto 50 de La Ley Del Medio Ambiente.
- b) Ley y Reglamento del Medio Ambiente.
- c) Norma Salvadoreña (CONACYT).

A continuación se presentan algunos artículos que pertenecen a las diferentes leyes, reglamentos, normas y decretos, etc. Que tienen como objetivo principal velar por mejorar la calidad de vida de la sociedad.

### **2.3.1 Decreto 50 de La Ley Del Medio Ambiente.**

El presente Decreto entró en vigencia en Octubre de 1987; y trata sobre LA CALIDAD DEL AGUA, EL CONTROL DE VERTIDOS Y LAS ZONAS DE PROTECCION, con el objetivo de evitar, controlar o reducir la contaminación de los recursos hídricos. Se presentan a continuación algunos artículos concernientes a la depuración y tratamiento de aguas.

#### TITULO IV. NORMAS SOBRE DEPURACION Y TRATAMIENTO DE AGUAS.

Art. 35. Solamente se podrán efectuar descargas de residuos sólidos, líquidos o gaseosos, cuando de conformidad a los objetivos de calidad no se perjudiquen las condiciones físico – químicas y biológicas del medio acuático receptor.

Art. 36. Cuando las condiciones impuestas en una autorización de vertidos impliquen la operación de un sistema de tratamiento, el usuario estará obligado a controlar los efluentes en la forma que establezca la autoridad competente y a conservar esta información en un registro que podrá ser inspeccionado por la misma, cuando así lo requiera.

Art. 37. Los procesos de depuración o tratamiento a que estarán sujetos los vertidos en general., deberán ser los técnicamente necesarios para lograr los objetivos de calidad.

Art. 38. Para la determinación del tratamiento a que se deberá someter un vertido, se fijaran las condiciones particulares para cada descarga. Estas condiciones se fomentaran en los niveles de calidad que se establecen en la forma prevista en el Art. 6.

Art. 40. Los métodos de muestreo y análisis de laboratorio para comprobar que los responsables de las descargas se ajustaran a las normas a que se refiere el Art. 38 de este

reglamento según los métodos estándares universales, adoptados oficialmente por los laboratorios nacionales del país.

Art. 43.- Si se comprobare que la depuración a que se ha sometido determinado vertido no satisface los niveles de calidad que se pretenden lograr. La autoridad competente para ordenar al usuario autorizado, a ejecutar el tratamiento complementario que sea necesario para el alcance de los niveles fijados.

#### TITULO VI: DE LAS AGUAS NEGRAS O AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

Art. 59.- El control de la contaminación producida por los residuos líquidos domésticos estará sujeto a la disposición de la legislación vigente sobre los usos de abastecimiento de agua potable, doméstico, comercial e industrial, en aquellos núcleos de población que cuentan con redes de alcantarillado sanitario administrado por ANDA y organismos afines.

Art. 60.- Las entidades, personas naturales o jurídicas encargadas de la explotación de una red de alcantarillado sanitario, deberán tomar las medidas necesarias para disminuir los riesgos de deterioro de la red o del cuerpo de agua en que se descargue.

Art. 61.- Las entidades, personas naturales o jurídicas encargadas de la explotación de una red de alcantarillado sanitario, están obligados a sujetarse a las normas sobre control de vertidos a sistemas de alcantarillado sanitario que dicten ANDA, MSPAS.

Art.62.- En los núcleos poblacionales en que el alcantarillado sanitario no sea administrado por ANDA, el monto de las tarifas por depuración deberá ser el mismo que establezca ANDA para sistemas similares.

Art.65.- ANDA deberá elaborar los planes o estudio de tratamiento de las aguas residuales, industriales o domesticas que prevengan de redes de alcantarillado sanitario y las someterá, para su aprobación al MSPAS, quien velará por el cumplimiento de las normas establecidas por este reglamento.

Art.66.- Cuando ANDA lo considere necesario podrá celebrar los contratos respectivos a fin de que empresas depuradoras de vertidos sean autorizadas para administrar plantas de tratamiento bajo su administración o dominio de conformidad a su Ley de Creación.

#### TITULO IX: DE LA PROTECCION DE LAS OBRAS SANITARIAS.

##### CAPITULO I: LIMITES PERMISIBLES.

Art. 81 No serán vertidos a la red de alcantarillado sanitario de aguas negras, ni a algún sistema de alcantarillado. Aguas que contengan en exceso a los límites siguientes:

- Sustancias tóxicas y venenosas
- Sustancias Explosivas
- Agentes bactericidas
- Aceites y Grasas, 20 mg/l (valor permisible)

El Estado, a través de los mecanismos establecidos en el presente reglamento, tomará las medidas adecuadas y oportunas para regular las actividades que lleguen a producir contaminación de las aguas.

### **2.3.2 Decreto 39 de La Ley Del Medio Ambiente.**

El Reglamento Especial De Aguas Residuales tiene por objeto velar por que las residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenibles del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación.

#### CAPITULO II. (SISTEMA DE TRATAMIENTO).

##### TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Art. 7.- Toda persona natural o jurídica , pública o privada, titular de una obra, proyecto o actividad responsable de producir o administrar aguas residuales y de su vertido a su medio receptor, en lo sucesivo denominada titular, deberá instalar y operar sistemas de tratamiento para que sus aguas residuales cumplan con las disposiciones de la legislación pertinentes y este reglamento.

Art. 8.- En cuanto a la disposición de lodos provenientes de sistema de tratamiento de aguas residuales de tipo ordinaria y especial, estará sujeta a lo dispuesto en el programa de manejo o adecuación ambiental correspondiente y a la legislación pertinente.

### CAPITULO III. (ANALISIS OBLIGATORIOS)

#### VALIDEZ DE LOS ANALISIS.

Art. 11.- En base al Art. 23 de la ley del medio ambiente y con el fin de que los análisis incluidos en los informes requeridos en el permiso ambiental sean validos, deberán provenir de laboratorios legalmente acreditados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), tales laboratorios son aquellos con lo que se pueden demostrar que la caracterización del vertido cumple con las normas técnicas de calidad ambiental establecidas.

En caso de análisis para los cuales no se contare con laboratorios previamente acreditados por el CONACYT, podrá permitirse que sean aquellos realizados por laboratorios que estén en proceso de acreditación, para lo cual el CONACYT remitirá al ministerio el listado correspondiente.

#### ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS.

Art. 12.- En la evaluación de la calidad de las aguas residuales se incluirá el análisis de las características físico - químicas y microbiológico, de conformidad con las normas técnicas de calidad de aguas residuales.

#### AGUAS RESIDUALES DE TIPO DOMESTICAS

Art. 13.- Durante el análisis de las características físico - químicas y microbiológicas de las aguas residuales de tipo ordinaria deberán ser determinada, esencialmente, los valores de los siguientes componentes:

- a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5)
- b) Potencial de Hidrogeno. (PH).
- c) Grasas y Aceites (G y A)
- d) Sólidos Sedimentables.
- e) Sólidos Suspendidos Totales (SST)
- f) Coliformes Totales (CT), y
- g) Cloruros (Cl. -)

Obligatoriedad de los análisis.

Art. 14.- Los análisis de Coliformes fecales serán obligatorios cuando:

- a) Las aguas residuales fueren vertidas en medios receptores de aguas utilizadas para actividades recreativas de contacto primario, acuicultura y pesca;
- b) Se originen en hospitales, centros de salud, laboratorios microbiológicos, y
- c) En el caso del permiso ambiental.

AGUAS RESIDUALES DEL TIPO ESPECIAL.

Art. 15.- En los análisis de las características físico – químicas y microbiológicas de las aguas residuales de tipo especial vertidas a un medio receptor, deberán ser determinados esencialmente los valores de los siguientes componentes e indicadores:

- a) Demanda bioquímica de Oxigena (DBO<sup>5</sup>)
- b) Demanda Química de Oxigeno (DQO)
- c) Potencial de Hidrogeno (PH)
- d) Grasas y Aceites (G y A)
- e) Sólidos Sedimentables (Ssed)
- f) Sólidos Suspendidos Totales (SST)
- g) Temperatura (T)

CAPITULO IV: (MUESTREO, ANALISIS E INFORMES OPERACIONALES).

APLICACIÓN DE MUESTREO Y ANALISIS.

Art. 17.- Las frecuencias de muestreo y análisis establecidas en este reglamento son las mínimas requeridas para la elaboración y presentación de los informes operacionales. Su aplicación se limita a las aguas residuales vertidas en cualquier medio receptor.

Las disposiciones de este reglamento serán aplicables en todo el territorio nacional, independientemente de la precedencia y destino de las aguas residuales.

### **2.3.3 Ley Del Medio Ambiente.**

La presente Ley tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Constitución de la República, que se refiere a la protección, conservación y depuración del Medio Ambiente; el uso sostenible de los recursos naturales que permitan mejorar la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones; así como también la protección ambiental como obligación básica del Estado, los municipios y los habitantes en general.

CAPITULO IV.

## SISTEMA DE EVALUACION AMBIENTAL.

### ACTIVIDADES OBRAS O PROYECTOS QUE REQUIEREN DE UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

Art. 21.- Toda persona natural o jurídica deberá presentar el correspondiente estudio de impacto ambiental para ejecutar las siguientes obras o proyectos:

- c) Oleoducto, gaseoductos, poliductos, carbo ductos, otras tuberías que transportan productos sólidos, líquidos o gases, y redes de alcantarillado.
- d) Sistema de tratamiento, confinamiento y eliminación, instalaciones de almacenamiento y disposición final de residuos sólidos y desechos peligrosos.

## TITULO V

### PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION.

#### CAPITULO I

##### DEBERES DE LAS PERSONAS E INSTITUCIONES DEL ESTADO.

Art. 42.- Toda persona natural o jurídica, el estado y sus entes descentralizados están obligados, a evitar las acciones deteriorantes del medio ambiente, a prevenir, controlar, vigilar y denunciar ante las autoridades competentes la contaminación que pueda perjudicar la salud, la calidad de vida de la población y los ecosistemas, especialmente las actividades que provoquen contaminación a la atmósfera, el agua, el suelo y el medio costero marino.

##### PROGRAMAS DE PREVENCION Y CONTROL DE LA CONTAMINACION.

Art. 43.- El ministerio elaborara, en coordinación del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, los entes e instituciones del sistema nacional de gestión del medio ambiente, programas para prevenir y controlar la contaminación y el cumplimiento de las

normas de calidad. Dentro de los mismos se promoverá la introducción gradual de programas de autorregulación por parte de los titulares de actividades, obras o proyectos.

#### **2.3.4 Reglamento General De La Ley Del Medio Ambiente.**

DE LA PREVENCIÓN Y EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN. De los criterios para formular normas técnicas de calidad.

Art. 64.- Para la formulación y la actualización de las normas técnicas de calidad ambiental, deberá tomarse en cuenta.

- a) Que la contaminación no exceda los límites que pongan en riesgo la salud humana o el funcionamiento de los ecosistemas.
- b) Que la contaminación no rebase la capacidad de carga de los medios receptores.
- c) Que la contaminación de los medios receptores no exceda los límites permisibles para cualquier uso, y para la conservación de la sostenibilidad de los ecosistemas.

Todos los habitantes tienen derecho a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado y es obligación del Estado promover y defender este derecho de forma activa, como requisito para asegurar la armonía entre los seres humanos y la naturaleza.

#### **2.3.5 Norma Salvadoreña. (CONACYT). NSO 13.07.03:02.**

AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR.

Esta norma fue editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT; y establece las características y valores físicos-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que se deben presentar en el agua residual para rescatar los cuerpos receptores. Los niveles máximos permisibles de los parámetros de esta norma deberán ser alcanzados por medio de los tratamientos respectivos. Para alcanzar dichos niveles no será permitida la dilución.

**Tabla 2.3** Parámetro sobre los valores permisibles para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor.

Parámetro		Valores Máximos Permisible
Aluminio(Al)	mg/l	5
Arsénico (As)	mg/l	0.1
Bario total (Ba)	mg/l	5
Berilio (Be)	mg/l	0.5
Boro (B)	mg/l	1.5
Cadmio (Cd)	mg/l	0.1
Cianuro total (CN)	mg/l	0.5
Cinc (Zn)	mg/l	5
Cobalto (Co)	mg/l	0.05
Cobre (Cu)	mg/l	1
Coniformes fecales	NMP	2000
Coniformes totales	NMP	10000
<b>Color</b>		
Compuestos fenolitos sintéticos.	mg/l	0.5
Cromo hexavalente (Cr <sup>+6</sup> )	mg/l	0.1
Cromo total (Cr)	mg/l	1
Detergentes (SAAM)	mg/l	10
Fluoruros (F)	mg/l	5
Fósforo total (P)	mg/l	15
Organofluorina	mg/l	0.1
Fosfamina	mg/l	0.1
Benzimidazol	mg/l	0.1
Piretroide	mg/l	0.1
Bipiredelos	mg/l	0.1
Penoxi	mg/l	0.1
Triazina	mg/l	0.1
Fosfónico	mg/l	0.1
Hierro total (Fe)	mg/l	10

Litio (Li)	mg/l	2
Manganeso total (Mn)	mg/l	2
Materiales flotantes	mg/l	Ausentes.
Mercurio (Mg)	mg/l	0.01
Molibdeno (Mo)	mg/l	0.1
Níquel (Ni)	mg/l	0.2
Nitrógeno total (N)	mg/l	50
Organoclorados	mg/l	0.05
Organofosforados y carbamatos	mg/l	0.1
Ph	Unidades	5.5 - 9.0
Plata (Ag)	mg/l	0.2
Plomo (Pb)	mg/l	0.2
Selenio (Se)	mg/l	0.05
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	mg/l	1000
Sustancias radiactivas	-	0
Temperatura	°C	20 – 35 °C
Turbidez (Turbiedad)	NTU	
Vanadio (V)	mg/l	1

**Tabla 2.4.** Valores máximos de parámetros de aguas residuales de tipo ordinario para descargar aun cuerpo receptor.

Actividad	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	Sólidos sedimentables (mL/l)	Sólidos suspendidos totales (mg/l)	Aceites y grasas (mg/l)
<b>Aguas residuales de tipo ordinario</b>	100	60	1	60	20

Esta norma está sujeta a permanente revisión con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias modernas.

Corresponde al Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), velar por el cumplimiento de esta norma obligatoria.



## **CAPITULO III**



## **DIAGNOSTICO**

### 3.1. ASPECTOS GENERALES DE LA ZONA.

La Facultad está ubicada sobre la carretera al Litoral posee dos vías de acceso, una de ellas es adoquinada lo cual corresponde a la entrada principal que conduce a los edificios administrativos, edificios de aulas y tres estacionamientos, uno ubicado contiguo al portón principal, otro frente a las oficinas administrativas y el otro ubicado frente al edificio del departamento de medicina. La segunda vías de acceso es la entrada al Campo Experimental del departamento de Ciencias Agronómicas; En su interior la ciudad universitaria posee pocas vías de accesos (aceras y pasillos) diseñados adecuadamente, pero con alta movilidad física y concentraciones de estudiantes, también cuenta con una variedad de caminos subyacentes abiertos de manera fortuita por el paso continuo de personas.

La ciudad universitaria está afectada externa e internamente por varios problemas ambientales que afecta la salud de los miembros, algunos de estos problemas se traducen en la carencia de un procedimiento adecuado para la recolección, deposición y eliminación de los desechos sólidos, vertidos al aire libre de desechos líquidos, quema indiscriminada de basura y la falta de educación de algunos de sus miembros de la comunidad universitaria que depositan sin control desperdicios de distinta naturaleza en todas las áreas de la ciudad universitaria, de igual manera, la facultad es afectada por la contaminación del aire con partículas de carbón(hollín) y dióxido de carbono(CO<sub>2</sub>),proveniente del ingenio de Chaparrastique durante 6 meses del periodo de zafra, quema de cañales y el humo vertido por el tráfico vehicular de circulación interna y el movimiento constante de vehículos por la carretera al litoral.

### 3.2 UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.

La Facultad Multidisciplinaria Oriental de La Universidad de El Salvador , una de las doce con las que cuenta la Universidad de El Salvador, está localizada en el cantón El Jute, municipio de San Miguel, sobre la carretera al litoral a la altura del kilometro 144 y a 6.5 Km, al sur oriente del la ciudad de San Miguel, ubicada en una zona semi urbana, con una extensión de 108 manzanas donde se distribuye su actual infraestructura parte de ella utilizada para actividades agropecuarias (Campo Experimental), que corresponde a un 70% del total del área y un 30% para actividades académicas administrativas.



Fig.3.1 Mapa del Municipio de San Miguel.

Fuente: Centro Nacional de Registros (CNR).

### 3.3 POBLACIÓN DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.

De acuerdo con los datos proporcionados por La Unidad de Recursos Humanos la cantidad de personal administrativo y académico actualmente son los siguientes:

**Tabla 3.1 Resumen De Población Universitaria.**

<b>POBLACION/AÑO</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>ADMINISTRATIVO</b>		114	130	122	<b>120</b>
<b>ACADEMICA</b>		234	244	227	<b>245</b>
<b>ESTUDIANTES</b>		3667	4942	5410	<b>5758</b>
<b>TOTAL</b>	<b>5236</b>	<b>4015</b>	<b>5316</b>	<b>5759</b>	<b>6123</b>

**Fuente:** Administración Académica y Administración General de La FMO.

### **3.4 ASPECTOS CLIMÁTICOS.**

#### **3.4.1 Temperatura.**

El municipio de San Miguel donde se localiza la Facultad Multidisciplinaria Oriental, la zona de estudio pertenece a una zona climática de tipo sabana tropical o de tierra caliente (Lagos 1983), encontrándose a una altura de 80 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio de la zona de estudio oscila entre los 29.4°C y 25.9°C alcanzándose las máximas temperaturas poco antes de estación lluviosa, que se inicia en el periodo de transición comprendido entre los meses de abril y mayo: y la humedad relativa del aire en promedio es de 68%.

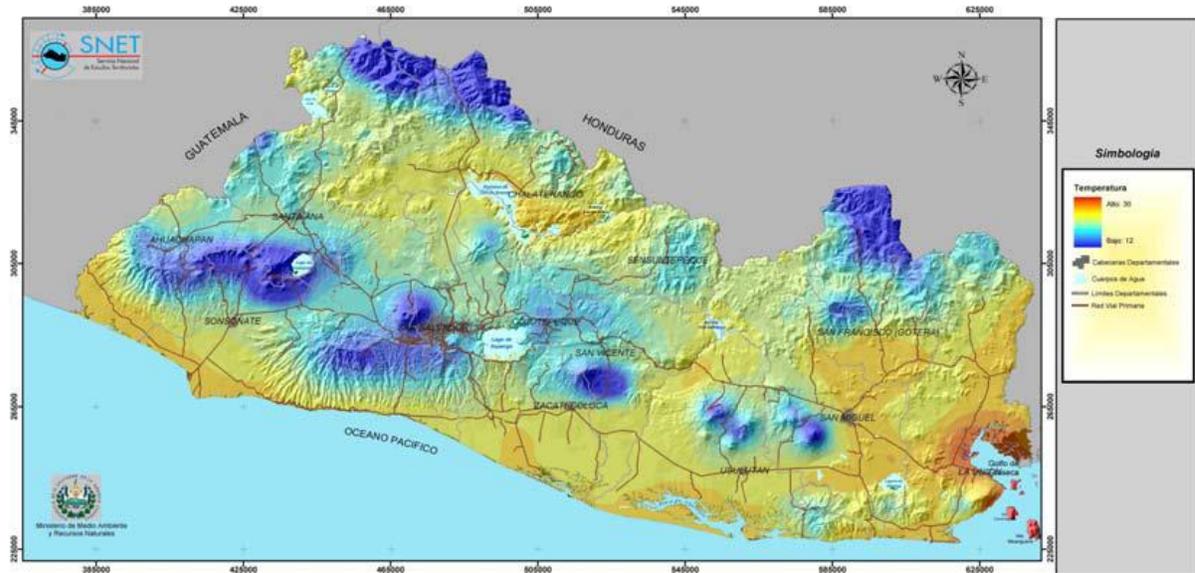


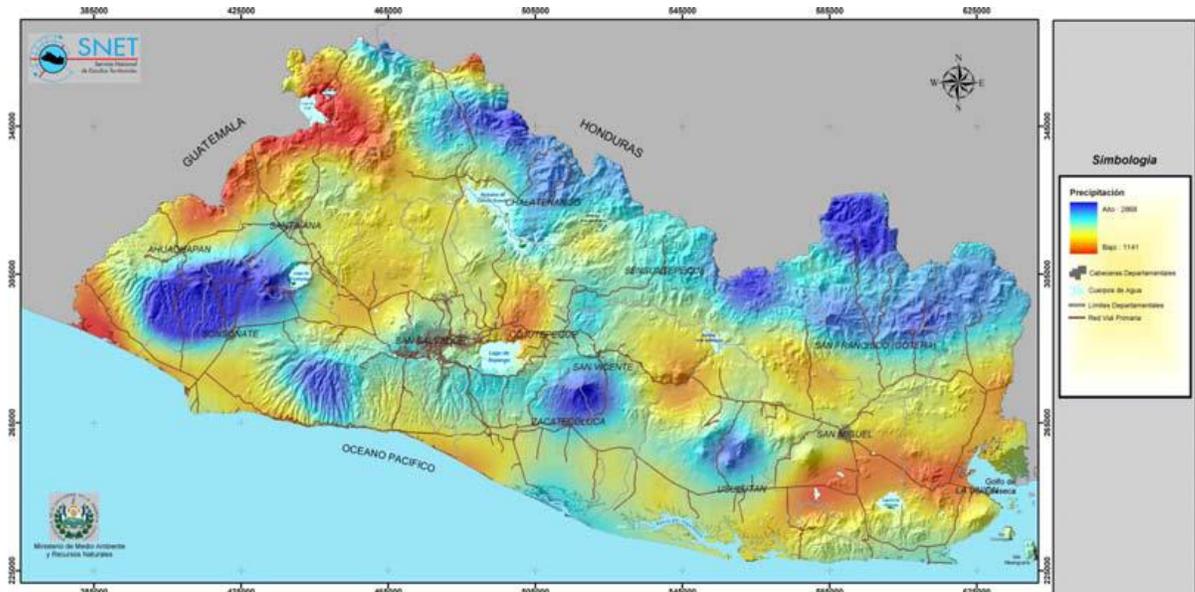
Fig. 3.2 Mapa Representativo De La Temperatura De En El Salvador.

Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

### 3.4.2 Precipitación.

El área de estudio presenta una precipitación promedio anual de 137 .9 mm/año, durante la estación lluviosa cae 92.75%(151.1 mm/año) de lluvia y el 7.25 %(90mm/año) restante en la época de verano ósea la estación seca

Durante el hidrológico que comprende desde mayo hasta abril se distinguen en el periodo lluvioso de fines de mayo a mediados de octubre, una transición lluviosa seca de mediados de octubre a principio de noviembre; un periodo seco de principio de noviembre a mediados de abril y una transición seca lluviosa de mediados de abril a fines de mayo.



**Fig. 3.3** Mapa Representativo de La Precipitación en EL Salvador

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

Según observaciones verificadas en El Salvador durante 50 años de 1918 a 1967 se calcularon las siguientes fechas promedios para principio y final de estaciones:

- Estación Seca: Inicia el 14 de noviembre y finaliza el 14 de abril, duración 157 días.
- Estación seca lluviosa: Inicia el 20 de abril y finaliza el 20 de mayo, duración 31 días.
- Estación lluviosa: Inicia el 21 de mayo y finaliza el 16 de octubre duración 149 días.

- Estación Lluviosa seca. Inicia el 17 de octubre y finaliza el 13 de noviembre duración 28 días.

A continuación se presenta el cuadro 3.2 el cual muestra valores promedio mensuales y anuales de los principales parámetro climatológicos registrados en la estación del SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales) ubicada en El Papalón Departamento de San Miguel, con índice M-18.

ESTACION: EL PAPALON

LATITUD NORTE: 13°26.6'

INDICE: M-18

LONGITUD OESTE: 88°07.4'

DEPARTAMENTO: SAN MIGUEL

ELEVACION: 80msndm

Tabla 3.2 Datos Climatológicos de La Zona de Estudio (2008).

Año/Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación (mm)	1.2	0.7	3.8	28.8	175.4	257.7	202.2	240.8	313.7	203	51.5	5
Temp. Promedio (°C)	27.3	28.1	29.1	29.8	29.0	27.9	28.0	27.8	26.8	26.8	26.8	26.9
Temp. Max. Promedio	38.7	37.6	38.2	38.3	36.0	34.1	34.8	34.5	33.2	33.3	34.1	35.6
Temp. Min. Promedio (°C)	17.7	18.3	20.1	22.1	23.0	22.5	21.8	21.9	20.0	21.6	20.0	18.2
Temp.Max.Abs. Promedio (°C)	38.4	39.6	40.4	40.8	39.6	36.7	36.8	36.9	35.4	35.0	36.1	37.2
Temp.Min.Abs. Promedio (°C)	14.8	15.5	17.1	19.2	20.7	20.8	19.9	20.1	20.5	19.6	17.3	15.4
Luz Solar hr/día	9.1	9.5	9.5	8.7	7.5	7.3	8.5	8.3	6.9	7.6	8.2	8.8
Humedad Relativa (%)	59	56	57	60	70	76	73	75	81	79	73	64
Evapotranspiración Potencial (mm)	158	160	198	201	192	168	180	176	150	148	141	146
Viento Velo. Media Escala Beautort	1.5	1.6	1.5	1.5	1.3	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.4

3

---

<sup>5</sup> FUENTE: SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales).

### 3.5 DESCRIPCION DE FLORA Y FAUNA.

#### 3.5.1 Flora.

En nuestro país se tiene diferentes tipos de vegetación natural, cada zona tiene su propia formación y condición ambiental que permite el desarrollo de una diversidad biológica determinada.

Ecológicamente las plantas principalmente los bosques son importantes porque evitan la erosión de los suelos y por que contribuyen en la infiltración del agua y por lo tanto en la recarga del manto acuífero. Muchas especie de planta son importante para el hombre porque sirven para hacer cortinas rompe viento, protecciones contra la erosión defensa contra las arremetidas de los ríos y también como fuente de recreación al usarlas como jardín.

En nuestra área de estudio podemos definir la vegetación como plantas nativas que se han desarrollado y establecidos atreves del tiempo en forma natural, sin embargo; podemos encontrar también muchas especies exóticas originarias de otros países, que han sido plantadas y adaptadas a las condiciones propia de nuestro medio; Encontrándose plantas como el laurel de la india el cual es originario de África que en nuestro país forma parte hasta de la vegetación que espontáneamente crece en áreas que han sido taladas y arrasadas.

Por nuestra zona de estudio pasa el rio El Jute tipificándose la vegetación que se encuentra en ambos lados del mismo, como el árbol de mongollano, almendro de rio, Carreto, entre otros.

La flora del Campus Universitario está constituida por pastizales. Las especies arbóreas más notables son: papaturro, chaparro, Carreto, almendro de río, guácimo, mango, marañón, morro, madre cacao, nance, capulín de monte, conacaste blanco y negro, etc.

### 3.5.2 Fauna.

La fauna silvestre en El Salvador, ha disminuido gradualmente durante las últimas décadas. Esta disminución es debido a la extensión del desarrollo urbano e industrial hacia las áreas verdes teniendo como consecuencia la deforestación y la desaparición de muchos ecosistemas.

Con la disminución de muchas áreas forestales, los animales que se encuentran establecidos en estas, han sido desplazados a ocupar otras áreas menos favorables como son las zonas urbanas y semi-urbanas de nuestro país donde aún existen áreas arboladas.

El crecimiento poblacional y la limitación de hábitat son factores claves que determinan la extinción de ciertas especies. Entre la fauna más predominante en la zona tenemos: conejo silvestre, cuzuco, rata, paloma ala blanca, aves migratorias, pijuyo, zanate, torogós, tortolita común, garrobo, iguana, lagartija, zenzontle, perico, serpientes, sapo y diversidad de insectos etc.

## 3.6 ASPECTOS FISIOGRAFICOS Y GEOLÓGICOS.

Los suelos de la facultad se consideran superficialmente planos con pendientes menores al 10% por ello las zonas de desarrollo físico más adecuado están en la zona norte.

La capa superficial del suelo de la Facultad, es predominantemente arcillosa, con un color que varía de gris oscuro a rojizo en la época lluviosa posee alta plasticidad y expansibilidad. Hay dos tipos de suelos que prevalecen y son los grumosoles (80%) suelos arcillosos y los francos arenosos (20%).

En la actualidad la vocación agrícola que posee el suelo predominantemente para cultivos de hortaliza, gramíneas (maíz, maicillo), pastos, musáceas (plátano y guineo) y

plantas forestales. Potencialmente también el suelo puede utilizarse para el cultivo de la caña de azúcar y árboles frutales.

Los cultivos que actualmente existen son afectados por dos tipos de plagas típicas del suelo y del follaje, entre las plagas del suelo están: la gallina ciega, gusano de alambre y nematodos, entre las plagas del follaje se encuentran: el gusano cogollero, mosca blanca y tortuguilla.

Actualmente de las 103 manzanas que comprende el campo experimental del departamento de Ciencias Agronómicas, se usan el 100% distribuidos así: 2 y media manzanas de bosques, 2 para musáceas (plátano, guineo), 10 para cultivo de maicillo de corte y el resto del área es utilizado para pastaje.



**Figura 3.4** Mapa Geológico de la zona de estudio (U.E.S. F.M.O.)

**Fuente:** Cuadrante 2556-II San Miguel por Hammerschmitd.

### 3.7 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.

El recurso hídrico con que posee la facultad es el río El Jute, el cual posee un caudal de  $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ , el nivel freático de los mantos subterráneos se encuentra a 15m de profundidad. También se cuenta con dos pozos industriales aperturados y uno cerrado superficialmente. Uno de los pozos se localiza al nor-oeste de las instalaciones del edificio de medicina con una bomba subterránea que tiene una potencia de 5hp. El pozo tiene 6m. De profundidad con una utilidad de 45m. De agua siendo este el único pozo con tratamiento de cloración (una pastilla cada 2 días); el pozo posee dos cisternas con capacidad de  $100\text{m}^3$  y  $30\text{m}^3$  que son suficiente para satisfacer la demanda de agua de toda la facultad.

El otro pozo está localizado en el área del campo experimental del departamento de Ciencias Agronómicas, con un tanque de captación aéreo que se usa para actividades agropecuarias con capacidad de  $11.5 \text{ m}^3$ , sin tratamiento químico.

El campus universitario está invadido por una variedad de residuos, sustancias volátiles, gases tóxicos, humo y polvo provenientes de diversas actividades de los miembros de la comunidad universitaria, los cuales provocan enfermedades respiratorias y de otra naturaleza que afectan la salud de los miembros y deterioran el entorno en que se desarrollan las actividades académicos –administrativas de la facultad.

### 3.8 SITUACION ACTUAL DE LAS AGUAS RESIDUALES.

La situación de la salubridad del ambiente de La Facultad Multidisciplinaria Oriental de La Universidad de El Salvador es bastante evidente en cuanto a la variedad de problemas que afectan directamente la salud de sus miembros algunos de los problemas más evidente son: La construcción de canaletas abiertas que transportan a

diario desechos líquidos (aguas residuales) que vierten los cafetines sin ningún mecanismo de tratamiento.

También en actividades de laboratorios se utilizan una gran variedad de reactivos y sustancias químicas que liberan gases altamente volátiles y tóxicos que no se controlan por la carencia de equipo eficaz que garantice la depuración y minimicen su efecto en la población universitaria.

### 3.8.1 Fosa de La Biblioteca.

El edificio de la biblioteca tiene su propia fosa de aguas residuales la cual cuenta con fosa de captación cuyas dimensiones son (2.35 x 7.20) m la cual contiene una caja de inspección de 0.80x0.80m y luego pasa a un filtro biológico para posteriormente hacer las descargas al aire libre en una quebrada al costado oriente de la FMO a la orilla de la carretera litoral.

A simple vista se logra percibir que la fosa de captación se encuentra en buen estado; en cuanto al filtro biológico solo se observa la caja de inspección la cual se encuentra en buen estado



**Figura 3.5** Fosa de captación del edificio de la biblioteca.



**Figura 3.6** Caja de inspección del filtro biológico

### **3.8.2 Cafetines Ubicados Al Costado Norte del Auditorio.**

Las aguas servidas provenientes de los cafetines, son conducidas por medio de canales abiertos a una caja de captación las cuales están destruidas y no está en funcionamiento debido a este problema las aguas servidas son descargados al aire libre y sin su tratamiento adecuado. El cafetín de señora tina se conduce por medio de tubería y tiene una caja desengrasante la cual se observa que está en mal estado, y tiene caja de captación la cual ya no funciona y las aguas por sí mismas son descargadas al aire libre sin ningún tipo de tratamiento.



**Fig. 3.7** Canales de conducción de aguas residuales



**Fig. 3.8** Disposición final de aguas residuales de cafetines.



**Fig. 3.9** Lugar de disposición final de las aguas residuales de cafetines.



**Fig. 3.10** Separador de grasa y aceite en mal estado.



**Fig. 3.11** Caja desengrasante de Cafetín ubicado al norte del auditorio.

### 3.8.3 Cafetín Ubicado Al Sur de Los Edificios de Medicina:

El cafetín de medicina conduce las aguas servidas por medio de tuberías hacia una caja de captación la cual superficialmente se observa destruida lo cual permite que las aguas superficiales o aguas lluvias ingresen a dicha caja ocasionando el aumento del volumen provocando el derrame del conjunto aguas residuales- aguas lluvias.



**Fig. 3.12** Caja de captación.



**Fig. 3.13** Caja de captación de cafetín de medicina.

#### **3.8.4 Laboratorio De Biología.**

La fosa que está ubicada al costado norponiente del departamento de ingeniería y arquitectura es la encargada de captar las residuales provenientes del laboratorio de biología y servicios sanitario de dicho laboratorio la cual por las visitas de campo realizadas se pudo constatar de que se encuentran en completo estado de obsolescencia ya que su infraestructuras ya está colapsada (las losa se encuentra separadas de las paredes de la fosa) provocando un ambiente desagradable debido a los malos olores generados por esta.



**Fig. 3.14** fosa de captación del laboratorio de biología.



**Fig. 3.15** Grietas en fosa de captación del Laboratorio de Biología.

### **3.8.5 Fosa De Sanitarios Ubicados Al Sur Y Norte Del Auditorio.**

Las fosas mostradas en fig. 3.16 ,3.17 son las encargadas de recibir las aguas residuales producidas por los sanitarios generales ubicados al costado norte y sur del auditorium de la facultad, esta fosa es la que recibe la mayor cantidad de aguas

residuales ya que la mayor concentración de personas está ubicada a sus alrededores. Esta fosa según visita de campo se pudo constatar que se encuentra en buen estado.



**Fig. 3.16** Tapadera de fosa séptica.



**Fig. 3.17** Fosa de captación de los baños del auditorio.

### 3.8.6 Punto De Descarga De Las Aguas Residuales Provenientes Del Edificio De La Biblioteca.

En las fig.3.18 y 3.19 se muestra el punto de descarga de aguas residuales producidas por el edificio de la biblioteca las cuales han sido previamente tratadas en un filtro biológico y estas aguas son conducidas dentro de las tuberías de aguas lluvias por medio de una tubería de de Cloruro de Polivinilo (P.V.C), cuyo diámetro es de 2 pulgadas la cual es conducida dentro de una riblock de 8" de diámetro las cual es utilizada para trasportar aguas lluvias.



**Fig. 3.18** Punto de descarga de aguas provenientes del edificio de la biblioteca.



**Fig. 3.19** Punto de descarga de aguas provenientes del edificio de la biblioteca,

### **3.8.7 Punto de Descarga de Las Aguas Residuales Provenientes de Los Cafetines Ubicados Al Costado Norte Del Auditorio General.**

Este punto de descarga está ubicado al costado poniente de las aulas de economía a unos 22mts. Las aguas provenientes de los cafetines son descargadas superficialmente en este punto, lo cual en la actualidad se ha convertido en un foco de contaminación ambiental, y generador de enfermedades.



**Fig. 3.20** Punto de descarga de aguas residuales proveniente de los cafetines.



**Fig. 3.21** Punto de descarga de aguas residuales proveniente de los cafetines.

### **3.8.8 Punto de Descarga de Las Aguas Residuales Provenientes de Los Edificios de Medicina.**

Actualmente las aguas residuales provenientes de los edificios de las aulas y los laboratorios de medicina son depositadas en un sistema de fosa y filtro biológico, las cuales luego de pasar por este son descargadas a una quebrada la cual se conduce al río el Jute. Estas aguas que son descargadas a la quebrada mencionada anteriormente son depositadas en estas sin saber si cumple con los parámetros máximos permisibles por la norma de la CONACYT y La Ley de Medio Ambiente para ser descargadas a un cuerpo receptor debido a esta problemática en nuestro estudio haremos las pruebas necesarias para poder caracterizar las aguas y luego proponer un sistema adecuado que cumpla con los parámetros permisibles con el marco legal de nuestro país en caso en que estos de que estos no se estén cumpliendo.



**Fig.3.22** Cuerpo receptor de aguas residuales provenientes de medicina.



**Fig. 3.23** Cuerpo receptor de aguas residuales provenientes de medicina.

### 3.9 UBICACIÓN DE MEDIDORES DE CAUDAL.

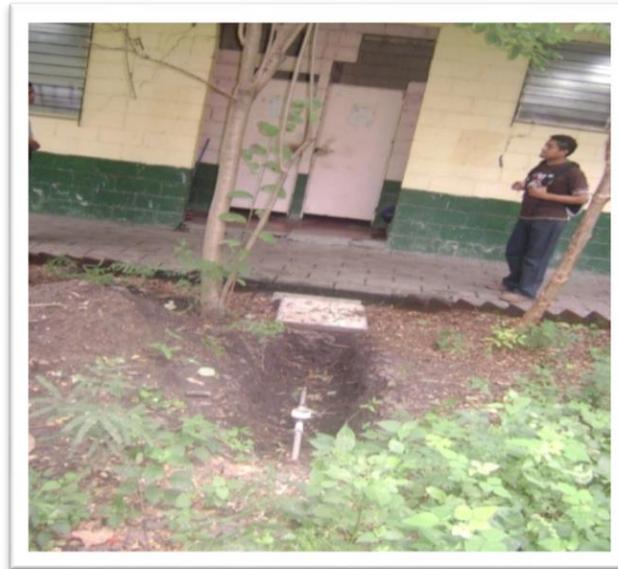
A continuación se muestra una serie de fotografías donde se muestra la ubicación de cada uno de los medidores utilizados para la medición del gasto o caudal de aguas residuales generados en La Facultad Multidisciplinaria Oriental.



**Fig. 3.24** Medidor Para Baños Ubicados Al Costado Sur del Auditorio General.



**Fig. 3.25** Medidor de Caudal Utilizado En Baños Ubicados Al Costado Norte del Auditorio General.



**Fig.3.26** Medidor Para Baños de Biología.



**Fig. 3.27** Medidor utilizado para medir caudal de aguas en los cafetines.



**Fig. 3.28** Medidor Para Edificio de La Biblioteca.

### 3.10 MEDICION DE CAUDAL Y CÁLCULO DE CAUDAL.

La medición de caudal de las aguas residuales generadas en La Facultad Multidisciplinaria Oriental se realizaran en diferentes sectores; cómo se detalla a continuación:

- ❖ Caudal Generado En Los Cafetines Ubicados Al Costado Norte del Auditorio.
- ❖ Caudal Generado En El Edificio de La Biblioteca.
- ❖ Caudal Generado En Los Baños Ubicados Al Costado Norte del Auditorio.
- ❖ Caudal Generado En Los Baños Ubicados Al Costado Sur del Auditorio.
- ❖ Caudal Generado En Laboratorio de Biología.
- ❖ Caudal Generado En Laboratorio de Química.
- ❖ Caudal Generado En Los Edificios de Medicina.

### 3.10.1 Medición de Caudal Generado Por Los Cafetines Ubicados Al Costado Norte del Auditorio.

Para la medición de este gasto se utilizo un medidor de caudal como el que se ilustra en la Fig.3.29, este se coloco en la tubería que suministra el agua a los diferentes cafetines ubicados en esta zona.



Fig. 3.29 Medidor utilizado para medir caudal de aguas en los cafetines.

Tabla 3.3 Volumen de aguas residuales generados por los cafetines ubicados al costado norte del auditorium.

DIA	VOLUMEN DE AGUA (litros)	CAUDAL PROMEDIO (L/min)
Lunes	12019.1	8.1762
Martes	14189.6	9.6528
Miércoles	13104.4	8.9145
Jueves	12759.1	8.6797
Viernes	11472.4	7.8043
Sábado-Domingo	12786.5	4.3940

### GRAFICO DEL GASTO DE AGUA DE LOS CAFETINES

■ L/s

**Figura 3.30** Caudal de agua generado por los cafetines ubicados al costado norte del auditorium (unidades utilizadas lt/seg).

### 3.10.2 Caudal Generado En El Edificio de La Biblioteca.

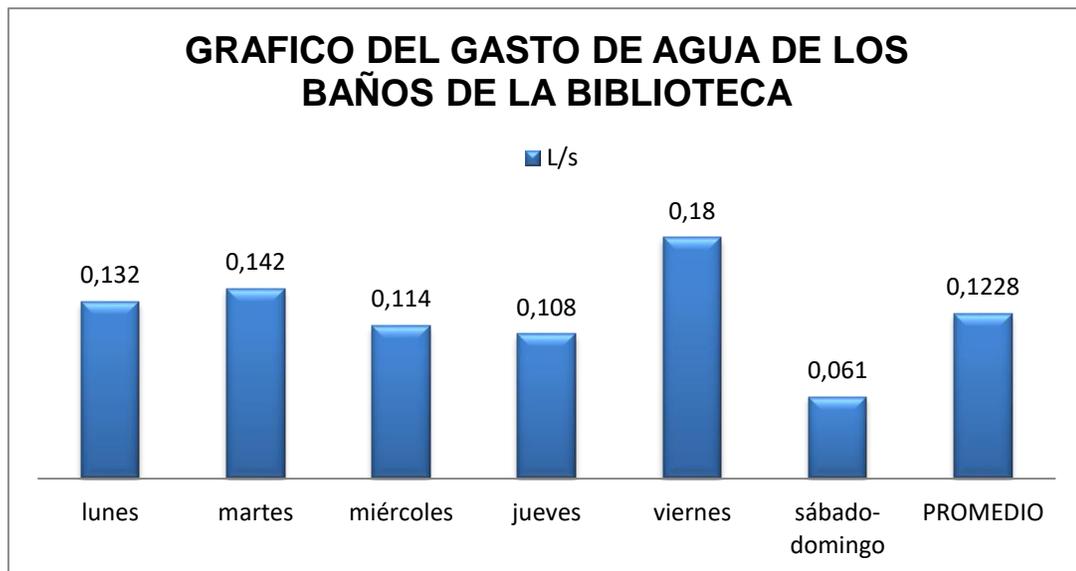
Para la medición de caudal de aguas residuales generado en el edificio de la biblioteca se utilizo un medidor de caudal como el que se ilustra en la Fig.3.31



**Fig. 3.31** Medidor de agua para el Edificio de La Biblioteca.

**Tabla 3.4** Caudal Generado Semanalmente de Aguas Residuales del Edificio de La Biblioteca.

DIA	VOLUMEN DE AGUA (litros)	CAUDAL PROMEDIO (L/min)
Lunes	11678	7.9442
Martes	12300.5	8.542
Miércoles	10028.7	6.8222
Jueves	9540.7	6.4903
Viernes	15895.3	10.8131
Sábado y Domingo	5391.7	3.6678



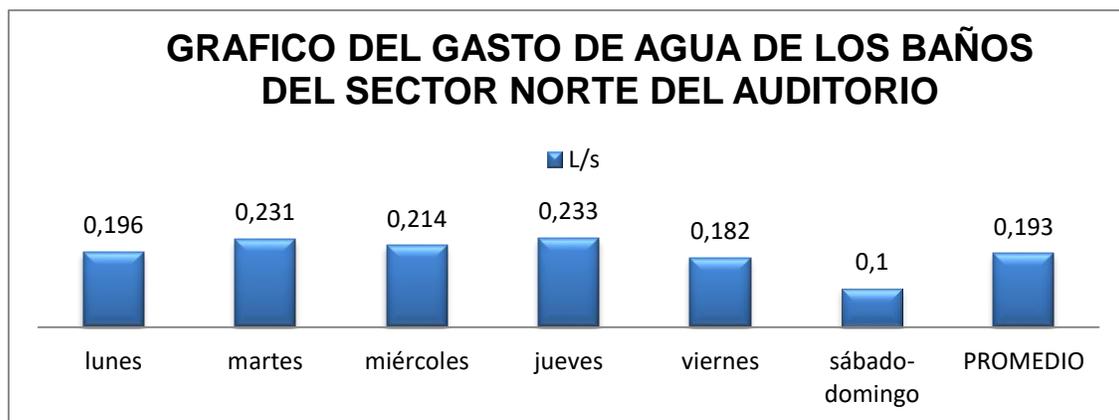
**Figura 3.32** Grafico del gasto de agua correspondiente a los baños de la biblioteca (unidades lts/seg).

### 3.10.3 Caudal Generado En Los Baños Ubicados Al Costado Norte del Auditorio.

Este caudal de aguas se midió utilizando un medidor de volumen, colocado en la tubería principal que lleva el agua potable a los baños. A continuación se representa a través de la tabla 3.8 y la figura 3.33 el gasto de aguas durante una semana.

**Tabla 3.5** Caudal de aguas residuales provenientes de los Baños Ubicados Al Costado Norte del Auditorio.

DIA	VOLUMEN DE AGUA (litros)	CAUDAL PROMEDIO (L/min)
Lunes	17330	11.7891
Martes	20353.9	13.8462
Miércoles	18842	12.8177
Jueves	20562.1	13.9878
Viernes	16083.7	10.9413
sábado- domingo	17468.3	6.0029



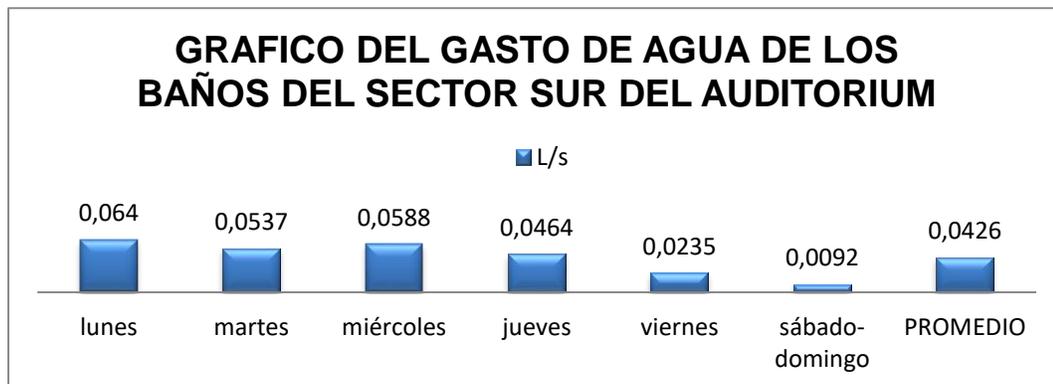
**Figura 3.33** Gastos de aguas residuales de baños ubicados al costado norte del auditorium (unidades utilizadas en lts/seg).

### 3.10.4 Caudal Generado En Los Baños Ubicados Al Costado Sur del Auditorio.

Este caudal de aguas se midió utilizando un medidor de volumen, colocado en la tubería principal que lleva el agua potable a los baños. A continuación se representa a través de la tabla 3.9 y la figura 3.34 el gasto de aguas durante una semana.

**Tabla 3.6** Volumen de aguas residuales provenientes de los baños ubicados al Costado sur del auditorio.

DIA	VOLUMEN DE AGUA (litros)	CAUDAL PROMEDIO (L/min)
Lunes	5640.4	3.837
Martes	4734.4	3.2207
miércoles	5187.4	3.5288
Jueves	4095.8	2.7863
Viernes	2072	1.4095
sábado-domingo	1600	0.5498



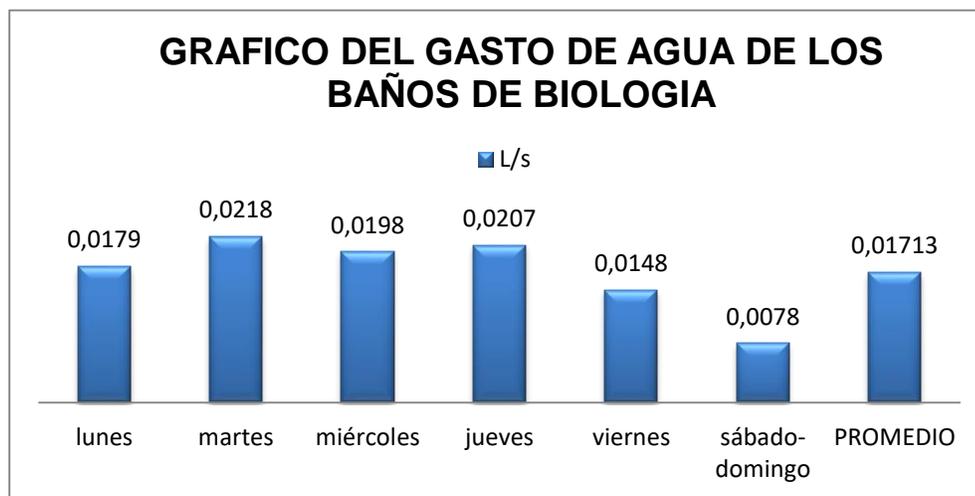
**Figura 3.34** Representación grafica de los gastos de aguas residuales de los baños ubicados al costado sur del auditorium (unidades utilizada en lts/seg).

### 3.10.5 Caudal Generado En Laboratorio de Biología.

Este caudal de aguas se midió utilizando un medidor de volumen, el cual fue colocado en la tubería principal que lleva el agua potable a baños, como al laboratorio. A continuación se representa a través de la tabla 3.10 y la figura 3.35 el gasto de aguas durante una semana.

**Tabla 3.7** Gasto de agua en el laboratorio de biología.

DIA	VOLUMEN DE AGUA (litros)	CAUDAL PROMEDIO (L/min)
Lunes	1575.5	1.0718
Martes	1920.2	1.3062
Miércoles	1747.9	1.189
Jueves	1830	1.2449
Viernes	1303.5	0.8867
Sábado-Domingo	1356.7	0.4662



**Figura 3.35** Representación grafica de los gasto de agua provenientes del laboratorio de biología (la unidades utilizadas son en litros/seg).

**3.10.6 Caudal Generado En Laboratorio Y La Sección de Química.**

### ➤ Caudal Generado Por El Laboratorio de Química.

El caudal generado en el laboratorio de química se midió utilizando un recipiente de volumen conocido (5 galones); el cual en cuanto se llenaba se vaciaba y se tomaba su tiempo.

La medición del caudal o volumen generado por el laboratorio de química se llevo a cabo un día jueves, ya que este es el día que en el laboratorio se realizan mas practicas en comparación a con el resto de días de la semana.



Fig. 3.36 Medición de caudal en punto de descarga.

**TABLA 3.8** Volumen de agua descargo del laboratorio de química.

HORA	VOLUMEN (litros)
08:00 a.m.	0
09:00 a.m.	120
10:00 a.m.	140
11:00 a.m.	220
12:00 p.m.	60
01:00 p.m.	80
02:00 p.m.	120
03:00 p.m.	40
04:00 p.m.	0
<b>TOTAL</b>	<b>780</b>

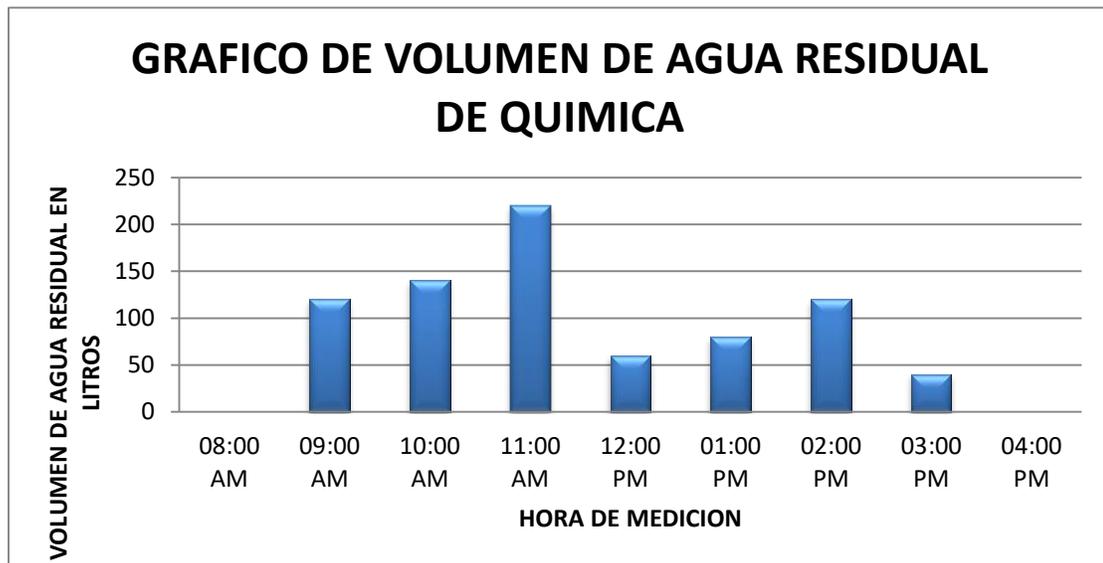


Figura 3.37 Grafica de volumen de agua residual generado en laboratorio de química.

### ➤ Caudal Generado Por La Sección de Química.

Para medir el caudal producido en la sección de química se hizo tomando en consideración las poblaciones tanto personal docente de este edificio.

- **Calculo del Caudal Medio Diario ( $Q_{md}$ ).**

El cálculo se hará por medio de la formula:

$$Q_{md} = \frac{(\text{Numerohabitantes} \times \text{dotacion})}{86400}$$

**Donde:**

86400 = *constante de conservacion* (86400 seg = 24 horas)

**Solución:**

$$Q_{md} = \frac{(N_{\text{habitantes portramo}} \times \text{dotacion})}{86400}$$

$$Q_{md} = \frac{(32 \text{ hab} \times 40 \frac{\text{lt}}{\text{hab} \cdot \text{dia}})}{86400}$$

$Q_{md} = 0.0148 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$  Aplicando la reducción a este caudal como lo establece la norma de ANDA (agua residual = 80% del agua servida).

$$Q_{md} = 0.0148 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} \times 80\%$$

$$Q_{md} = 0.01185 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

### Caudal máximo horario ( $Q_{\text{max hor.}}$ ).

La formula a utilizar es:  $Q_{\text{max hor}} = K_2 \times Q_{md}$ .

Donde:

$K_2$  = es un factor de variación de consumo que según Norma de ANDA varia de 1.8 a 2.4.

$$Q_{\text{max hor}} = 1.8 \times 0.01185$$

$$Q_{\text{max hor}} = 0.02133333 \text{ lts/s}$$

$$Q_{\text{max hor}} = 0.02133 \text{ lts/seg}$$

**Total de caudal producido por día:**

$$Q_{TOTAL} = 0.0213 \frac{lt}{seg} \times 60 \times 60 \times 6hrs$$

$$Q_{TOTAL} = 460.8lt$$

$$Q_{TOTAL} = 0.4608m^3$$

$Q_{TOTAL} = 0.4608 m^3/día$  Este caudal es el generado diariamente en el departamento de química.

### 3.10.7 Caudal Generado En Los Edificios de Medicina.

Para medir los caudales producidos en los edificios de medicina se hizo tomando en consideración las poblaciones tanto personal docente y estudiantil de estos edificios.

En el capítulo 1 sección 5 de las Normas de A.N.D.A. se presenta un listado de dotaciones de agua potable en función de la actividad económica y la estructura social de la población. Considerando las características de la población en estudio, se determina que las dotaciones que deben utilizarse en el diseño son una dotación para escuelas con alumnos externos.

Según A.N.D.A. para escuela proporciona las dotaciones con los siguientes valores con alumnos externos 40 l/alumno/d, internados 200 l/alumno/d y para la unidad de salud 500 l/consultorio/d, parque 1.5 l/m<sup>2</sup>/d; De manera que las dotaciones que se utilizan en el diseño son:

- Para escuelas con alumnos externos 40 lts/alumno/d

Este valor según el mismo capítulo de la norma, establece que deberá ser aumentado en un 20% por desperdicios y fugas.

En cuanto a la dotación para proyectos de alcantarillado sanitario las Normas Técnicas de A.N.D.A. en el capítulo II sección 4 nos dicen que "el caudal de diseño será igual al 80% del consumo máximo horario (de agua potable) correspondiente al final del período de diseño más una infiltración potencial a lo lar de la tubería de 0.10 Lts/seg./ha.

- **Calculo del Caudal Medio Diario (Qmd).**

El cálculo se hará por medio de la formula:

$$Q_{md} = \frac{(N_{o\text{ habitantes}} \times \text{dotacion})}{86400}$$

**Donde:**

$N_{o\text{ habitantes por tramo}}$  = numero de habitantes de cada tramo en estudio

Dotacion =  $40 \frac{\text{Lts}}{\text{hab}} \text{ dia}$  , (segun normas tecnicas de ANDA parte 1 numeral 5)

86400 = constante de conservacion (86400 seg = 24 horas)

**Solución:**

$$Q_{md} = \frac{(N_{o\text{ habitantes}} \times \text{dotacion})}{86400}$$

$$Q_{md} = \frac{(1525 \text{ hab} \times 40 \frac{\text{Lts}}{\text{hab}} \text{ dia})}{86400}$$

$Q_{md} = 0.71 \frac{\text{Lts}}{\text{seg}}$  Aplicando la reducción a este caudal como lo establece la norma de ANDA (agua residual =80% del agua servida).

$$Q_{md} = 0.71 \frac{lbs}{seg} \times 80\%$$

$$Q_{md} = 0.57 \frac{lbs}{seg}$$

**Caudal máximo horario ( $Q_{\max \text{ hor.}}$ ).**

La formula a utilizar es:  $Q_{\max \text{ hor}} = K_2 \times Q_{md}$ .

Donde:

$K_2$ = es un factor de variación de consumo que según Norma de ANDA varia de 1.8 a 2.4.

$$Q_{\max \text{ hor}} = 1.8 \times 0.57$$

$$Q_{\max \text{ hor}} = 1.03 \text{ lbs/s}$$

**$Q_{\max \text{ hor}} = 1.03 \text{ lbs/seg}$**

**Total de caudal producido por día:**

$$Q_{TOTAL} = 1.03 \frac{lbs}{seg} \times 60 \times 60 \times 6 \text{ hrs}$$

$$Q_{TOTAL} = 22248 \text{ lbs}$$

$$Q_{TOTAL} = 22.25 \text{ m}^3$$

**$Q_{TOTAL} = 22.25 \text{ m}^3/\text{día}$**  Este caudal es el generado diariamente en los edificios de medicina

### 3.10.8 Caudal Generado En El Edificio El Riñón.

Para medir los caudales producidos en el edificio del riñón se hizo tomando en consideración las poblaciones tanto personal docente y estudiantil de estos edificios.

- **Calculo del Caudal Medio Diario (Q<sub>md</sub>).**

El cálculo se hará por medio de la formula:

$$Q_{md} = \frac{(N_{o\text{ habitantes}} \times \text{dotacion})}{86400}$$

**Donde:**

86400 = *constante de conservacion* (86400 seg = 24 horas)

**Solución:**

$$Q_{md} = \frac{(N_{o\text{ habitantes}} \times \text{dotacion})}{86400}$$

$$Q_{md} = \frac{(78\text{ hab} \times 40 \frac{\text{lbs}}{\text{hab}} \text{ dia})}{86400}$$

$Q_{md} = 0.036 \frac{\text{lbs}}{\text{seg}}$  Aplicando la reducción a este caudal como lo establece la norma de ANDA (agua residual =80% del agua servida).

$$Q_{md} = 0.036 \frac{\text{lbs}}{\text{seg}} \times 80\%$$

$$Q_{md} = 0.0288 \frac{\text{lbs}}{\text{seg}}$$

**Caudal máximo horario (Q<sub>max hor.</sub>).**

La formula a utilizar es:  $Q_{\max hor} = K_2 \times Q_{md}$ .

Donde:

$K_2$ = es un factor de variación de consumo que según Norma de ANDA varia de 1.8 a 2.4.

$$Q_{\max hor} = 1.8 \times 0.0288$$

$$Q_{\max hor} = 0.05184 \text{ lts/s}$$

$$Q_{\max hor} = 0.05184 \text{ lts/seg}$$

**Total de caudal producido por día:**

$$Q_{TOTAL} = 0.05184 \frac{\text{lts}}{\text{seg}} \times 60 \times 60 \times 6 \text{ hrs}$$

$$Q_{TOTAL} = 1119.74 \text{ lts}$$

$$Q_{TOTAL} = 1.119 \text{ m}^3$$

**$Q_{TOTAL} = 1.119 \text{ m}^3/\text{día}$**  Este caudal es el generado diariamente en el edificio del Riñón

### 3.11 EVALUACION DE LOS SERVICIOS SANITARIOS.

Los servicios sanitarios con los que cuenta el campus universitario se mencionan a continuación:

#### ❖ **Servicios Sanitarios Del Costado Sur Del Auditorio General.**

Estos están a la orden del público en general como estudiantes personal docente y administrativo así como para personas visitantes en general y posee un modulo para damas y otro para caballeros

El de damas consta de 7(siete) inodoros y 5(cinco) lavamanos los cuales por el momento todos se encuentran en funcionamiento. Mientras que el modulo se caballeros consta de 4(cuatro) inodoros de los que funcionan en su totalidad, 3 (tres) mingitorios de los cuales solo 2 (dos) están funcionando y también posee 4 (cuatro) lavamanos de los cuales solo 3 (tres) están en funcionamiento.

#### ❖ **Servicios Sanitarios Del Costado Norte Del Auditorio General.**

Estos al igual que los ubicados al costado sur del auditorio están a la orden del público en general como estudiantes personal docente y administrativo así como para personas visitantes en general y posee un modulo para damas y otro para caballeros.

El de damas consta de 7 (siete) inodoros los que en su totalidad están en función y 5 (cinco) lavamanos los cuales por el momento 4(cuatro) se encuentran en funcionamiento. Mientras que el modulo se caballeros consta de 4(cuatro) inodoros de los cuales funcionan solo 3(tres), así 3 (tres) mingitorios de los cuales todos están funcionando y también posee 4 (cuatro) lavamanos de los cuales solo 3 (tres) están en funcionamiento.

**❖ Servicios Sanitarios De La Sección De Química.**

Estos servicios son de uso exclusivo para el personal docente y administrativo de esta área y sus alrededores y se divide en un modulo para damas el cual se compone de 2(dos) inodoros y 2(dos) lavamanos los cuales todos están prestando sus servicios, y el modulo para caballeros posee 2(dos) inodoros y 1(un) lavamanos y todos funcionando.

**❖ Servicios Sanitarios De La Sección De Biología.**

Estos servicios son de uso exclusivo para el personal docente y administrativo de esta área y sus alrededores; consta de un modulo externo mixto de 2(dos) inodoros y 1(un) lavamanos y 2 módulos en el interior de la sección y se divide en un modulo para damas el cual se compone de 2(dos) inodoros y 2(dos) lavamanos los cuales todos están prestando sus servicios, y el modulo para caballeros posee 2(dos) inodoros y 2(dos) lavamanos y todos funcionando.

**❖ Servicios Sanitarios Del Edificio Administrativo Del Riñón.**

Estos servicios son de uso exclusivo para el personal docente y administrativo que laboran en esta área; consta de un modulo en el segundo nivel mixto de 1(un) inodoro y 1(un) lavamanos y 2 módulos en el primer nivel de mencionado edificio y se divide en un modulo para damas el cual se compone de 2(dos) inodoros y 2(dos) lavamanos los cuales todos están prestando sus servicios, y el modulo para caballeros posee 2(dos) inodoros y 2(dos) lavamanos y todos funcionando.

**❖ Servicios Sanitarios Del Primer Nivel Del Edificio De La Biblioteca.**

Estos servicios están a la orden del público en general como estudiantes personal

docente y administrativo así como para personas visitantes en general y posee un modulo para damas y otro para caballeros

El de damas consta de 10(diez) inodoros y 3(tres) lavamanos los cuales por el momento todos se encuentran en funcionamiento. Mientras que el modulo se caballeros consta de 4(cuatro) inodoros de los que funcionan en su totalidad, 6 (seis) mingitorios de los cuales solo 3 (tres) están funcionando y también posee 4 (cuatro) lavamanos de los cuales solo 3 (tres) están en función.

Y también tiene un modulo exclusivamente para personal docente y administrativo de esta área y lo conforman 6(seis) inodoros y 4(cuatro) lavamanos todos en funcionamiento.

#### ❖ **Servicios Sanitarios Del Segundo Nivel Del Edificio De La Biblioteca.**

Estos servicios son de uso exclusivo para el personal docente y administrativo que laboran en esta área; y lo conforman dos módulos uno para damas y otro para caballeros

El de damas consta de 7(siete) inodoros y 6(seis) lavamanos los cuales por el momento todos se encuentran en funcionamiento. Mientras que el modulo se caballeros consta de 3(tres) inodoros de los que funcionan en su totalidad, 4 (cuatro) mingitorios de los cuales todos están funcionando y también posee 8 (ocho) lavamanos todos en función.

#### ❖ **Servicios Sanitarios Del Primer Edificio De Medicina Nivel Uno.**

Estos servicios están a la orden del público en general como estudiantes personal docente y administrativo así como para personas visitantes en general y posee un modulo para damas y otro para caballeros

El de damas consta de 3(tres) inodoros y 3(tres) lavamanos los cuales por el momento todos se encuentran en funcionamiento. Mientras que el modulo se caballeros consta de 3(tres) inodoros de los que funcionan en su totalidad, y también posee 3 (tres) lavamanos de los cuales todos están en función.

❖ **Servicios Sanitarios Del Primer Edificio De Medicina Nivel Dos.**

Estos servicios están a la orden del público en general como estudiantes personal docente y administrativo así como para personas visitantes en general y posee un modulo para damas y otro para caballeros

El de damas consta de 3(tres) inodoros y 3(tres) lavamanos los cuales por el momento todos se encuentran en funcionamiento. Mientras que el modulo se caballeros consta de 3(tres) inodoros de los que funcionan en su totalidad, y también posee 3 (tres) lavamanos de los cuales todos están en función.

Y también tiene un modulo exclusivamente para personal docente y administrativo de esta área y lo conforman 2(dos) inodoros y 2(dos) lavamanos todos en funcionamiento.

❖ **Servicios Sanitarios Del Segundo Edificio De Medicina Nivel Uno.**

Estos servicios están a la orden del público en general como estudiantes personal docente y administrativo así como para personas visitantes en general y posee un modulo para damas y otro para caballeros

El de damas consta de 3(tres) inodoros y en función así como 3(tres) lavamanos los cuales por el momento solo 2(dos) se encuentran en funcionamiento. Mientras que el modulo se caballeros consta de 3(tres) inodoros de los que funcionan en su totalidad, y también posee 3 (tres) lavamanos de los cuales todos están en función.

Adicionalmente tiene un modulo exclusivamente para personal docente y administrativo de esta área y lo conforman 2(dos) inodoros y 2(dos) lavamanos todos en funcionamiento

❖ **Servicios Sanitarios Del Segundo Edificio De Medicina Nivel Dos.**

Estos servicios están a la orden del público en general como estudiantes personal docente y administrativo así como para personas visitantes en general y posee un modulo para damas y otro para caballeros

El de damas consta de 3(tres) inodoros y 3(tres) lavamanos los cuales por el momento todos se encuentran en funcionamiento. Mientras que el modulo se caballeros consta de 3(tres) inodoros de los que funcionan en su totalidad, y también posee 3 (tres) lavamanos de los cuales todos están en función.

Y también tiene un modulo exclusivamente para personal docente y administrativo de esta área y lo conforman 2(dos) inodoros y 2(dos) lavamanos todos en funcionamiento.

**3.9** Tabla resumen de elementos de servicios de uso público.

<b>BAÑOS PARA ESTUDIANTES Y PUBLICO EN GENERAL</b>			
<b>ZONA</b>		<b>CANT. INODOROS</b>	<b>CANT. MINGITORIOS</b>
<b>ZONA 1</b>	<b>BIBLIOTECA</b>	<b>14</b>	<b>3 buenos y 3 malos</b>

	BAÑOS SUR	11	2 buenos y 1 malo
	BAÑOS NORTE	11	3 buenos
	CAFETINES	0	0
ZONA 2	BIOLOGIA	0	0
	RIÑON	0	0
	MEDICINA	24	0
	QUIMICA LAB.	0	0
	QUIMICA BAÑOS	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>60</b>	<b>8 Buenos y 4 Malos</b>

**3.10** Tabla de elementos y número de servicios de uso exclusivo de personal docente y administrativo.

<b>BAÑOS PARA PERSONAL DOCENTE Y ADMINISTRATIVO</b>			
ZONA		CANT. INODOROS	CANT. MINGITORIOS
ZONA 1	BIBLIOTECA	16	4
	BAÑOS SUR	0	0
	BAÑOS NORTE	0	0
	CAFETINES	0	0
ZONA 2	BIOLOGIA	4	0
	RIÑON	5	0
	MEDICINA	6	0
	QUIMICA LAB.	0	0
	QUIMICA BAÑOS	3	0
<b>TOTAL</b>		<b>34</b>	<b>4</b>

## **CAPITULO IV**



## **ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO**

## 4.1 TOMA Y CONSERVACION DE MUESTRAS DE AGUA.

### 4.1.1 Toma de Muestra.

La toma de muestra de aguas residuales es una operación delicada, que debe llevarse a cabo con el mayor cuidado, dado que condiciona los resultados analíticos y su interpretación. De una manera general, la muestra debe ser homogénea y representativa y no modificar las características fisicoquímicas o biológicas del agua (gases disueltos, materias en suspensión, etc.).

Los tipos de envase a utilizar dependen del tipo de análisis a realizar. Asimismo, dichos envases requieren un tratamiento previo de limpieza, esterilización, etc., en función de los parámetros a determinar.

Los equipos o aparatos a utilizar para realizar la operación de toma de muestra serán en función de las condiciones físicas del lugar de muestreo.

Por otra parte, el tipo de muestra a tomar depende del programa de muestreo establecido y de la finalidad requerida. Así, pueden tomarse muestras simples, compuestas, integradas, etc.

Existen diversas normativas para realizar correctamente la operación de toma de muestra, teniendo en cuenta todos los aspectos anteriores.

### 4.1.2. Recipientes Para La Toma de Muestras.

Exceptuando el material específico que pueda utilizarse para determinaciones especiales, los recipientes en que se recogen las muestras deberán ser de vidrio borosilicatado y tendrán que cumplir los siguientes requisitos:

a) No desprender materia orgánica, elementos alcalinos, boro, sílice u otros que puedan contaminar la muestra recogida.

b) Que la adsorción ejercida por sus paredes sea mínima sobre cualquiera de los componentes presentes en la muestra de agua.

c) Que el material constituyente del recipiente no reaccione con los componentes de la muestra.

d) Deberán poderse cerrar y sellar herméticamente.

Los envases de plástico no deben utilizarse para el análisis de gases disueltos, debido a su permeabilidad, ni para analizar compuestos orgánicos y algunos elementos minerales (por ejemplo fósforo). Dado a su capacidad de absorber dichos compuestos.

Los envases de vidrio no deben utilizarse para tomar las muestras en que se deben determinar: elementos alcalinos, fluoruros, boro, sílice o bien se vaya a medir la radiactividad.

Los envases para la toma de muestra deben tratarse con permanganato potásico y ácido sulfúrico, y después con agua destilada hasta eliminación total de la acidez. En el momento de la toma de muestra, los envases han de ser enjuagados varias veces con el agua a analizar y después llenados completamente sin dejar cámara de aire.

#### 4.1.3. Tipos de Muestras.

- ❖ **Muestras simples:** Son las que se toman en un tiempo y lugar determinado para su análisis individual.
- ❖ **Muestras compuestas:** Son las obtenidas por mezcla y homogeneización de muestras simples recogidas en el mismo punto y en diferentes tiempos.
- ❖ **Muestras integradas:** Son las obtenidas por mezcla y homogeneización de muestras simples recogidas en puntos diferentes y simultáneamente.
- ❖ **Muestras para el laboratorio:** Son las muestras obtenidas por reducción de las muestras anteriores (simples, compuestas o integradas) para realizar el análisis de cada uno de los parámetros.

#### 4.1.4. Procedimientos de Toma de Muestras.

La muestra puede tomarse por alguno de los siguientes métodos:

**a) Directamente** en la botella o recipiente que se va a enviar al laboratorio o que se utilice para las determinaciones "in situ". Este procedimiento está recomendado en grifos de redes de distribución, fuentes, canales de riego, arroyos de poca profundidad, pozos dotados de bombas de extracción y casos similares. En estos casos, es recomendable dejar fluir el agua durante cierto tiempo para conseguir que la muestra sea verdaderamente representativa.

**b) Mediante equipos de toma de muestra.** Estos equipos se utilizan en ríos, embalses, pozos sin bomba, grandes depósitos de almacenamiento, etc. En estos casos es preciso considerar diversos factores, tales como la profundidad, flujo de corriente, distancia a la orilla, etc. Si es posible, es recomendable obtener muestras integradas, y de no ser posible, se tomarán muestras simples en los lugares más apropiados de la masa de agua (centro, orillas, a profundidades distintas, etc.). Asimismo, dependiendo de las necesidades, se tomarán muestras compuestas (por ejemplo, en el estudio de vertidos industriales, urbanos, etc.

La muestra que se tomo el Facultad Multidisciplinaria Oriental fue de tipo simple; ya que fue tomada en un lugar y hora específico.

La hora que se tomo la muestra fue entre las 6:30 y 7:30 a.m. pues se considera que es la hora en que se podría obtener una muestra representativa y es la hora en que recomendamos hacer el muestreo para ubicaciones donde existan redes de poca contribución de viviendas.



**Fig.4.1** Toma de muestra antes de llegar al sistema de tratamiento.



**Fig.4.2** Toma de muestra a la salida del filtro biológico de la biblioteca.

#### **4.1.5. Conservación de Muestras.**

Una vez tomada la muestra, ésta sufre una serie de procesos que alteran sus características fisicoquímicas y biológicas. Así, por ejemplo, puede ocurrir: fijación de ciertos elementos sobre las paredes de los recipientes y sobre las partículas suspendidas,

pérdida de gases disueltos, precipitaciones secundarias de cambio de valencia, acción de gérmenes presentes, etc. Por ello es necesario, tomar ciertas precauciones con miras a su conservación y estabilización de los constituyentes, durante el tiempo que transcurra entre la toma de muestra y el análisis. No obstante, ciertos parámetros del agua requieren determinaciones "in situ" (por ejemplo, pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, etc.) o bien de forma inmediata en el laboratorio.

De manera general, es necesario conservar las muestras a baja temperatura (4°C) tanto durante el transporte como en el laboratorio durante el tiempo que transcurra hasta la realización del análisis.

La conservación y transporte debe ser inmediata a la recolección de la muestra; para la conservación de la muestra se debe tener una hielera en la cual se colocara el envase con la muestra y se deberá rellenar los costados con hielo para mantener la muestra a baja temperatura.

La adición de ciertos compuestos químicos facilita la conservación de las muestras durante un cierto tiempo. No obstante, ciertos parámetros deben ser determinados dentro de las 24 horas siguientes (por ejemplo, color, turbidez, residuos, cianuros, fenoles, detergentes, compuestos nitrogenados, etc.) aun añadiéndole dichos agentes preservantes.

En la tabla 4.1 se indican los agentes de preservación recomendados para cada determinación y el tiempo máximo que debe transcurrir desde la toma de muestra hasta que se realice el análisis.

**Tabla 4.1.** Toma Y Conservación De Muestras De Aguas.

PARAMETRO A DETERMINAR	TIPO DE ENVASE	AGENTE DE PRESERVACION	TIEMPO MAXIMO
Temperatura	-	-	Medida "in situ".
pH, Conductividad	P o V	-	Medida "in situ" o de manera inmediata.
Olor, color, sabor	V	-	24 h.
Turbidez, residuo, materia en suspensión, alcalinidad	P o V	-	24 h.
Oxígeno disuelto	V	-	Preferible medida "in situ" o de manera inmediata.
D.B.O 5	P o V	-	6 h.
Oxidabilidad	V	-	6 h.
D.Q.O.	P o V	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2 ml/l)	Lo antes posible (hasta 24 h.).
Amoníaco, nitritos, carbono orgánico	P o V	HgCl <sub>2</sub> (40 mg/l)	24 h.
Nitratos	P o V	HgCl <sub>2</sub> (40 mg/l)	6 h.
Nitrógeno total	P o V	HgCl <sub>2</sub> (40 mg/l)	48 h.
Cloro	P o V	-	Inmediato.
Cloruros, sulfatos	P o V	-	7 días.
Sulfitos	P o V	-	Inmediato.
Fosfatos	V	HgCl <sub>2</sub> (40 mg/l)	24 h.
Aceites y grasas	V	HCl (2 ml/l)	Lo antes posible.
Pesticidas	V	-	24 h.
Hidrocarburos policíclicos	V	-	6 días.
Detergentes	V	HgCl <sub>2</sub> (20 mg/l)	24 h.

P = polietileno V = Vidrio

Tabla 4.I. Continuación. PARAMETRO A DETERMINAR	TIPO DE ENVASE	AGENTE DE PRESERVACION	TIEMPO MAXIMO
Fenoles	V	CuSO <sub>4</sub> (1 g/l) y H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> hasta pH 4	24 h.
Mercurio	P	HNO <sub>3</sub> (2 ml/l)	2 meses.
Arsénico	P o V	HCl (2 ml/l)	2 meses.
Metales disueltos	P o V	Filtrar de inmediato. Añadir HNO <sub>3</sub> (2 ml/l)	3 meses.
Metales totales	P o V	HNO <sub>3</sub> (2 ml/l)	3 meses.

P = polietileno V = Vidrio.

#### 4.2. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

A continuación se muestra una serie de resultados obtenidos en diferentes puntos de análisis los cuales se comparan con los parámetros establecidos en norma salvadoreña CONACYT en las siguientes tablas que se muestran a continuación.

**Tabla 4.2** Resultados Obtenidos Antes De Llegar Al Filtro Biológico.

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO OBTENIDO	LIMITES DE PROPUESTA DE CONACYT	OBSERVACIONES
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	Mg/L	<b>275.0</b>	60.00	El parámetro esta fuera de los límites establecido por la norma CONACYT
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	Mg/L	<b>399.0</b>	100.00	El parámetro esta fuera de los límites establecido por la norma CONACYT
<b>PH</b>		<b>7.8</b>	5.5-9.0	El parámetro esta dentro de los límites establecido por la norma CONACYT
<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS</b>	Mg/L	<b>72.0</b>	60.00	El parámetro esta fuera de los límites establecido por la norma CONACYT
<b>SOLIDOS SEDIMENTABLES</b>	MI / L	<b>0.20</b>	1.00	El parámetro esta fuera de los límites establecido por la norma CONACYT
<b>SOLIDOS TOTALES</b>		<b>704.0</b>	No Normado	
<b>SOLIDOS DISUELTOS</b>		<b>632.0</b>	No Normado	

**Tabla 4.3** Resultados Obtenidos De Las Aguas Residuales Después De Ser Tratadas En El Filtro Biológico.

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO OBTENIDO	LIMITES DE PROPUESTA DE CONACYT	OBSERVACIONES
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b>	Mg/L	<b>185.0</b>	60.00	El parámetro esta fuera de los límites establecido por la norma CONACYT
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	Mg/L	<b>264.0</b>	100.00	El parámetro esta fuera de los límites establecido por la norma CONACYT
<b>PH</b>		<b>7.5</b>	5.5-9.0	El parámetro esta dentro de los límites establecido por la norma CONACYT
<b>SOLIDOS SUSPENDIDOS</b>	Mg/L	<b>8.0</b>	60.00	El parámetro esta fuera de los límites establecido por la norma CONACYT
<b>SOLIDOS SEDIMENTABLES</b>	ml / L	<b>≤0.2</b>	1.00	El parámetro esta fuera de los límites establecido por la norma CONACYT
<b>SOLIDOS TOTALES</b>		<b>556.0</b>	No Normado	
<b>SOLIDOS DISUELTOS</b>		<b>548.0</b>	No Normado	

**Tabla 4.4.** Resultados Obtenidos En Muestras Tomada A Las Aguas Residuales Provenientes De Los Cafetines Ubicados Oriente De La Biblioteca.

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO OBTENIDO	LIMITES DE PROPUESTA DE CONACYT	OBSERVACIONES
				El parámetro esta fuera

<b>GRASAS ACEITES</b>	Y	Mg/L	<b>282.5</b>	20.0	de los límites establecido por la norma CONACYT
---------------------------	---	------	--------------	------	--

El cuadro anterior representa una comparación entre los datos obtenidos de la muestra analizada y los límites establecidos por el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), dicha comparación demuestran que la mayoría de los parámetros obtenidos no cumplen con los valores establecidos por la norma antes mencionada, esta comparación revela la situación actual de contaminación hídrica que están generando las aguas residuales provenientes de La Facultad Multidisciplinaria Oriental tanto a cuerpos receptores como a manto acuíferos.

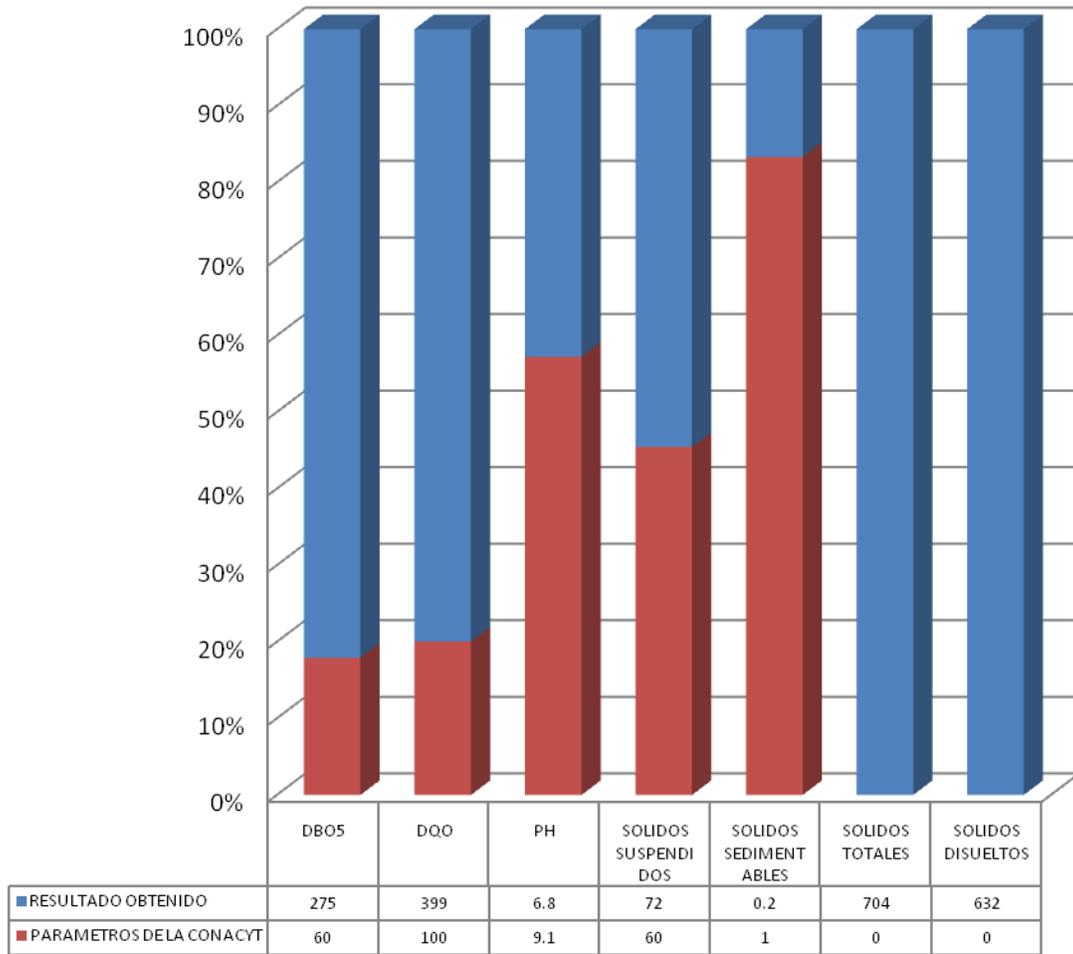
Los resultados obtenidos nos permiten determinar el tipo de tratamiento a utilizar, con la relación DBO/DQO.

Basándose en información empírica de ANDA en cuanto al tratamiento de aguas residuales sí la relación  $DQO/DBO < 2.4$  se puede utilizar procesos biológicos de tratamiento.

**Así tenemos:**

$DQO/DBO = 399.0/275.0 = 1.45$  por tanto se puede utilizar un proceso biológico de tratamiento en las aguas residuales en La Facultad Multidisciplinaria Oriental.

**Figura. 4.3** Resultados Obtenidos de las muestras tomadas antes de ser tratadas en el filtro biológico.



**Figura. 4.4** Resultados Obtenidos de las muestras tomadas después de ser tratadas en el filtro biológico.

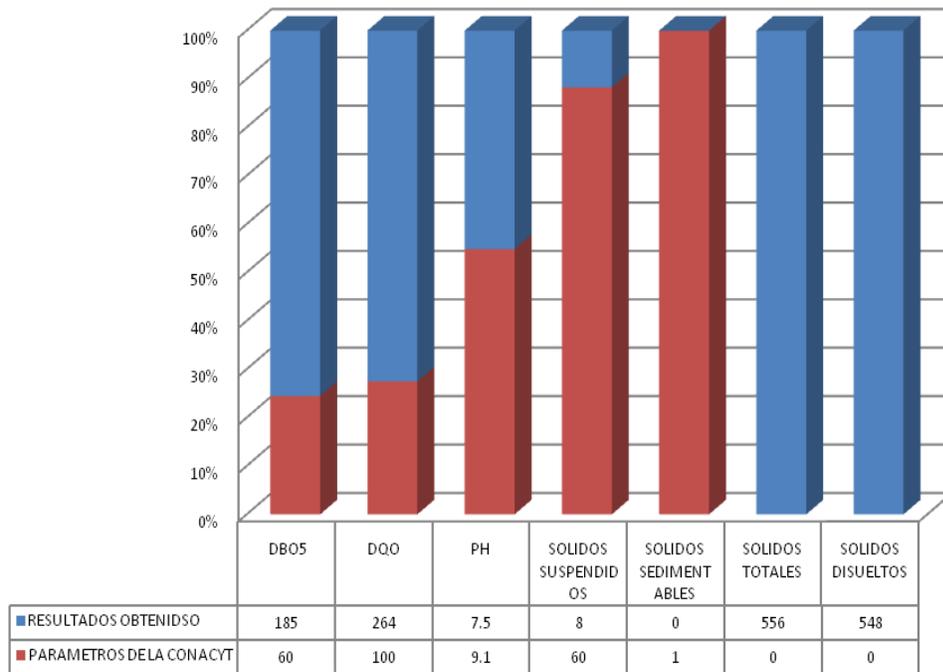
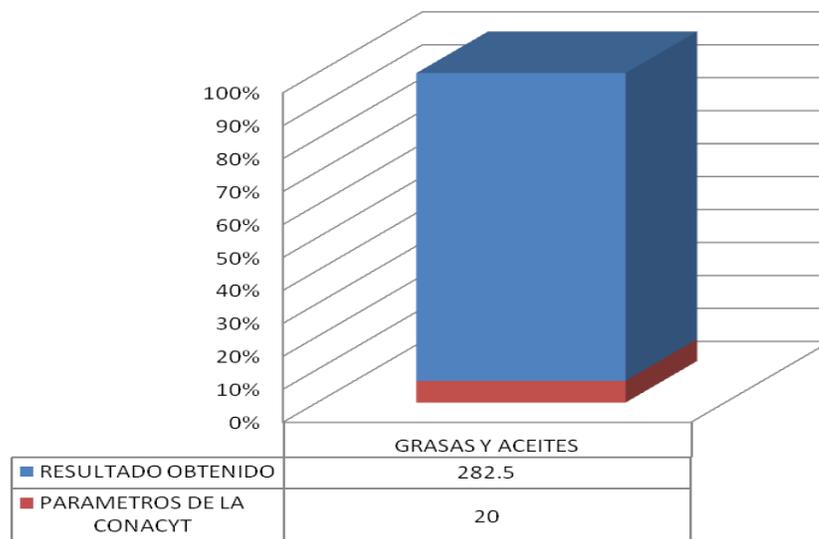


Figura. 4.5 Resultados Obtenidos de las muestras tomadas provenientes de los cafetines.

RESULTADOS OBTENIDOS DE PRUEBA GRASAS Y ACEITES DE CAFETINES



### 4.3. DETERMINACION DE LA POBLACION FUTURA.

En el planteamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales es necesario determinar la población de la localidad en el futuro, sobre todo al final del periodo económico de la obra. Mediante datos estadísticos oficiales realizados se puede conocer cómo ha ido creciendo la población. De esta forma, conocida la población pasada y presente se puede conocer la población futura, aunque cabe destacar que este crecimiento no siempre siguen las leyes del pasado ya que existen e influyen factores que en ocasiones son imponderables y que pueden provocar un crecimiento fuera de toda previsión.

El uso del buen juicio en la estimación de la población es importante puesto que, si el estimado es muy bajo, el sistema será pronto inadecuado siendo necesario rediseñar, reconstruir y refinanciar.

La ciudad universitaria tiene un crecimiento de la población un poco limitado, ya que uno de los factores importantes que influyen en el crecimiento de la población es el presupuesto que le asigna el Estado. Este presupuesto no varía mucho con los años por lo tanto se puede establecer o predecir que a corto plazo la población universitaria no variara mucho (ver Tabla 3.1). Por tanto el periodo para el cual se diseñara el sistema de tratamiento será de 10 años

#### 4.3.1 Método Aritmético (Fuente: López Alegría, 1990).

Se usa el método aritmético que consiste en calcular los aumentos absolutos que ha tenido la población en un periodo fijo y se aplica a años futuros.

$P_F$ = Población futura del año 2019

$P_a$ = Población actual, año 2009

$$I = (P_{2005} - P_{2009}) / N \quad (\text{Ecu. 4.1})$$

$$P_F = P_a + (I * N) \quad (\text{Ecu. 4.2})$$

Resultados:

$P_{2005} = 5236$  habitantes

$P_{2009} = 6123$  habitantes

$N = 4$  años

$I = 221.75$  personas/Año (resultado obtenido de sustituir datos en ecuación 4.1)

$P_F = 8341$  Habitantes para el año 2019 (resultado obtenido de sustituir datos en ecuación 4.2, con  $N=10$ ).

#### 4.3.2 Método Geométrico.

En este método se considera que algunas ciudades crecen en proporción correspondiente a un porcentaje uniforme de la población actual.

$$P_2 = P_1 (1 + r)^n \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

**Dónde:**

**P<sub>2</sub>:** Población al final del período de diseño.

**P<sub>1</sub>:** Población del último censo realizado.

**r:** Tasa de crecimiento geométrico.

**n:** Período de proyección en años.

$$r = (P_2/P_1)^{1/n} - 1 \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

Calculo de la tasa de crecimiento geométrico para población universitaria de la FMO:

Del año de 2005-2009

$P_2 = 6123$  población del año 2009

$P_1 = 5236$  población del año 2005

Sustituyendo en la ecuación 4.4 con  $n = 4$ , tenemos:

$$r = (P_2/P_1)^{1/n} - 1 = (6123/5236)^{1/4} - 1$$

$r = 3.98$  % anual

#### Proyectando La Población Futura Tenemos:

Utilizando Ecuación 3.3 tenemos que para la FMO en el 20019 (periodo proyeccion10 años)

$$P_2 = P_1 (1 + r)^n$$

$$P_2 = 6123 (1 + 0.3998)^{10} = 9,055 \text{ Población para el año 2019}$$

$P_{2019} = 9,055$  Población para el año 2019.

#### 4.3.3 Método Por Tendencia.

Devuelve valores que resultan de una tendencia lineal. Ajusta una recta (calculada con el método de mínimos cuadrados) a los valores de las matrices definidas por los argumentos conocido y conocido\_x. Devuelve, a lo largo de esa recta, los valores y correspondientes a la matriz definida por el argumento nueva\_matriz\_x especificado.

**Tabla 4.5** Resumen de Población Proyectadas En La FMO.

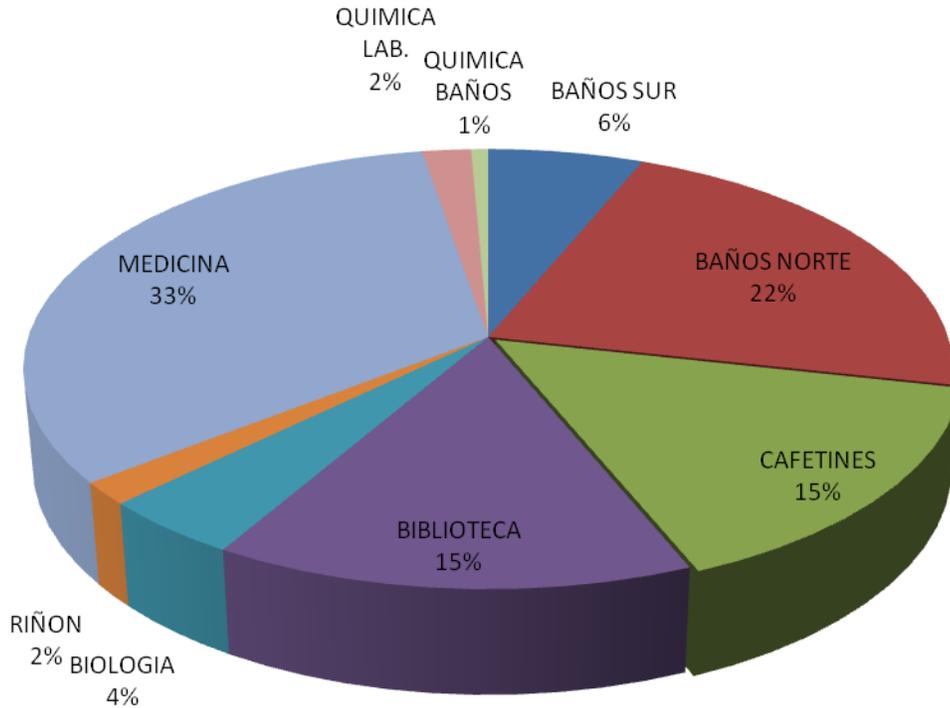
METODO DE PROYECCION	AÑOS	POBLACION
GEOMETRICO	2009-2019	8341
ARITMETICO	2009-2019	9,055
POR TENDENCIA	2009-2019	10691

#### 4.4 CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO HORARIO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

Tabla 4.6 Resumen de caudal máximo horario de aguas residuales generado en la Facultad Multidisciplinaria Oriental.

UBICACIÓN	HORA PICO	VOLUMEN MAXIMO (M <sup>3</sup> )	CAUDAL MAXIMO HORARIO (LITROS/MIN)
BAÑOS SUR	2: 48 p.m	0.7006	11.68
BAÑOS NORTE	11: 48 a.m	2.5015	41.69
CAFETINES	9:48 a.m	0.8645	28.82
BIBLIOTECA	1: 48 p.m	1.6421	27.37
BIOLOGIA	1: 48 p.m	0.4905	8.18
RIÑON			3.11
MEDICINA			61.8
QUIMICA LAB.			3.67
QUIMICA BAÑOS			1.28
<b>TOTAL Q<sub>Max Horario</sub></b>			<b>187.60</b>

**PORCENTAJES DEL CAUDAL MAXIMO HORARIO EN LA FMO**



**Figura. 4.6** Porcentajes de caudal máximo horario.

El caudal máximo horario de diseño se hallara utilizando la población proyectada para el año 2119 por el método de tendencia la cual es 10691 personas (ver tabla 4.5).

**Tenemos:**

Población Actual 2009 = 6123 personas

Población Futura 2019 =10691 personas

Caudal máximo horario 2009 = 187.60 lts/min

Caudal máximo horario 2019 =?

**Por regla de tres tenemos:**

- Población Actual 2009 = 6123 personas -----  $Q_{\text{MAX HOR 2009}} = 187.60 \text{ lts/min}$

Población Futura 2019 = 10691 personas -----  $Q_{\text{MAX HOR. 2019}} = ?$

$$Q_{\text{md}} = \frac{(PoblacionFutura \times Q_{\text{max horario Actual}})}{PoblacionActual}$$

$$Q_{\text{max horario}} = \frac{(10691 \text{ hab} \times 187.60 \frac{\text{lts}}{\text{min}})}{6123}$$

$$Q_{\text{max horario}} = 327.56 \text{ lts} / \text{min}$$

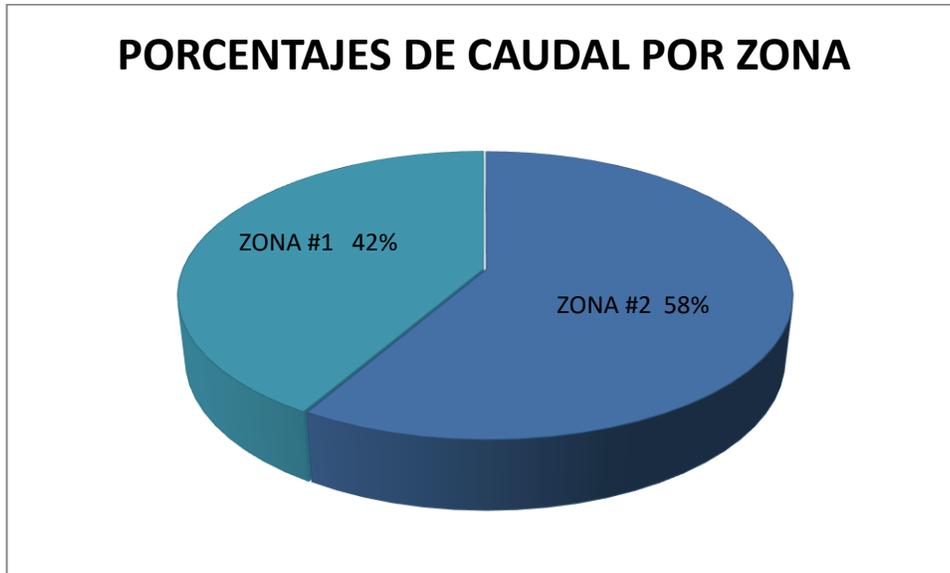
$Q_{\text{MAX HORARIO 2019}} = 327 \text{ lts/min.} = 5.46 \text{ lts/seg.}$  Este es el caudal máximo horario total para el año 2019 que se estaría produciendo en la Facultad Multidisciplinaria Oriental con la población de 10691 personas, la cual es el resultado de la proyección para el 2019.

#### 4.5 ZONIFICACION DEL AREA DE ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO.

**Tabla 4.7** Afluentes correspondientes a cada zona para su análisis de tratamiento de acuerdo a las pendientes topográficas.

ZONA		CAUDAL (Lts/min)	CAUDAL (Lts/min)
ZONA 1	BIBLIOTECA	27.3683	109.5533
	BAÑOS SUR	11.6767	
	BAÑOS NORTE	41.6917	
	CAFETINES	28.8166	
ZONA 2	BIOLOGIA	8.175	78.035
	RIÑON	3.11	
	MEDICINA	61.8	
	QUIMICA LAB.	3.67	
	QUIMICA BAÑOS	1.28	

**Figura 4.7** Porcentajes de caudal por zona de acuerdo a la topografía del terreno.



a) Calculo De Caudal De Diseño Para La Zona 1

Tenemos que para la zona 1 el porcentaje del caudal total producido en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de el salvador es de 58%, por tanto al caudal máximo horario se le sacara el respectivo porcentaje para así obtener el caudal máximo horario para el año 2019

$$Q_{\text{MAX HORARIO } 2019} = 5.46 \text{ lts/seg} (58\%) = 3.1668 \text{ lts/seg.}$$

#### **b) Calculo De Caudal De Diseño Para La Zona 1l.**

Tenemos que para la zona 1l el porcentaje del caudal total producido en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de el salvador es de 42%, por tanto al caudal máximo horario se le sacara el respectivo porcentaje para así obtener el caudal máximo horario para el año 2019

$$Q_{\text{MAX HORARIO } 2019} = 5.46 \text{ lts/seg.} (42\%) = 2.2932 \text{ lts/seg.}$$

### **4.6 CRITERIOS DE SELECCIÓN SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.**

#### **4.6.1 Premisas Básicas.**

- En cada proyecto deberá evaluarse las condiciones particulares y la planta seleccionarse tomando en cuenta la ponderación de variables y criterios de selección acordes a condiciones específicas de cada lugar.
- Técnicamente, no es procedente, ni existe de manera concluyente recomendaciones previas de algún tipo de tratamiento más recomendable en relación a otros.

#### **4.6.2 Magnitud De Caudal A Tratar.**

Según el caudal a tratar, deberá seleccionarse el tipo de tratamiento más viable, por ejemplo para caudales menores de 4.4 lts/seg, se recomienda opciones de tratamiento primario como las siguientes:

- Fosas sépticas unifamiliares: caudales hasta 500 gal/d. = 0.02 lt/s (2 ó 3 viviendas)
- Fosas sépticas colectivas: caudales entre 500 gal/d hasta 14,500 gal/d = 0.65 lt/s (3 hasta 70 viviendas)
- Tanques Imhoff: caudales entre 14,500 gal/d hasta 100,000 gal/d = 4.4 l/s (470 a 500 viviendas).
- Plantas de tratamiento convencionales: recomendables para caudales mayores de 4.4 l/s. (Filtros biológicos, lodos activados, Reactores Anaeróbicos, lagunas de estabilización)

#### **4.6.3 Tipo de Vertido Y Carga Contaminante.**

- A fin de implementar un sistema de tratamiento biológico, las aguas residuales recolectadas en el alcantarillado sanitario, deberán tener las características de las aguas residuales de tipo ordinario, en promedio 300 mg/lt de DBO (contaminantes orgánicos).
- En aguas de tipo ordinarias son aplicables la totalidad de tipos de tratamiento biológicos: Lodos activados, filtros biológicos, lagunas de estabilización, Reactores Anaeróbicos.
- En aguas especiales, según el tipo de contaminante a remover podrían aplicarse procesos biológicos y/o procesos físico –químicos (sedimentación, precipitación química, electrolisis, osmosis inversa).

#### **4.6.4 Calidad Del Efluente, Según Normas Y Usos de Cuerpo Receptor.**

- Lodos activados varias modalidades: altas eficiencias en el orden del 95%, valores del efluente hasta 20 mg/lit DBO y 15 mg/lit SST.
- Filtros Biológicos, Reactores Anaeróbicos, Lagunas de estabilización: eficiencias promedio entre 80 a 85%, valores promedio del efluente 40 a 50 mg/lit DBO y 30 a 40 mg/lit SST.
- Según usos del receptor, puede agregarse tratamiento terciario, para remoción de Coliformes y/o Macronutrientes.

#### **4.6.5 Costos De Inversión.**

- Los rangos de caudales se relacionan de manera directa con la magnitud de las obras y por ende con los costos de inversión de las mismas, funcionan las economías de escala.
- Por ejemplo, existe un límite de caudales en el orden de 30 lts/seg, para los cuales los costos de inversión de filtros biológicos pierden ventaja en relación a lodos activados, siendo estos últimos con mayores ventajas en plantas de mayor tamaño.

#### **4.6.6 Costos Operativos Y Costo Por M<sup>3</sup> Tratado, Plantas De Lodos Activados.**

- Para lodos activados en sus diferentes modalidades, se requiere consumo de energía, mantenimiento preventivo y correctivo de equipos, reposición de equipos en promedios entre 6 a 10 años de vida útil, las actividades operativas requieren un mayor nivel de especialidad.
- se han establecido costos directos promedios entre \$0.35 a \$0.45/ m<sup>3</sup> tratado.

#### **4.6.7 Sencillez Operativa – Asistencia Técnica.**

- En principio no se descarta que cualquier tipo de tecnología de tratamiento podría ser implementada en cualquier lugar, toda vez se cuenten con los recursos, con su respectiva capacitación y equipamiento.
- Se priorizará la sostenibilidad operativa, de esta forma, en lo posible se deben seleccionar sistemas de tratamiento cuya operación sea la más sencilla, funcional, económica y que cumpla con la calidad del efluente.

#### **4.6.8 Tipo De Suelo Y Nivel Freático.**

- El tipo de suelo debe reunir las características mecánicas de capacidad de carga de las obras de la planta de tratamiento.
- Las obras de la planta de tratamiento deberán construirse de tal forma que no interfiera el nivel freático, ni en zonas inundables por crecidas y marea alta.

#### **4.6.9 Distancia A Viviendas Más Cercanas.**

Es preferible lograr la mayor distancia entre las viviendas existentes y el sitio de la planta de tratamiento, el CEPRHI en su oportunidad recomendaba entre 50 y 75 metros, según condiciones de cada proyecto.

#### **4.6.10 Rango Poblacional De Aplicación.**

Este parámetro puede convertirse en el primer criterio de selección e incluso de preselección, en el cual las características de la población (Nº de habitantes a servir), define una restricción inmediata para la aplicación de determinado sistema, ya que cada

tecnología de tratamiento presenta limitantes o valores máximos de caudal que son capaces de tratar en forma eficiente. En la Tabla 4.8 se presenta en términos de eficiencia, el rango de aplicación de los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 4.8** Rangos de aplicación para sistemas de tratamiento de aguas residuales en función de la población a servir.

Sistema	Población							
	100	200	500	1,000	2,000	5,000	10,000	>20,000
Fosa séptica	Op	A	L					
Tanques Imhoff	A	A	Op	Op	Op	A		
Zanjas y lechos Filtrantes	Op	Op	Op	A	L			
R.A.F.A	Sa	Sa	L	A	Op	Op	A	
Zanjas de Oxidación	Sa	Sa	Sa	A	A	Op	Op	<b>Op</b>
Aireación Prolongada (Lodos Activados)	A	A	Op	Op	Op	Op	Op	<b>A</b>
Filtros Biológicos(Lechos Bacterianos)	Sa	L	A	Op	Op	Op	A	<b>L</b>
Lagunas Aireadas	Sa	Sa	L	A	Op	Op	Op	<b>Op</b>
Lagunas Anaerobias	A	A	Op	Op	Op	Op	Op	<b>A</b>
Lagunas Facultativas	L	A	Op	Op	Op	Op	Op	<b>Op</b>
	<b>Limite (L)</b>	<b>Aceptable(A)</b>	<b>Optimo(Op)</b>	<b>Sin Aplicación (Sa)</b>				

Tomado de Collado Lara, Ramón. DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES. España; Ed. Señor, 1,990.

#### 4.6.11 Superficie Necesaria.

El requerimiento de área que exige cada tecnología, podrá ser una limitante para su aplicación, ya que en muchos de los casos habrá que ajustar este requerimiento, a las

dimensiones en área superficial disponibles para este fin, si no existe la posibilidad de adquirir la extensión de área faltante.

La **tabla 4.9** presenta la superficie necesaria en m<sup>2</sup>/hab. Para los diversos sistemas de tratamiento.

Sistema	Requerimiento de área (m <sup>2</sup> /hab.)
Fosa séptica	0.10-0.50
Tanques Imhoff	0.05-0.10
Zanjas y lechos Filtrantes	2-66
R.A.F.A	0.05
Zanjas de Oxidación	1.20-1.80
Lodos Activados de tipo convencional	0.20-0.30*
Aireación Prolongada (Lodos Activados)	0.25-0.35
Filtros Biológicos(Lechos Bacterianos)	0.50-0.70
Lagunas Aireadas	1.0-3.0
Lagunas Anaerobias	1.0-3.0
Lagunas Facultativas	2.0-20

\*Fuente: von Sperling, 1996<sup>a</sup> Tomado de Collado Lara, Ramón. DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES. España; Ed. Señor, 1,990.

#### 4.6.12 Operación Y Mantenimiento.

Este es un aspecto de suma importancia al considerar la propuesta de una alternativa de solución, de tal manera que la vida útil y la eficiencia esperada del sistema propuesto, en términos de calidad final del efluente, depende directamente de una buena operación y de un mantenimiento rutinario; a tal grado que muchos sistemas han colapsado por la falta de estos elementos.

Es importante integrar los costos de inversión con los costos de operación y mantenimiento para generar un costo real que refleje lo que representará (en costos fijos) un sistema determinado en funcionamiento, a lo largo de su periodo de servicio.

La tabla 7.10 refleja la simplicidad y complejidad de operar y mantener los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales, en función de tres variables fundamentales que intervienen en este proceso, asignando una estimación o ponderación cualitativa a cada una de ellas.

**Tabla 4.10** Requerimiento de operación y mantenimiento de los diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Sistema	Simplicidad de funcionamiento	Necesidad de personal	Frecuencia en el control
Fosa séptica	MS	P	PF
Tanques Imhoff	S	P	PF
Zanjas y lechos Filtrantes	S	P	PF
R.A.F.A	MC	M(Cal)	MF
Zanjas de Oxidación	MC	R(Cal)	F
Aireación Prolongada (Lodos Activados)	MC	M(Cal)	MF
Filtros Biológicos(Lechos Bacterianos)	C	R	F
Lagunas Aireadas	C	R(Cal)	PF
Lagunas Anaerobias	MS	P	PF
Lagunas Facultativas	MS	P	PF
<b>Muy simple (MS)</b> <b>Poco Frecuente (PF)</b> <b>Poco (P)</b>	<b>Simple (S)</b> <b>Regular (R)</b>	<b>Complicado (C)</b> <b>Frecuente (F)</b> <b>Mucho (M)</b>	<b>Muy complicado (MC)</b> <b>Muy Frecuente (MF)</b> <b>Calificada (Cal)</b>

Tomado de Collado Lara, Ramón. DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES. España; Ed. Señor, 1,990.  
 Instituto de Fomento Municipal INFOM. Criterios de diseño para proyectos sanitarios. Borrador para discusión. Sección de alcantarillados, departamento de proyectos Sanitarios. Guatemala, 1992.

#### 4.6.13 Eficiencia De Remoción.

Este elemento de selección es muy importante a nivel técnico, ya que en función de los requerimientos de tratamiento impuestos por las características de las aguas residuales sin tratar, y de la calidad final del agua necesaria en efluente; así será el sistema que encaje y satisfaga precisamente estas demandas.

La eficiencia en remoción de los parámetros físico químicos y bacteriológicos es un factor determinante para proponer un sistema de tratamiento en particular.

En el análisis de cada unidad se incluyen porcentajes de remoción, a fin de presentar información complementaria, en la tabla 4.11, se indican valores promedios de eficiencia en remoción, obtenida según la etapa de tratamiento.

**Tabla 4.11** Eficiencia de remoción según la etapa de tratamiento-valores promedios

Etapa	Materia orgánica (Remoción DBO-%)	Sólidos suspendidos (%)	Nutrientes (%)	Bacterias (%)
Preliminar	5-10	5-20	No remueve	10-20
Primario	25-50	40-70	No remueve	25-75
Secundario	80-95	65-95	Si remueve	70-99
Terciario	40-99	80-99	Hasta el 99%	99.99%

Tomado de Pessoa y Jordao. Tratamiento de esgotos Domésticos. Folheto Técnico. CETESB. Sao Pablo, Brasil: 1989. 80 pp.

#### 4.7 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO A UTILIZAR EN LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

En cada proyecto deberá evaluarse las condiciones particulares y el sistema a seleccionarse tomando en cuenta la ponderación de variables y criterios de selección acordes a condiciones específicas de cada lugar.

Técnicamente, no es procedente, ni existe de manera concluyente recomendaciones previas de algún tipo de tratamiento más recomendable en relación a otros.

En primer lugar para la selección del sistema de tratamiento que se les puede aplicar a las aguas residuales provenientes de La Facultad Multidisciplinaria Oriental procedemos a analizar dos parámetros importantes como lo son el DQO Y DBO; es decir la Relación DQO/DBO.

Esta relación es importante en el agua residual, debido a que con el análisis de esta, se puede determinar si dicha agua es biológicamente tratable.

La biodegradabilidad de una sustancia, es la propiedad que permite que las aguas residuales puedan ser depuradas por medio de microorganismos, los que utilizan la sustancia como alimento y fuente de energía para su metabolismo y reproducción, lo que condiciona en gran medida la viabilidad de tratar biológicamente un efluente.

Para diseñar el sistema tratamiento con unidades de tipo biológico, es necesario saber cuánta materia orgánica biodegradable está presente en el efluente de aguas residuales, por consiguiente se necesita determinar la DBO, sin embargo es aconsejable medir también en paralelo la demanda química de oxígeno DQO, de esta forma se obtiene información acerca de la biodegradabilidad de los compuestos orgánicos presentes en el efluente, por medio de la razón DQO/DBO. Ya que esta es una aproximación cuantitativa de la biodegradabilidad de un afluente. Así se tiene que, cuando:  $(DQO/DBO_5) < 2.4$  es un efluente o compuesto biodegradable, pudiéndose utilizar sistemas biológicos para su tratamiento.

Basándose en información empírica de ANDA en cuanto al tratamiento de aguas residuales sí la relación  $DQO/DBO < 2.4$  se puede utilizar procesos biológicos de tratamiento.

Así tenemos: Que de las pruebas realizadas (tabla 4.2).

$DQO/DBO = 399.0/275.0 = 1.45$  por tanto se puede utilizar un proceso biológico de tratamiento en las aguas residuales en La Facultad Multidisciplinaria Oriental.

Partiendo del resultado obtenido de la relación de  $DQO/DBO$ ; en La Facultad Multidisciplinaria Oriental en el tratamiento de las aguas residuales se utilizara un sistema biológico para cada zona de estudio.

En aguas de tipo ordinarias son aplicables la totalidad de tipos de tratamiento biológicos: Lodos activados, filtros biológicos, lagunas de estabilización, Reactores Anaeróbicos.

Como en aguas de tipo ordinario son aplicables cualquier tipo de tratamiento biológico en la Facultad Multidisciplinaria Oriental se utilizara un filtro biológico como sistema de tratamiento por las siguientes razones:

Un filtro biológico por ser un tratamiento secundario tiene la capacidad de remover un 80-95% de la materia orgánica (DBO), y un 65-95% de los sólidos suspendidos.

**Tabla 4.12** Capacidad de Remoción del Filtro Percolador

SISTEMA	REMOCION DBO %	SOLIDOS SUSPENDIDOS %
FILTRO PERCOLADOR	80-95	65-95

En la tabla 4.13 se muestra la aplicación de la eficiencia en la remoción de la materia orgánica (DBO) y los sólidos suspendidos de los filtros biológicos; se puede notar que los resultados obtenidos están dentro de los parámetros establecidos en la OCNACYT.

**Tabla 4.13** Aplicando eficiencia a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a las aguas residuales de La FMO.

Filtro Percolador	Resultado Obtenido	Aplicando Porcentaje Eficiencia	Parámetro CONACYT
Remoción DBO	275 mg/lit	55 mg/lit	60 mg/lit
Sólidos Suspendidos	72 mg/lit	25.2 mg/lit	60mg/lit

**Tabla 4.14.** Rango de aplicación de los filtros biológicos de acuerdo a cada criterio de selección.

Criterio de Selección	Rango de Aplicación	Análisis de Rango de Aplicación
Magnitud De Caudal A Tratar.	4.4lts/seg a 30lts/seg	El resultado obtenido esta dentro de este rango de aplicación(5.25lts/seg)
Tipo de Vertido Y Carga Contaminante.	Solo en aguas de tipo ordinaria	Se puede usar el filtro biológico ya que las aguas residuales de la FMO es de tipo ordinaria(DBO =275mg/Lt< 300mg/lit)
Rango Poblacional De Aplicación	5000 a 10000 personas	La población que hay en la FMO se adapta al sistema de filtro biológico
Superficie Necesaria.	0.50-0.70 m <sup>2</sup> /hab	En la FMO se cuenta con el área de terreno suficiente para aplicar el filtro biológico
		El personal necesario para su mantenimiento es un

Mantenimiento.	frecuente	poco frecuente pero no es necesario mano de obra calificada
Eficiencia De Remoción	80-95%DBO 65-95%SST	El porcentaje de remoción es el adecuado para poder reducir los contaminantes en las aguas residuales y hacerlos cumplir con lo que establece la CONACYT

## **CAPITULO V**



## **DISEÑO DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO.**

### 5.1 PROCESO DE DISEÑO DE FILTROS PERCOLADORES RECTANGULARES.

Para el dimensionamiento del filtro se utilizaran algunas de las consideraciones que se presentan a continuación:

Se debe determinar la remoción que se espera de DBO y de sólidos suspendidos (SST). Esta remoción, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

Donde:

R = Porcentaje de remoción esperado

t = Tiempo de retención

a, b = Constantes empíricas.

En la determinación de las remociones se debe utilizar los valores de dichas constantes tal como se muestran en la siguiente tabla 5.1:

**Tabla 5.1** Valores de las constantes a y b

Variable	A	b
DBO	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

El porcentaje de remoción esperado se determina para ambos parámetros, tanto para la DBO, como para los SST.

**Tabla 5.2** Características de diseño para los diferentes tipos de filtros percoladores

Elemento	Baja carga	Carga intermedia	Carga alta	Muy alta carga	De desbaste
Medio filtrante	Piedra, escoria	Piedra, escoria	Piedra	Piedra	Plástico, madera
Carga hidráulica m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . Día	1.20-3.50	3.5-9.4	9.4-37.55	11.70-70.40	<b>47-188</b>
Carga orgánica Kg de DBO/m <sup>3</sup> . Día	0.08-0.40	0.25-0.50	0.50-0.95	0.48-1.60	<b>1.6-8</b>
Profundidad m	1.80-2.40	1.80-2.40	0.90-1.80		
Relación de recirculación	0	0-1	1-2	1-2	1-4
Moscas en el filtro	Abundantes	Algunas	Escasas	Escasas o ninguna	<b>Escasas o ninguna</b>
Arrastre de sólidos	Intermitentes	Intermitente	Continua	Continua	<b>5 Continua</b>
Eficiencia de eliminación de la DBO, %	80-90	50-70	65-85	65-80	<b>40-65</b>
Efluente	Bien nitrificado	Parcialmente nitrificado	Escasamente nitrificado	Escasamente nitrificado	<b>No nitrificado</b>

Haciendo una consideración del límite mínimo de la propuesta de norma del CONACYT de 60 mg/lit de DBO en la descarga al cuerpo receptor, obtenemos una eficiencia en la remoción de DBO ( $E_T$ ) de:

$$E_T = \frac{DBO_{INICIAL} - DBO_{FINAL}}{DBO_{INICIAL}}$$

A la eficiencia anterior se le debe sumar un 4% más para obtener una mejor eficiencia.

$$E_T = \frac{DBO_{INICIAL} - DBO_{FINAL}}{DBO_{INICIAL}} + 4\%$$

Dimensionamiento de Filtro 1:

Se determina inicialmente la eficiencia del Filtro 1 de la siguiente manera.

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.4425 \sqrt{\frac{W_1}{V_1 F}}}$$

**Donde:**

$E_1$  = Eficiencia del primer filtro

$W_1$  = Carga de DBO del primer filtro

$F$  = Factor de Recirculación

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.4425 \sqrt{\frac{W_1}{V_1 F}}}$$

En la determinación del coeficiente de recirculación se debe incluir si habrá o no recirculación. En el presente proceso de diseño no se considerará recirculación por lo que  $R = 0$ , luego se calcula el factor de recirculación ( $F$ ) así

$$F = \frac{1 + R}{\left(1 + \frac{R}{10}\right)^2} = \frac{1 + 0}{\left(1 + \frac{0}{10}\right)^2} = 1, \text{ es uno por no haber recirculación en el sistema}$$

Se determina la carga de DBO de la siguiente manera: 8.45

$$W_1 = \frac{C_{DBO}(Q)}{1000}$$

Donde:

$W$  = Carga de DBO

$C_{DBO}$  = Concentración de DBO en mg/lt

$Q$  = Caudal en m<sup>3</sup>/día

Obtenida la carga, se debe comparar con los valores que se proponen en la tabla 5.2 de la carga orgánica y se toma el valor de diseño correspondiente para un sistema de dos etapas, tal como es el caso de este dimensionamiento.

Luego se procede a determinar el volumen del filtro así:

$$Carga\ aDBO_5 = \frac{W}{V}, \Rightarrow m^3; \text{ y se despeja para el volumen}$$

Se debe asumir una profundidad ( $h$  en metros) comprendida en el rango propuesto, para obtener el área del filtro.

$$A = \frac{Volumen}{h}$$

Recordando que la geometría del filtro es cuadrada se tiene:

$$L_1 = \sqrt{A_1}, \text{ en metros.}$$

Se verifica con:  $Vol = L^2 \times h_1$ , en metros cúbicos

Para obtener la eficiencia del filtro, se debe sustituir los términos conocidos en la ecuación de la eficiencia del primer filtro ( $E_1$ ), por lo que se obtendrá:

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.4425 \sqrt{\frac{W}{VF}}}$$

En el dimensionamiento del filtro 2 se procede de la misma manera obteniendo la eficiencia con la siguiente expresión:

$$E_2 = \frac{100}{1 + \frac{0.4425}{1 - \frac{E_1}{100}} \sqrt{\frac{W_2}{V_2 F}}}$$

Donde:

$E_2$  = Eficiencia del segundo filtro

$E_1$  = Eficiencia del primer filtro

$W_2$  = Carga de DBO del primer filtro

F = Factor de Recirculación

Recordando que no hay recirculación en el sistema, es decir  $R = 0$ , y  $F = 1$ , con esto se realizan los cálculos del segundo filtro:

Determinando la carga de DBO del segundo filtro:

$$W_2 = \left(1 - \frac{E_1}{100}\right) \times W_1$$

Nuevamente se compara el resultado anterior, con el rango de valores propuestos por las normas y se realiza el dimensionamiento del filtro 2, basado en la carga orgánica, para obtener el volumen de la misma manera:

$$Carga_{DBO_5} = \frac{W_2}{V_2}, \Rightarrow m^3, \text{ despejando y calculando para } V_2$$

También consideramos una profundidad  $h_2$  para obtener el área del filtro.

$$A_2 = \frac{Volumen_2}{h_2}$$

Recordando que el filtro será cuadrado se tiene:

$$L_2 = \sqrt{A_2}$$

Ahora, sustituyendo términos ya conocidos y determinando la eficiencia del segundo filtro 2 ( $E_2$ ) se tiene:

$$E_2 = \frac{100}{1 + \frac{0.4425}{1 - \frac{E_1}{100}} \sqrt{\frac{W_2}{V_2 F}}}$$

Finalmente se obtiene la eficiencia total del sistema la cual viene dada por la siguiente expresión:

$$E_t = E_1 + E_2(1 - E_1)$$

Verificando la carga hidráulica del filtro 1

$$Carga\ Hidráulica\ \frac{Q}{A_1}, KgDBO/d \times m^3$$

Verificando la carga hidráulica del filtro 2

$$Carga\ Hidráulica\ \frac{Q}{A_1}, KgDBO/d \times m^3$$

Los valores de las cargas hidráulicas, calculados en el paso anterior, deben compararse con los parámetros indicados en la tabla 5.2, para los filtros percoladores de dos etapas. Si dichos valores calculados no se encuentran en el rango que muestran las normas, se debe revisar nuevamente el dimensionamiento de los filtros.

## 5.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA ZONA 1.

### 5.2.1 Diseño De Filtro Percolador Para La Zona 1.

En esta zona solo se utilizara un filtro percolador como sistema de tratamiento de las aguas residuales, ya que en esta zona se considerara que el tratamiento primario lo está realizando la fosa séptica existente, y se utilizara trampa de grasa y aceite para las aguas provenientes de los.

**Los datos básicos para el diseño son:**

Caudal medio diario  $Q_{md}=1.76 \text{ lt/seg.} = 152.1 \text{ m}^3/\text{día}$

Caudal máximo horario  $Q_{max} = 3.1668 \text{ lts/seg.} = 273.61 \text{ m}^3/\text{día}$

DBO bruto = 275 mg/lt (Resultado obtenido de pruebas realizadas)

DBO del efluente final: 60 mg/lit (Requerido por La CONACYT)

Profundidad = 2.50 m (profundidad tomada del rango propuesto en de tabla 5.2)

Para el diseño se usarán las ecuaciones del NCR (National Research Council U.S.A.)

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.4425 ( W_1 / V_1 \cdot F )^{0.5}} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

**Donde:**

$E_1$  = Rendimiento de eliminación de la DBO para el filtro

$W_1$  = Carga de DBO aplicada al primer filtro

$V_1$  = Volumen del primer filtro

$$F = \frac{1 + r}{( 1 + 0.1r )^2} \quad (\text{Ec. 4.32})$$

**Donde:**

F = Factor de recirculación

r = Razón de circulación: para nuestro caso r = 0 entonces F = 1

Considerando lo anterior y el requerimiento de la CONACYT se determina realizar el proceso en dos etapas a través de dos filtros colocados en serie.

**Proceso de diseño:**

**a) Cálculo de la eficiencia para cada el filtro  $E_1$**

Haciendo una consideración del límite mínimo de la propuesta de norma del CONACYT de 60 mg/lit de DBO en la descarga al cuerpo receptor, obtenemos una eficiencia en la remoción de DBO ( $E_T$ ) de:

$$E_T = \frac{DBO_{INICIAL} - DBO_{FINAL}}{DBO_{INICIAL}} \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

; sustituyendo valores en ecuación 5.2. Tenemos:

$$E_T = \frac{275 - 60}{275}$$

$$E_T = 78.00\%$$

**b) Cálculo de La Carga de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del Filtro.**

**$W_1 = (\text{DBO influente}) (Q_{\max})$  (Ecuación 5.3)**

Sustituyendo valores en ecuación 5.3 obtenemos la carga de demanda bioquímica de oxígeno:

$$W_1 = (275 \text{ mg/l}) (273.61 \text{ m}^3/\text{día})$$

$$W_1 = (0.275 \text{ kg/m}^3) (273.61 \text{ m}^3/\text{día})$$

$$W_1 = 75.24 \text{ kg/día}$$

**a) Cálculo Del Volumen Del Filtro Necesario Para El Tratamiento De Las Aguas Residuales.**

Usando ecuación 5.1 tenemos:

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.4425 (W_1 / V_1 \cdot F)^{0.5}}$$

$$78 = \frac{100}{1 + 0.4425 (75.24 / V_1 \cdot 1)^{0.5}}$$

$$V_1 = 185.19 \text{ m}^3 \quad \mathbf{V=185.2 \text{ m}^3}$$

**d) Cálculo del área del filtro**

$$A_1 = V_i / h$$

$$A_1 = 185.2 \text{ m}^3 / 2.5 \text{ m}$$

$$A_1 = 74.08 \text{ m}^2$$

$$A = 74.0 \text{ m}^2$$

De donde:  $L_1 = 10 \text{ m}$  y  $L_2 = 7.5 \text{ m}$

**h) Cálculo de la carga orgánica de cada filtro**

$$\text{Carga de DBO} = W_1 / V_1 = (75.24 \text{ Kg/día}) / 185.2 \text{ m}^3 = 0.40 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{día}$$

**i) Cálculo de la carga hidráulica de cada filtro**

$$\text{Carga hidráulica} = Q_{\text{max}} / A_1 = (273.61 \text{ m}^3/\text{día}) / 75 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga hidráulica} = 3.65 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$$

Basándose en los resultados obtenidos de la carga hidráulica, carga orgánica y eficiencia requerida (estos datos se compararon con los límites propuestos en la tabla 5.2 para ver si cumple con los límites establecidos), se diseñarán filtro percolador de baja carga, sin recirculación para no tener que mecanizarlo.

### 5.2.2 Guía Para El Diseño De Trampas De Grasas Y Aceites.

Esta unidad de tratamiento preliminar se ubica después de las rejillas y de los desarenadores y consiste en tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico. Recibe nombres específicos según al tipo de material flotante que vaya a removerse.

1. Domiciliar: Normalmente recibe residuos de cocinas y está situada en la propia instalación del alcantarillado.
2. Colectiva: Son unidades de gran tamaño y pueden atender conjuntos de residencias e industrias.
3. En Sedimentadores: Son unidades adaptadas en los sedimentadores (primarios en general), las cuales permiten recoger el material flotante en dispositivos convenientemente proyectados, para encaminarlo posteriormente a las unidades de tratamiento de lodos.

Las trampas de grasas son unidades que brindan un pretratamiento específico a las aguas residuales, es decir que luego de que el agua residual ha pasado por las rejillas y los desarenadores, solamente queda por eliminar las grasas y aceites provenientes de los regaderos de viviendas o instituciones públicas o privadas. Las trampas de grasas pueden ser diseñadas con secciones rectangulares, circulares o cuadradas; siempre y cuando se tomen en cuenta las consideraciones respectivas para su dimensionamiento.

También los sedimentadores primarios pueden usarse como sistemas de remoción de grasas, en dicho caso debe asegurarse que exista la capacidad de almacenamiento y los dispositivos mecánicos que permitan la evacuación del sobrenadante de forma segura y oportuna para evitar interferencias en los procesos posteriores y generación de malos olores por acumulación prolongada. En caso de considerarse necesario la utilización de trampas de grasa.

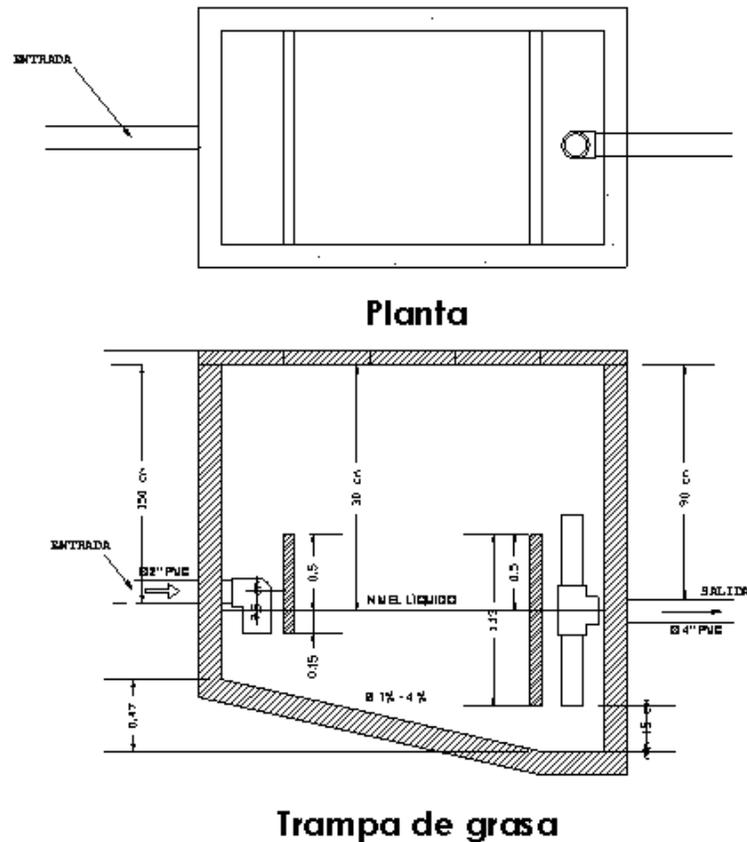


Figura 5.1 Esquema General de Trampa de Grasa.

### Funcionamiento de las trampas de grasas

La principal función de esta unidad es la eliminación de los desechos grasos que poseen un peso específico menor que el agua, dando lugar a flotación.

La grasa se separa en la superficie y se retira mediante un vertedero ajustable, luego de que se haya acumulado, enfriado y solidificado, para luego ser enterrada. Con esto aseguraremos que las líneas de interconexión de las unidades de tratamiento, no sean atascadas por la acumulación de la grasa, después se hace pasar el agua residual en las siguientes unidades de tratamiento para su depuración respectiva.

### Capacidad y Eficiencia de las trampas de grasas y aceites

En la determinación de la capacidad de este elemento se considerara, en general, el doble de la cantidad de líquidos que entra durante la hora de máximo gasto del afluente. La dotación para pequeñas instalaciones debe ser de 9.5 litros por persona y en ningún momento menor de 120 litros en total.

Si basamos el tamaño de la trampa de grasas en apreciaciones de eficiencia y de la capacidad de conducción, estas dependen del número y tipo de fregadero o accesorios que descargan en la trampa de grasa, las cuales deben ser calificada de acuerdo a su capacidad de acumulación de grasas, que no es más que la cantidad de grasa en libras que dicha trampa puede conectar antes que la eficiencia promedio baje de 90%.

Se considera comúnmente que la capacidad de retención de grasas, en peso, debe ser, cuando menos, del doble de la velocidad del gasto de galones por minuto (un galón = 3.785 litros por minuto). Es decir, una trampa con un gasto nominal de 20 galones por minuto (75.7 litros por minuto), debe retener cuando menos el 90% de la grasa que se le descarga, hasta que contenga, cuando menos, 40 libras (18.1 kg) de grasa. Las capacidades mínimas del gasto de trampas conectadas a diferentes tipos de accesorios aparecen en la siguiente tabla.

**Tabla 5.3.** Capacidades de retención de grasa

Tipo de afluente	Caudal (L/min)	Capacidad de retención de grasa (kg)	Capacidad máxima recomendada (L)
Cocina de restaurante	56	14	190
Habitación sencilla	72	18	190
Habitación doble	92	23	240
Dos habitaciones sencillas	92	23	240
Dos habitaciones dobles	128	32	330
Lavaplatos para restaurantes	-	-	-
Volumen de agua mayor de 115 litros	56	14	115
Volumen de agua mayor de 190 litros	92	23	240
Volumen entre 190 y 378 litros	144	36	378

### Parámetros de diseño de trampas de grasa

Los parámetros de diseño de esta unidad de tratamiento solamente se verán reflejados por la norma colombiana, debido a que las normas Mexicana y Boliviana no consideran esta unidad de pre tratamiento en sus contenidos.

### Aspectos de importancia sobre trampas de grasa y aceite considerados en La Norma Colombiana

Según esta norma, las trampas de grasas son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico. Recibe nombres específicos según al tipo de material flotante que vaya a removerse.

La capacidad mínima permisible debe ser cerca de 473 litros para pequeñas instalaciones que atiendan hasta 50 personas, con capacidades proporcionalmente más grandes para poblaciones mayores.

### **Requisitos mínimos de diseño**

Las consideraciones más importantes para el diseño de trampas de grasa son:

1. La capacidad de la trampa.
2. Que los medios para asegurar que tanto la entrada como la salida estén adecuadamente entrampadas.
3. La facilidad y conveniencia con que las trampas puedan ser limpiadas y la grasa acumulada eliminada.
4. Inaccessibilidad de las trampas a los insectos y animales rastreros.
5. La distancia entre la entrada y la salida, que debe ser suficiente para permitir la separación diferencial por gravedad de la grasa, de tal forma que no escape a través de la salida.

Los accesorios de control del flujo deben instalarse en el lado de la entrada de trampas pequeñas para protegerlas de sobrecargas u oleajes repentinos del fregadero o de otros accesorios. No es necesaria la ventilación en grandes trampas exteriores, donde el efecto de sifón del contenido puede prevenirse proporcionando salidas de buen tamaño.

Cuando es muy importante la eliminación eficiente de grasas, se emplea una trampa mejorada de dos cámaras, la cual posee una cámara primaria (o separador de grasas) y una secundaria (o de almacenamiento de grasas) colocando la trampa lo más cercana posible a la fuente de desechos.

### **Localización de las trampas de grasas y aceites**

Deben ser ubicados lo más cerca posible de la fuente de agua residual (generalmente la cocina) y aguas arriba del tanque séptico, sedimentador primario o de cualquier otra unidad que requiera este dispositivo para prevenir problemas de obstrucción, adherencia a piezas especiales, acumulación en las unidades de tratamiento y malos olores. Debe tenerse en cuenta, que independientemente de su localización, deben existir condiciones favorables para la retención y remoción de las grasas. En lugares sombreados, para mantener bajas temperaturas en sus interiores, se recomienda incluir en ellos una tapadera que permita realizar su limpieza rutinaria fácilmente, con los propósitos de impedir que se produzca una acumulación de la misma en los interiores de la unidad

### **Parámetros de diseño**

El diseño debe realizarse de acuerdo con las características propias y el caudal del agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo expresada en kg. de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario) expresado en litros por minuto.

El tanque debe tener 0.25 m<sup>2</sup> de área por cada litro por segundo, una relación ancho/longitud de 1:4 hasta 1:8 y una velocidad ascendente mínima de 4mm/s. En las tablas 5.4 y 5.5 se pueden ver los caudales y capacidades de retención y los tiempos de retención hidráulica típicos que se deben usar para trampas de grasa respectivamente.

### **Entradas y salidas**

Deben colocarse elementos controladores de flujo en las entradas para protección contra sobrecargas o alimentaciones repentinas. El diámetro de la entrada debe ser como mínimo de 50 mm y el de la salida de por lo menos 100 mm. El extremo final del tubo de entrada debe tener una sumergencia de por lo menos 150 mm. El tubo

de salida que haga la recolección debe localizarse por lo menos a 150 mm del fondo del tanque y con una sumergencia de por lo menos 0.9m.

**Tabla 5.4** Tiempos de retención hidráulicos

Tiempo de retención (minutos)	Caudal de entrada (L/s)
3	2 - 9
4	10 - 19
5	20 o más

Las Trampas de Grasas en general solo son empleadas:

- Cuando hay desechos industriales conteniendo grandes cantidades de aceites y grasas.
- Previo al lanzamiento submarino de aguas residuales.

Los líquidos, pastas y demás cuerpos no miscibles con el agua, pero que tienen un peso específico menor y que por lo tanto tienen tendencia a flotar en su superficie, pueden ser retenidos en dispositivos muy simples, denominados trampas de grasas, estos deben propiciar una permanencia tranquila del agua residual durante el tiempo suficiente para que una partícula a ser removida pueda recorrer la trayectoria entre el fondo y la superficie.

Según las regulaciones suizas para el diseño de trampas de grasas y aceites con partículas de diámetro menor ó igual a 0.25 mm, se pueden tomar los valores de la tabla 5.5 como base para el dimensionamiento.

**Tabla 5.5** Normas suizas para el dimensionamiento de separadores de aceites y grasas

Densidad de los aceites y grasas, (kg/dm <sup>3</sup> )	Velocidad de ascenso $V_a$ , (m/h).	Área de la superficie de los separadores de aceites y
---	-------------------------------------	---

		grasas para Q= 1lt/s, M <sup>2</sup>
0,75	22,50	0,16
0,80	18,00	0,20
0,85	13,50	0,27
0,90	9,00	0,40

Fuente. Normas suizas para el dimensionamiento de separadores de aceites y grasas

### Proceso De Diseño De Trampa De Grasas Y Aceites:

#### PARÁMETROS DE DISEÑO

- *Tiempo de retención*

3 min. ----- hasta 10 L /seg.

4 min. ----- 10 – 20 L /seg.

5 min. ----- más de 20 L / seg.

- *Relación entre Largo y Ancho*

Recomendado →1.0 : 1.8

- *Tasa de aplicación:*

4 L / s / m<sup>2</sup> ≡ 0.25 m<sup>2</sup> por cada L/s

40 L por cada L/s

La salida de la trampa de grasas debe tener una cubierta contra malos olores de 60 mm. de espesor, pero no debe haber ninguna en la parte lateral de la entrada de agua.

El caudal de diseño es:  $Q_{max}$  (L/s ó m<sup>3</sup>/seg)

Con un Tiempo de retención adecuado (según tablas de diseño de normas)

- *Área Superficial:*

Con relación de: 1 L/ seg. → L/ seg.

Área superficial = Tasa de aplicación\*Q<sub>max</sub> (m<sup>2</sup>)

- Dimensionamiento Superficial de La Trampa De Grasas

Tenemos que:

Área Superficial = Tasa de Aplicación\*Q<sub>máxhorario</sub>

Largo de la trampa =  $L = \sqrt{A_{superficial} \times r}$

Ancho de la Trampa de grasas =  $a = \frac{L}{r}$

Luego:

Área Superficial = Relación Largo-Ancho (r) (Recomendada)

Tasa aplicación\*Q<sub>max</sub> = Relación Largo Ancho

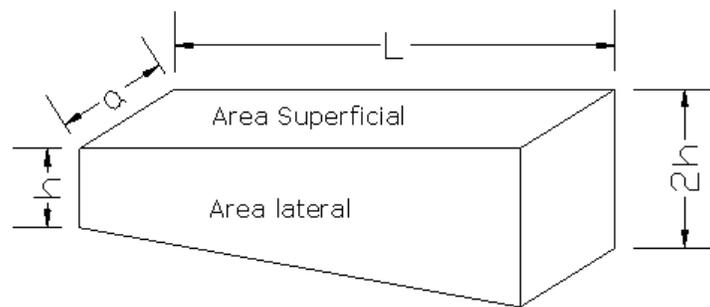
- Cálculo del Volumen acumulado:

Se selecciona el tiempo de retención “T<sub>R</sub>” y se sustituye en la ecuación siguiente en segundos:

$Q = V / t \rightarrow$  Despejando para  $V = Q * T_R$

$V = Q_{máx} (m^3 / seg.) * T_R (seg.)$

Luego para el fondo de la trampa de grasas tenemos la siguiente relación:



**Figura 5.2** Esquema del Tanque Recolector.

- Cálculo de las dimensiones laterales de la trampa:

Relación del Volumen con respecto al área lateral y el ancho

$$V = A_{lateral} \times a$$

$$A_{lateral} = \frac{(h + 2h) \times L}{2}$$

Luego tenemos.

$$V = \frac{(h + 2h) \times L \times a}{2} = \frac{3h \times L \times a}{2} \longrightarrow h = \frac{2 \times V}{3 \times L \times a}$$

Finalmente se determina la altura de la cámara de sedimentación y se obtienen las siguientes dimensiones:

$$h = \frac{2 \times V}{3 \times L \times a}$$

#### Operación y mantenimiento

Las trampas de grasa deben operarse y limpiarse regularmente para prevenir el escape de cantidades apreciables de grasa y la generación de malos olores. La frecuencia de limpieza debe determinarse con base en la observación. Generalmente, la limpieza debe hacerse cada vez que se alcance el 75% de la capacidad de retención de grasa como mínimo. Para restaurantes, la frecuencia de limpieza varía desde una vez cada semana hasta una vez cada dos o tres meses. Estas unidades deben ser dotadas de las siguientes características:

1. Capacidad suficiente de acumulación de grasa entre cada operación de limpieza.
2. Condiciones de turbulencia mínima suficiente para permitir la flotación del material.
3. Dispositivos de entrada y salida convenientemente proyectados para permitir una circulación normal del afluente y el efluente.

4. Distancia entre los dispositivos de entrada y salida, suficiente para retener la grasa y evitar que este material sea arrastrado con el efluente.
5. Debe evitarse el contacto con insectos, roedores, etc.

A continuación se presenta un resumen de los parámetros recomendados por la norma Colombiana ya que las otras no contienen recomendaciones para dicha unidad de tratamiento.

**Tabla 5.6.** Resumen de parámetros recomendados por las normas

Parámetro	Unidad	Valor del parámetro según		
		Norma Boliviana	Norma Colombiana	Norma Mexicana
Capacidad mínima admisible (hasta 50 personas)	Litros	-	473	-
Numero de cámaras	c/u	-	2	-
Capacidad de almacenamiento	Kg.	-	$Q_{\max\text{hor}}/4$	-
Área del tanque por cada litro/segundo	m <sup>2</sup>	-	0.25	-
Relación ancho/longitud	-	-	1:4-1:8	-
Caudal de diseño	m <sup>3</sup> /día	-	$Q_{\max\text{hor}}$	-
Velocidad ascendente mínima	mm/s	-	4	-
Diámetro de la entrada	mm	-	50	-
Diámetro de la salida	mm	-	100	-
Sumergencia del extremo final del tubo de entrada	mm	-	150	-
Ubicación tubo de salida	mm	-	150 del tanque	-
Sumergencia del tubo de salida	m	-	0.9	-

### 5.2.3 Diseño De Trampa De Grasas Y Aceite Para Cafetines.

El caudal que se produce en los cafetines es un 15% del caudal total producido en la facultad Multidisciplinaria oriental; por tanto para obtener el caudal de diseño para la trampa se obtiene sacándole el 15% al caudal total que fue proyectado para el año 2019.

$$Q_{\text{DISEÑO}} = 5.46 \text{ lts/seg} (15\%) = 0.82 \text{ lts/seg.}$$

$Q_{\text{DISEÑO}} = 3.0 \text{ lts/seg}$  se utilizara  $3 \text{ lts/seg}$  por que las dimensiones eran muy pequeñas, entonces por eso se disidió utilizar  $3 \text{ lts/seg}$

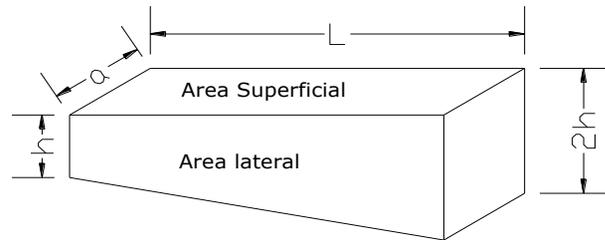
### DISEÑO DE TRAMPA DE GRASAS

Caudal de diseño (QmaxHorario) = **3.00 lit/seg**

Para el diseño de las trampas de grasas utilizaremos un tiempo de retención de:

TRH	Q diseño
3 min. -----	hasta 10 L /seg.
4 min. -----	10 – 20 L /seg.
5 min. -----	más de 20 L / seg.

#### Cálculo de la geometría de la trampa de grasa



Relación Largo-Ancho (r) → **1.80 : 1**

Tasa de Aplicación: → **4.00 lit/seg\*m2** **0.25 m2** por cada litro por segundo

Área superficial=  $A_{superficial} = Tasa\ de\ aplicación * Q_{max\ horario}$  **0.75 m2**

Largo (L) de trampa de Grasa=  $L = \sqrt{A_{superficial} * r}$  **1.16 m**

Ancho (a) de trampa de Grasa=  $a = L / r$  **0.65 m**

Tiempo de retención = **240.00 seg**

Cálculo del Volumen útil de la trampa de grasa  $V_{util} = Q_{max\ horario} * TRH =$  **0.72 m3**

Cálculo de las dimensiones laterales de la trampa de grasa

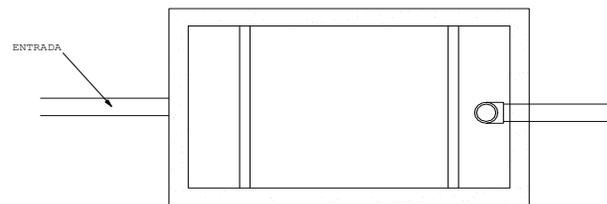
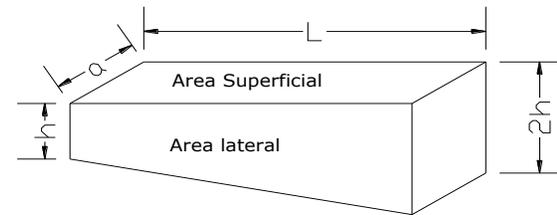
Relación del Volumen con respecto al área lateral y el ancho

$$V = A_{lateral} \times a$$

Como:  $A_{lateral} = \frac{(h + 2h) \times L}{2}$

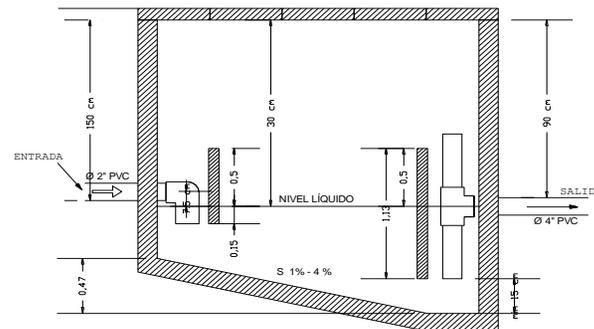
Tenemos:  $V = \frac{(h+2h) \times L \times a}{2} = \frac{3h \times L \times a}{2} \rightarrow h = \frac{2 \times V}{3 \times L \times a}$

Cálculo del valor de h  $h = \frac{2 \times V}{3 \times L \times a} = 0.70 \text{ m}$



- a= 0.70 m
- L= 1.20 m
- h= 0.70 m
- 2h= 1.40 m

Planta



Trampa de grasa

### 5.2.4 Diseño De Fosa Séptica Para Parte De La Zona

En El Salvador, los tanques sépticos deben ser diseñados de acuerdo a los criterios brindados por las unidades de salud, bajo la dirección del Ministerio de Salud Pública y asistencia social. En apartados anteriores se han mencionado algunos de estos criterios, pero a fin de comprender más detalladamente el diseño de un tanque séptico, se presenta la siguiente metodología de diseño:

#### Cálculo del volumen útil requerido para el tanque ( $V_u$ , en $m^3$ )

La norma Boliviana y algunos documentos mexicanos, recomiendan que los tanques sépticos, deban dimensionarse teniendo en cuenta un volumen destinado a la sedimentación y un volumen para la acumulación del lodo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_u = 1000 + N(DT + L_f K) \quad (\text{Ecuacion 5.4})$$

Donde:

- $V_u$ = Volumen útil del tanque séptico (lts)
- $N$ = Número de personas ó unidades de contribución (habitantes ó unidades)
- $T$ = Tiempo de detención (días)
- $L_f$ = Contribución de lodo fresco (l/h/d)
- $D$ = Dotación per cápita de aguas residuales por persona (l/h/d)
- $K$ = Tasa de acumulación de lodo (días)

A continuación se describen los valores de los parámetros de la ecuación anterior:

- ✓ *Período de retención hidráulica (T en días)*

Para efectos de este manual los valores de tiempo de retención deben ser considerados de acuerdo a la siguiente tabla.

**Tabla 5.7** Tiempos de retención en proporción al volumen que se debe tratar

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	Días	Horas
Hasta 1,500	1.00	24
De 1,501 a 3,000	0.92	22
De 3,000 a 4,500	0.83	20
De 4,501 a 6,000	0.75	18
De 6,001 a 7,500	0.67	16
De 7,501 a 9,000	0.58	14
mas 9,000	0.50	12

✓ *Contribución de lodo fresco ( $L_f$ )*

Se tomará como contribución de lodo fresco per cápita  $L_f = 1$  l/h.día, de manera general y para casos específicos se deben considerar los valores de la siguiente tabla:

**Tabla 5.8** Contribución de lodo fresco  $L_f$  en L/día

Predio	Unidades	Contribución de lodo fresco
--------	----------	-----------------------------

		Lf( L/día)
<i>Ocupantes permanentes</i>		Lf
Residencia		
Clase Alta	Persona	1.00
Clase media	Persona	1.00
Clase Baja	Persona	1.00
Hotel (Excepto lavandería y cocina)	Persona	1.00
Alojamiento provisional	Persona	1.00
<i>Ocupantes temporales</i>		
Fabrica en general	Persona	0.30
Oficinas temporales	Persona	0.20
Edificios públicos o comerciales	Persona	0.20
Escuelas	Persona	0.20
Bares	Persona	0.10
Restaurante	Comida	0.01

✓ *Tasa de acumulación de lodos digeridos (K)*

Esta tasa de acumulación depende de la temperatura del lugar donde se construirá el tanque séptico y el intervalo de limpieza medido en años y tiene valores de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 5.9 Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos**

Intervalos de limpieza (años)	Valores de K (días) por intervalo de temperatura ambiente (t) en °C		
	t=10 °C	10 °C < t < 20 °C	t=20 °C
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

**a. Dimensionamiento del tanque séptico**

**Determinación de la profundidad útil del tanque ( $P_u$ ):**

Se debe establecer la profundidad del tanque séptico a partir de los datos de la tabla 5.10 que contiene rangos de profundidades de acuerdo al volumen útil del tanque, que se calcula en base a la expresión del paso anterior, las alturas varían de 1.2 a 2.8 m.

**Tabla 5.10** Valores de profundidad útil de acuerdo al volumen estimado para el tanque séptico (Tomado de Norma Colombiana RAS)

Volumen útil (m <sup>3</sup> )	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1.2	2.2
De 6 a 10	1.5	2.5
Más de 10	1.8	2.8

**Determinación del largo y el ancho del tanque**

En base a la relación largo-ancho elegida, el volumen útil encontrado y la altura del tanque ya establecida, se puede determinar tanto el largo como el ancho del tanque séptico. Si el número de personas, para las cuales se diseña el sistema, es mayor a 15, deben considerarse dos cámaras en el tanque. Entonces la primera cámara tendrá una longitud  $2L/3$  y el largo de la otra cámara será de  $L/3$ .

$$L = (r) \cdot (\text{Ancho})$$

Donde:

L: Largo total del tanque séptico (m, 1m mínimo)

R: Relación Largo-Ancho del tanque séptico (2:1 a 4:1)

Ancho: Ancho del tanque séptico (m, 0.80m mínimo)

$$V_u = \text{Ancho}^2 * r * P_u \quad e$$

$$\text{Ancho} = \sqrt{\frac{V_u}{r * P_u}} \quad (\text{ecuacion 5.5})$$

**b. Volumen de natas**

Como valor se considera un volumen mínimo de  $0.7 \text{ m}^3$ / período de limpieza

**c. Profundidad de espuma sumergida ( $H_e$ , en m)**

$$H_e = \frac{0.70}{L * \text{Ancho}} \quad (\text{ecuacion 5.6})$$

**d. Profundidad libre de espuma sumergida**

Distancia entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee de salida o cortina deflectora del dispositivo de salida del tanque séptico, debe tener un valor mínimo de 0.10 m.

**e. El espacio libre entre nivel superior de natas y nivel inferior de losa del tanque séptico, debe de ser como mínimo 0.30m.**

**f. Profundidad neta del tanque séptico**

Es la suma de las profundidades de natas, útil, que comprende la de sedimentación y almacenamiento de lodos, profundidad libre de natas sumergidas y borde libre.

#### **DISEÑO DE FOSA SEPTICA.**

Para obtener el caudal de diseño de esta zona se tomara como caudales contribuyentes a esta zona los provenientes de: Baños ubicados al norte y sur del auditorio (ver tabla 4.7)

$$Q_{\text{DISEÑO}} = 28\%(5.46 \text{ lts/seg})$$

$$Q_{\text{DISEÑO}} = 1.5288 \text{ lts/seg}$$

**a. Cálculo del volumen útil requerido para el tanque ( $V_u$ , en  $m^3$ ).**

$$V_u = 1000 + N(DT + L_f K)$$

$V_u$ = Volumen útil del tanque séptico (lts)

$N$ = Número de personas ó unidades de contribución (habitantes ó unidades)

$T$ = Tiempo de detención (días)

$L_f =$  Contribución de lodo fresco (l/h/d)

$D =$  Dotación per cápita de aguas residuales por persona (l/h/d)

$K =$  Tasa de acumulación de lodo (días)

Calculando contribución diaria de nuestro sistema:

$$C = (\text{Numero Habitantes}) (\text{dotación})$$

$$C = (2752 \text{ hab}) (40 \text{ lts/hab. día})$$

$$C = 110073.6 \text{ lts/día}$$

Utilizando la contribución diaria que se encontró en el cálculo anterior se determina el tiempo de retención haciendo uso de la tabla 5.7

**$T = 0.5$  días = 12 horas.**

Calculando lodo fresco: de la Tabla 5.8. Según nuestro caso que es una universidad cae en el rango de contribución de lodo fresco  **$L_f = 0.1$  lts/día.**

**$N = 2752$  personas**

**$D = 40$  lts/hab /día** (según norma de ANDA)

**$K = 57$**  (de tabla 5.9. suponiendo un periodo de limpieza cada 1 año)

Entonces el volumen útil es:

$$V_U = 1000 + 2752((40 * 0.5) + (0.1 * 57))$$

$$V_U = 71726,4 \text{ lts} = 71.72 \text{ m}^3$$

$$V_U = 71.72 \text{ m}^3$$

#### **b. Dimensionamiento del tanque séptico**

***Determinación de la profundidad útil del tanque ( $P_u$ ):***

De tabla 5.10 tomamos como profundidad útil de 1.8 mt ya que nuestro volumen a tratar es mayor de  $10 \text{ m}^3$

$$P_U = 2.8 \text{ mts}$$

**Determinación del largo y el ancho del tanque**

Donde:

L: Largo total del tanque séptico (m, 1m mínimo)

r: Relación Largo-Ancho del tanque séptico (2:1 a 4:1), en nuestro caso se tomara relación 2:1

Ancho: Ancho del tanque séptico (m, 0.80m mínimo)

$$Ancho = \sqrt{\frac{V_u}{r * P_u}} \quad (\text{ecuacion 5.5}) \quad Ancho = ((71.72)/(2*2.8))^{1/2} \quad Ancho = 3.6 \text{ mt}$$

$$Ancho = 3.6 \text{ mt}$$

Encontrando el largo de la fosa

$$L = (r) \cdot (Ancho) = (2) (3.6) = 5.50 \text{ mt} \quad \mathbf{L = 7.2 \text{ mts}}$$

**C. Volumen de natas.**

Como valor se considera un volumen mínimo de  $0.7 \text{ m}^3$

**d. Profundidad de espuma sumergida ( $H_e$ , en m)**

$$H_e = \frac{0.70}{L * Ancho} \quad (\text{ecuacion 5.6})$$

$$H_e = 0.70 / (7.2 * 3.6) = 0.027 \text{ mts}$$

$$H_e = 2.7 \text{ cms} = 10 \text{ cms}$$

**e. Profundidad libre de espuma sumergida**

Distancia entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee de salida o cortina deflectora del dispositivo de salida del tanque séptico, debe tener un valor mínimo de 0.10 m.

$H_E=10\text{cms}$  se tomo la mínima

**g. El espacio libre entre nivel superior de natas y nivel inferior de losa del tanque séptico( $H_L$ ):**

Este debe de ser como mínimo 0.30m. En toses  $H_L=0.30\text{mts}$

**e. Profundidad neta del tanque séptico (D)**

$D = \text{profundidad útil del tanque } (p_u) + \text{Profundidad de espuma sumergida } (H_e)$   
 $+ \text{Profundidad libre de espuma sumergida } (H_e) + \text{Altura de espacio libre } (H_l)$

$$D = 2.8 + 1.0 + 1.0 + 0.30$$

$$D = 3.3 \text{ mts}$$

**a. Dimensiones Finales.**

Longitud total = 7.2 mts

Longitud de primer cámara  $A = (7.2) (2/3) = 4.8 \text{ mts}$

Longitud de segunda cámara  $B = (7.2 \text{ mts}) (1/3) = 2.4 \text{ mts}$

Ancho interno  $C = 3.6 \text{ mts}$

Altura del tanque total  $D = 3.3 \text{ mts}$

**b. Consideraciones A Tomar En Cuenta En Las Fosas Sépticas.**

- El diámetro mínimo de las tuberías de entrada y salida del tanque séptico será de 100mm (4”).
- El nivel de la tubería de salida del tanque séptico deberá estar situado a 0.05m por debajo de la tubería de entrada.
- La parte superior de los dispositivos de entrada y salida deberán dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo de la losa de techo del tanque séptico.
- El fondo de los tanques tendrá una pendiente de 2% orientada al punto de ingreso de los líquidos.
- El techo de los tanques sépticos deberá estar dotado de losas removibles y registros de inspección de 150 mm de diámetro.

### 5.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA ZONA 2.

En esta zona Luego todas las aguas provenientes de esta zona finalmente serán tratadas en un filtro biológico para su posterior descarga cuerpo receptor.

#### 5.3.1 Diseño De Fosa Séptica Para Parte De La Zona 2

Para obtener el caudal de diseño de esta zona se tomara como caudales contribuyentes a esta zona los provenientes de: laboratorio de biología, cafetines, edificio administrativo el riñón, baños de química (ver tabla 4.7)

$$Q_{\text{DISEÑO}} = 9\%(5.46 \text{ lts/seg})$$

$$Q_{\text{DISEÑO}} = 0.4914 \text{ lts/seg}$$

En El Salvador, los tanques sépticos deben ser diseñados de acuerdo a los criterios brindados por las unidades de salud, bajo la dirección del Ministerio de Salud Pública y asistencia social. En apartados anteriores se han mencionado algunos de estos criterios, pero a fin de comprender más detalladamente el diseño de un tanque séptico, se presenta la siguiente metodología de diseño:

#### DISEÑO DE FOSA SEPTICA.

##### a. Cálculo del volumen útil requerido para el tanque ( $V_u$ , en $m^3$ ).

$$V_u = 1000 + N(DT + L_f K)$$

$V_u$ = Volumen útil del tanque séptico (lts)

$N$ = Número de personas ó unidades de contribución (habitantes ó unidades)

$T$ = Tiempo de detención (días)

$L_f$  = Contribución de lodo fresco (l/h/d)

$D$ = Dotación per cápita de aguas residuales por persona (l/h/d)

$K =$  Tasa de acumulación de lodo (días)

Calculando contribución diaria de nuestro sistema:

$$C = (\text{Numero Habitantes}) (\text{dotación})$$

$$C = (590\text{hab}) (40\text{lts/hab. día})$$

$$C = 23600 \text{ lts/día}$$

Utilizando la contribución diaria que se encontró en el cálculo anterior se determina el tiempo de retención haciendo uso de la tabla 5.7

**$T = 0.5$  días = 12 horas.**

Calculando lodo fresco: de la Tabla 5.8. Según nuestro caso que es una universidad cae en el rango de contribución de lodo fresco  **$L_F = 0.2$  lts/día.**

**$N = 590$  personas**

**$D = 40$  lts/hab /día** (según norma de ANDA)

**$K = 97$**  (de tabla 5.7. suponiendo un periodo de limpieza cada 2 años)

Entonces el volumen útil es:

$$V_U = 1000 + 590((40 * 0.5) + (0.2 * 97))$$

$$V_U = 24246 \text{ lts} = 24.246 \text{ m}^3$$

$$V_U = 24.25 \text{ m}^3$$

### c. Dimensionamiento del tanque séptico

***Determinación de la profundidad útil del tanque ( $P_U$ ):***

De tabla 5.10 tomamos como profundidad útil de 1.8 mt ya que nuestro volumen a tratar es mayor de  $10\text{m}^3$

$$P_U = 1.8 \text{ mts}$$

**Determinación del largo y el ancho del tanque**

Donde:

L: Largo total del tanque séptico (m, 1m mínimo)

r: Relación Largo-Ancho del tanque séptico (2:1 a 4:1), en nuestro caso se tomara relación 2:1

Ancho: Ancho del tanque séptico (m, 0.80m mínimo)

$$Ancho = \sqrt{\frac{Vu}{r * Pu}} \quad (\text{ecuacion 5.5}) \quad Ancho = ((24.25)/(2*1.8))^{1/2} \quad Ancho = 2.59\text{mt}$$

**Ancho= 2.75 mt**

Encontrando el largo de la fosa

$$L = (r).(Ancho) = (2)(2.75) = 5.50 \text{ mt} \quad L = 5.50 \text{ mts}$$

**D. Volumen de natas.**

Como valor se considera un volumen mínimo de 0.7 m<sup>3</sup>

**d.Profundidad de espuma sumergida (H<sub>e</sub>, en m)**

$$H_e = \frac{0.70}{L * Ancho} \quad (\text{ecuacion 5.6})$$

$$H_E = 0.70/(5.50*2.75) = 0.046 \text{ mts}$$

**H<sub>E</sub>=4.6 cms =10cms**

**e.Profundidad libre de espuma sumergida**

Distancia entre la superficie inferior de la capa de espuma y el nivel inferior de la Tee de salida o cortina deflectora del dispositivo de salida del tanque séptico, debe tener un valor mínimo de 0.10 m.

$H_E=10\text{cms}$  se tomo la mínima

h. El espacio libre entre nivel superior de natas y nivel inferior de losa del tanque séptico( $H_L$ ):

Este debe de ser como mínimo 0.30m. En toses  $H_L=0.30\text{mts}$

e. Profundidad neta del tanque séptico (D)

D= profundidad útil del tanque ( $p_u$ ) + Profundidad de espuma sumergida ( $H_e$ )  
+ Profundidad libre de espuma sumergida ( $H_e$ ) + Altura de espacio libre ( $H_l$ )

$$D = 1.8 + 1.0 + 1.0 + 0.30$$

$$D = 2.30 \text{ mts}$$

c. Dimensiones Finales.

Longitud total = 5.5mts

Longitud de primer cámara  $A = (5.5) (2/3) = 3.66 \text{ mts} = 3.75\text{mts}$

Longitud de segunda cámara  $B = (5.5 \text{ mts}) (1/3) = 1.83 = 1.75 \text{ mts}$

Ancho interno  $C = 2.75 \text{ mts}$

Altura del tanque total  $D = 2.30 \text{ mts}$

**d. Consideraciones A Tomar En Cuenta En Las Fosas Sépticas.**

- El diámetro mínimo de las tuberías de entrada y salida del tanque séptico será de 100mm (4”).
- El nivel de la tubería de salida del tanque séptico deberá estar situado a 0.05m por debajo de la tubería de entrada.
- La parte superior de los dispositivos de entrada y salida deberán dejar una luz libre para ventilación de no más de 0,05 m por debajo de la losa de techo del tanque séptico.
- El fondo de los tanques tendrá una pendiente de 2% orientada al punto de ingreso de los líquidos.
- El techo de los tanques sépticos deberá estar dotado de losas removibles y registros de inspección de 150 mm de diámetro.

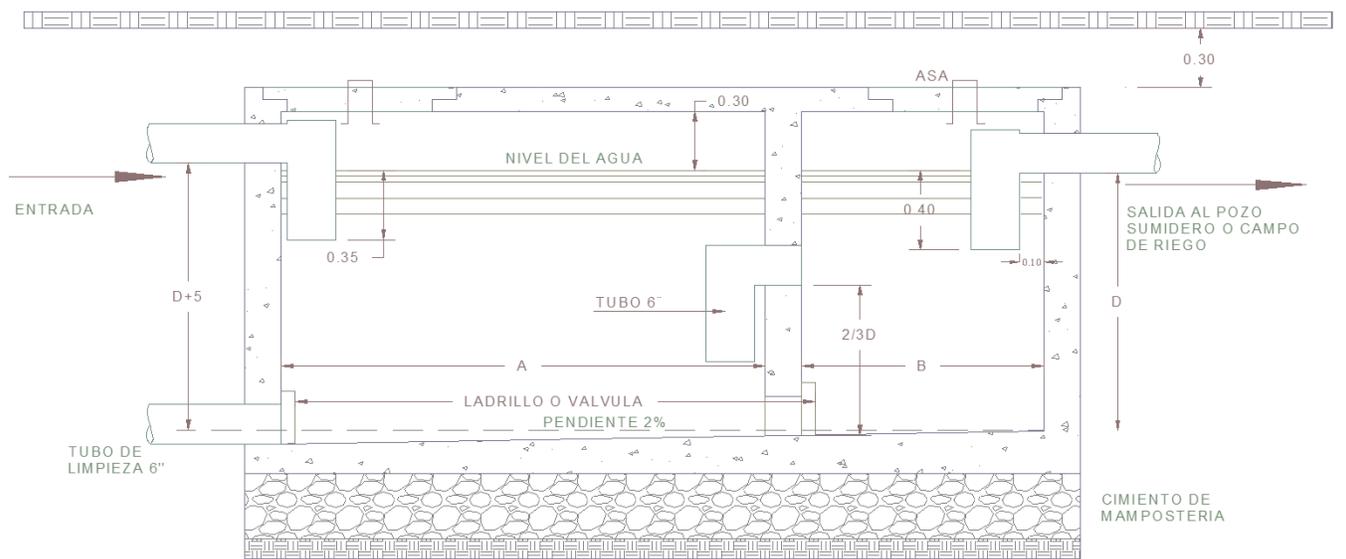
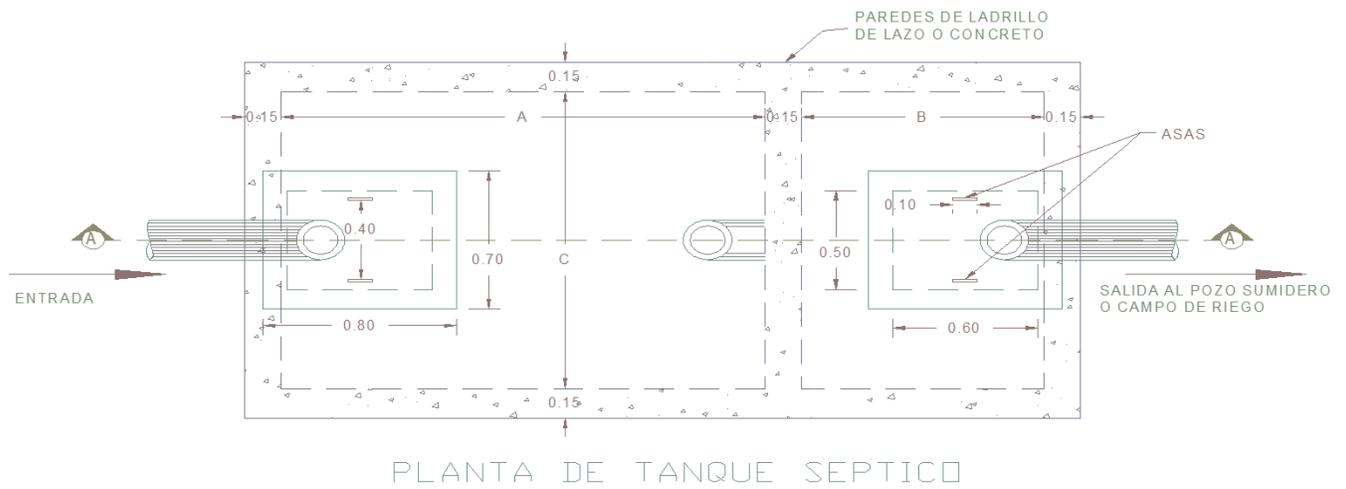


Fig. 5.3 Esquema De Una Fosa Séptica.

### 5.3.2 Diseño De Filtro Biológico Para La Zona 2.

**Los datos básicos para el diseño son:**

Caudal máximo horario  $Q_{\max} = 2.2932 \text{ lts/seg.} = 198.13 \text{ m}^3/\text{día}$

DBO bruto = 275 mg/lit (Resultado obtenido de pruebas realizadas)

DBO del efluente final: 60 mg/lit (Requerido por La CONACYT)

Profundidad = 2.5 mt

Para el diseño se usarán las ecuaciones del NCR (National Research Council U.S.A.)

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.4425 (W_1 / V_1 \cdot F)^{0.5}} \quad (\text{Ec.5.1})$$

**Donde:**

$E_1$  = Rendimiento de eliminación de la DBO para el primer filtro

$W_1$  = Carga de DBO aplicada al primer filtro

$V_1$  = Volumen del primer filtro

$$F = \frac{1 + r}{(1 + 0.1r)^2} \quad (\text{Ec. 5.2})$$

**Donde:**

F = Factor de recirculación

r = Razón de circulación: para nuestro caso  $r = 0$  entonces  $F = 1$

**Proceso de diseño:**

**a) Cálculo de la eficiencia para el filtro  $E_1$**

Haciendo una consideración del límite mínimo de la propuesta de norma del CONACYT de 60 mg/lit de DBO en la descarga al cuerpo receptor, obtenemos una eficiencia en la remoción de DBO ( $E_T$ ) de:

$$E_T = \frac{DBO_{INICIAL} - DBO_{FINAL}}{DBO_{INICIAL}} \quad \text{Ecu.5.3}$$

. Sustituyendo datos en ecuación 5.3

$$E_T = \frac{DBO_{INICIAL} - DBO_{FINAL}}{DBO_{INICIAL}}$$

$$E_T = \frac{275 - 60}{275}$$

$$E_T = 78\%$$

**b) Cálculo de la carga de Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) del filtro**

$$W_1 = (\text{DBO influente}) (Q_{MAX})$$

$$W_1 = (275 \text{ mg/lit}) (198.13 \text{ m}^3/\text{día})$$

$$W_1 = (0.275 \text{ kg/m}^3)(198.13 \text{ m}^3/\text{día})$$

$$W_1 = 54.49 \text{ kg/día}$$

**a) Cálculo del volumen del filtro (utilizando la Ec. 5.1)**

$$E_1 = \frac{100}{1 + 0.4425 (W_1 / V_1 \cdot F)^{0.5}}$$

$$78 = \frac{100}{1 + 0.4425 (54.49 / V_1 \cdot 1)^{0.5}}$$

$$V_1 = 134.12 \text{ m}^3$$

**d) Cálculo del área del filtro**

$$A_1 = V_1 / h$$

$$A_1 = 134.12 \text{ m}^3 / 2.5 \text{ m}$$

$$A_1 = 53.65 \text{ m}^2$$

$$A = 54.0 \text{ m}^2$$

De donde:  $L_1 = 8.0 \text{ m}$  y  $L_2 = 7.0 \text{ m}$

**h) Cálculo de la carga orgánica de cada filtro**

$$\text{Carga de DBO} = W_1 / V_1 = (73.94 \text{ Kg/día}) / 300 \text{ m}^3 = 0.25 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{día}$$

**i) Cálculo de la carga hidráulica de cada filtro**

$$\text{Carga hidráulica} = Q_{\text{max}} / A_1 = (268.89 \text{ m}^3/\text{día}) / 120 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga hidráulica} = 2.24 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$$

Al comparar la carga orgánica y carga hidráulica encontradas con los parámetros establecidos en la tabla 5.2 podemos ver que estos resultados están dentro de los parámetros utilizados para el diseño de filtro biológicos de baja carga; y por tanto el filtro que se utilizara en esta zona será un filtro de baja carga.

### 5.3.3 Tratamiento De Las Aguas Residuales Provenientes Del Laboratorio De Química.

Las aguas residuales provenientes del laboratorio de química a estas no se les hará un diseño de un sistema de tratamiento ya que son aguas de tipo especial y por tanto estos sistemas de tratamiento están fuera del alcance de nuestro trabajo.

Estas aguas serán desalojadas al finalizar cada ciclo por una empresa especializada en esa área; para lo cual solo se diseñara una fosa de captación, el cual será impermeabilizado para que estas aguas no puedan filtrarse al manto acuífero.

#### Diseño De Taque De Captación:

##### a) Calculo De Caudal De Diseño

Por regla de tres tenemos:

Población Actual 2009 = 6123 personas -----  $Q_{\text{LABOR 2009}} = 0.78\text{m}^3/\text{día}$

##### b) Calculo de dimensiones del tanque.

Total volumen generado en el periodo para un periodo de 5 meses (suponiendo que son 5 días a la semana y 22 días al mes.

$$V = (0.78 \text{ m}^3/\text{día}) (110 \text{ días}) = 85.80 \text{ m}^3$$

$$A = (85.80 \text{ m}^3) / (2.5\text{m})$$

$$A = 34.3 \text{ m}^2$$

$$A = 35.0\text{m}^2$$

$$L = 7.0\text{mt}; L = 5.0\text{mt}$$

## 5.4 DISEÑO DE LA RED DEL SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES.

### 5.4.1 DISEÑO DE TUBERIAS DE AGUAS RESIDUALES PARA LA ZONA I

#### a. Determinación Del Diámetro De La Tubería Que Va Del Pozo N°1 A La Fosa N°1.

**Caudal del tramo ( $Q_{\text{del tramo}}$ ).**

El  $Q_{\text{del tramo}}$  será igual al 80% del  $Q_{\text{max hor}} + 0.1 \frac{lt}{seg} ha$  por infiltración a lo largo de la tubería (según normas técnicas de ANDA parte II numeral 4, para tuberías de PVC).

La formula a utilizar es:

$$Q_{\text{del tramo}} = (0.8) \times Q_{\text{max hor}} + \left[ 0.1 \frac{lt}{seg} ha \times A_T \right]$$

Donde:

$$Q_{\text{max hor}} = (0.889 \frac{lt}{seg})$$

$A_T$ : Área tributaria del tramo = 0.0 hectáreas

Solución:

$$Q_{\text{del tramo}} = (0.8) \times Q_{\text{max hor}} + \left[ 0.1 \frac{lt}{seg} ha \times A_T \right]$$

$$Q_{\text{del tramo}} = (0.8) \times (0.889) + \left[ 0.1 \frac{lt}{seg} ha \times 0.0 \right]$$

$$Q_{\text{del tramo}} = 0.7115 \frac{lt}{seg}$$

**Caudal de diseño acumulado ( $Q_{\text{diseño acumulado}}$ ).**

La formula a utilizar es:

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = F_s \times Q_{\text{deltramo}} + Q_{\text{entrantesacumulado}}$$

Donde:

$F_s$ : Factor de seguridad que depende del diámetro de la tubería que para nuestro caso es de 2, ya que el diámetro asumido de la tubería está entre 8" y 12" (según normas técnicas de ANDA parte II numeral 4).

$$Q_{\text{del tramo}} = 0.7115 \text{ Lt/seg.}$$

$Q_{\text{entrantes acumulado}}$  = este será el caudal que entra de tuberías atrás; Para este caso el caudal entrante acumulado es igual a cero ya que se considera como tramo inicial. Para tramos no iniciales se deberá sumar los caudales entrantes que lo alimentan

Solución:

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = F_s \times Q_{\text{deltramo}} + Q_{\text{entrantesacumulado}}$$

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = (2) \times (0.7115) + 0.00$$

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = 1.423 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

### Calculo de la velocidad a tubo lleno: ( $V_{LL}$ ).

La formula a utilizar es:

$$V_{LL} = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

$V_{LL}$  = velocidad a tubo lleno del tramo en estudio (en m/seg).

$n$  = coeficiente de rugosidad de la tubería.

$R_H$  = Radio hidráulico. (Para tuberías llenas  $R_H = D/4$ ). (En mt)

$S$  = pendiente del tramo en estudio.

$S = 1.43\%$  y con un diámetro de 8" y un coeficiente de rugosidad  $n = 0.011$  (valor que corresponde a la tuberías plásticas) se procede a introducir los datos a la ecuación de Manning

Solución:

$$V_{ll} = \left(\frac{1}{0.011}\right) \left(\frac{0.2032}{4}\right)^{2/3} (0.0143)^{1/2}$$

$$V_{ll} = 1.4911 \frac{m}{seg}$$

### Calculo del caudal a tubo lleno ( $Q_{TLL}$ )

Utilizando la ecuación de continuidad  $Q_{Tll} = V_{ll} \times A_{ll}$

Donde:

$Q_{TLL}$  = Caudal a tubo lleno (en  $M^3/seg$ ).

$V_{LL}$  = velocidad a tubo lleno del tramo en estudio (en  $m/seg$ ).

$A_{LL}$  = Área transversal de la tubería.

Solución:

$$Q_{Tll} = (1.4911)(0.0324)$$

$$Q_{Tll} = 0.04831 \frac{M^3}{seg}$$

$$Q_{Tll} = 48.31 \frac{lt}{seg}$$

### Relación de caudales.

Para calcular la relación de caudales se divide el caudal real que transportará la tubería ( $Q_{diseño\ acumulado}$ ) y el caudal a tubería llena ( $Q_{TLL}$ ).

$$Re\ lacion = \frac{Q_{diseñoacumulado}}{Q_{Tll}}$$

$$Re\ lacion = \frac{1.423}{48.31}$$

Relacion = 0.02945

### Calculo del tirante hidráulico (Y).

Llevando este valor al Diagrama de las Propiedades Hidráulicas de las tuberías circulares para diversas profundidades de flujos (curva del banano) y trazando una línea vertical hasta cortar la curva de caudales y luego una horizontal hasta marcar el valor en el eje de las Y (ver figura 4.3) obtenemos el valor siguiente: (Valor obtenido de la grafica de la curva del banano)

Despejando:

$$Y = (0.07115) \times (0.2032)$$

$$Y = 0.01445$$

Este valor se debe comparar con el tirante máximo, que para nuestro caso:

$$T_{\max} = D \times \%LL$$

Donde:

$T_{\max}$  = Tirante máximo

D = diámetro de la tubería.

%LL = porcentaje que estará llena la tubería al final de la vida útil, para nuestro caso se pretende que al final de la vida útil este lleno en un 70%.

Solución:

$$T_{\max} = (0.02032) \times (0.7)$$

$$T_{\max} = 0.1422m$$

Comparando resultados

$$0.01445 < 0.1422$$

El tirante hidráulico procede ya que es menor que el tirante máximo permitido.

**Calculo de la velocidad real ( $V_r$ ).**

Marcando el punto y trazando una línea horizontal hasta cortar la curva de velocidades

y luego trazando una línea vertical hasta cortar el eje X y leyendo el dato de  $\frac{V_r}{V_{ll}} = 0.35$

Despejando  $V_r$  se tiene:

$$V_r = 0.35 \times V_{ll}$$

$$V_r = (0.35)(1.4911)$$

$$V_r = 0.5218 \frac{m}{seg}$$

La velocidad procede, ya que según Normas técnicas de ANDA la velocidad real para tuberías de PVC debe ser:  $0.50 \text{ m/s} \leq V_r \leq 4.0 \text{ m/s}$

**$D_{\text{TUBERIA}} = 8 \text{ pulg (pvc)}$**

**$S = 1.43\%$**

Así para cada uno de los tramos se utiliza el mismo procedimiento.

**b. Determinación Del Diámetro De La Tubería Que Va De La Fosa N°1 a Filtro Biológico De La Zona N°1.**

El diámetro de esta tubería será el mismo que el que se encontró para el tramo que va del pozo N°1 a la Fosa N°1 ya que no hay caudales que se adicionan a este tramo.

**$D = 8 \text{ pulg.}$**

**$S = 1.43\%$**

**c. Determinación Del Diámetro De La Tubería Que Va De La Trampa De Grasa A La Filtro Biológico de La Zona N°1.**

**Caudal del tramo ( $Q_{\text{del tramo}}$ ).**

El  $Q_{\text{del tramo}}$  será igual al 80% del  $Q_{\text{max hor}} + 0.1 \frac{lt}{seg} ha$  por infiltración a lo largo de la tubería (según normas técnicas de ANDA parte II numeral 4, para tuberías de PVC).

La formula a utilizar es:

$$Q_{\text{del tramo}} = (0.8) \times Q_{\text{max hor}} + \left[ 0.1 \frac{lt}{seg} ha \times A_T \right]$$

Donde:

$$Q_{\text{max hor}} = (0.4802 \frac{lt}{seg})$$

$A_T$ : Área tributaria del tramo = 0.0 hectáreas

Solución:

$$Q_{\text{del tramo}} = (0.8) \times Q_{\text{max hor}} + \left[ 0.1 \frac{lt}{seg} ha \times A_T \right]$$

$$Q_{\text{del tramo}} = (0.8) \times (0.4802) + \left[ 0.1 \frac{lt}{seg} ha \times 0.0 \right]$$

$$Q_{\text{del tramo}} = 0.40 \frac{lt}{seg}$$

**Caudal de diseño acumulado ( $Q_{\text{diseño acumulado}}$ ).**

La formula a utilizar es:

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = F_s \times Q_{\text{del tramo}} + Q_{\text{entrantesacumulado}}$$

Donde:

$F_s$ : Factor de seguridad que depende del diámetro de la tubería que para nuestro caso es de 2, ya que el diámetro asumido de la tubería está entre 8" y 12" (según normas técnicas de ANDA parte II numeral 4).

$Q_{\text{del tramo}} = 0.40 \text{ t/seg.}$

$Q_{\text{entrantes acumulado}}$  = este será el caudal que entra de tuberías atrás; Para este caso el caudal entrante acumulado es igual a cero ya que se considera como tramo inicial. Para tramos no iniciales se deberá sumar los caudales entrantes que lo alimentan

Solución:

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = F_s \times Q_{\text{del tramo}} + Q_{\text{entrantesacumulado}}$$

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = (2) \times (0.40) + 0.00$$

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = 0.8 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

### Calculo de la velocidad a tubo lleno: ( $V_{LL}$ ).

La formula a utilizar es:

$$V_{LL} = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

$V_{LL}$  = velocidad a tubo lleno del tramo en estudio (en m/seg).

$n$  = coeficiente de rugosidad de la tubería.

$R_H$  = Radio hidráulico. (Para tuberías llenas  $R_H = D/4$ ). (En mt)

$S$  = pendiente del tramo en estudio.

$S = 1.43\%$  y con un diámetro de 8" y un coeficiente de rugosidad  $n = 0.011$  (valor que corresponde a la tuberías plásticas) se procede a introducir los datos a la ecuación de Manning

Solución:

$$V_{ll} = \left(\frac{1}{0.011}\right) \left(\frac{0.2032}{4}\right)^{2/3} (0.01)^{1/2}$$

$$V_{ll} = 1.24 \frac{m}{seg}$$

### Calculo del caudal a tubo lleno ( $Q_{TLL}$ )

Utilizando la ecuación de continuidad  $Q_{Tll} = V_{ll} \times A_{ll}$

Donde:

$Q_{TLL}$  = Caudal a tubo lleno (en  $m^3/seg$ ).

$V_{LL}$  = velocidad a tubo lleno del tramo en estudio (en  $m/seg$ ).

$A_{LL}$  = Área transversal de la tubería.

Solución:

$$Q_{Tll} = (1.24)(0.0324)$$

$$Q_{Tll} = 0.0404 \frac{m^3}{seg}$$

$$Q_{Tll} = 40.4 \frac{lt}{seg}$$

### Relación de caudales.

Para calcular la relación de caudales se divide el caudal real que transportará la tubería ( $Q_{diseño\ acumulado}$ ) y el caudal a tubería llena ( $Q_{TLL}$ ).

$$Relacion = \frac{Q_{diseñoacumulado}}{Q_{Tll}}$$

$$Relacion = \frac{0.8}{40.4}$$

$$Relacion = 0.020$$

**Calculo del tirante hidráulico (Y).**

Llevando este valor al Diagrama de las Propiedades Hidráulicas de las tuberías circulares para diversas profundidades de flujos (curva del banano) y trazando una línea vertical hasta cortar la curva de caudales y luego una horizontal hasta marcar el valor en el eje de las Y (ver figura 4.3) obtenemos el valor siguiente:

$$\frac{y}{D} = 8.0\% \quad (\text{Valor obtenido de la grafica de la curva del banano})$$

Despejando:  $Y = (0.08) \times (0.2032)$

$$Y = 0.01625$$

Este valor se debe comparar con el tirante máximo, que para nuestro caso:

$$T_{\max} = D \times \%LL$$

Donde:

$T_{\max}$  = Tirante máximo

D = diámetro de la tubería.

%LL = porcentaje que estará llena la tubería al final de la vida útil, para nuestro caso se pretende que al final de la vida útil este lleno en un 70%.

Solución:

$$T_{\max} = (0.2032) \times (0.7)$$

$$T_{\max} = 0.1422m$$

Comparando resultados

$$0.01625 < 0.1422$$

El tirante hidráulico procede ya que es menor que el tirante máximo permitido.

**Calculo de la velocidad real ( $V_r$ ).**

Marcando el punto y trazando una línea horizontal hasta cortar la curva de velocidades

y luego trazando una línea vertical hasta cortar el eje X y leyendo el dato de  $\frac{V_r}{V_{ll}} = 0.41$

Despejando  $V_r$  se tiene:

$$V_r = 0.41 \times V_{ll}$$

$$V_r = (0.41)(1.24)$$

$$V_r = 0.51 \frac{m}{seg}$$

La velocidad procede, ya que según Normas técnicas de ANDA la velocidad real para tuberías de PVC debe ser:  $0.50 \text{ m/s} \leq V_r \leq 4.0 \text{ m/s}$

**$D_{\text{TUBERIA}} = 8 \text{ pulg (pvc)}$**

**$S = 1.0\%$**

**5.4.2 DISEÑO DE TUBERIAS PARA AGUAS RESIDUALES DE LA ZONA 2**

**a. Determinación Del Diámetro De La Tubería Que Va Del Pozo N°3 Al Pozo N°5.**

El diámetro que se utilizara en este tramo será de 6 pulg, el mínimo que exige la norma de ANDA y debido a que el caudal es demasiado pequeño.

**$D = 6 \text{ pulg}$**

**$S = 1.46\%$**

**b. Determinación Del Diámetro De La Tubería Que Va Del Pozo N°4 Al Pozo N°5.**

El diámetro que se utilizara en este tramo será de 6 pulg, el mínimo que exige la norma de ANDA y debido a que el caudal es demasiado pequeño.

**D=6 pulg**

**S=1.0%**

**c. Determinación Del Diámetro De La Tubería Que Va Del Pozo N°5 Al Pozo N°6.**

**Caudal del tramo ( $Q_{del\ tramo}$ ).**

El  $Q_{del\ tramo}$  será igual al 80% del  $Q_{max\ hor} + 0.1 \frac{lt}{seg} ha$  por infiltración a lo largo de la tubería (según normas técnicas de ANDA parte II numeral 4, para tuberías de PVC).

La formula a utilizar es:

$$Q_{del\ tramo} = (0.8) \times Q_{max\ hor} + \left[ 0.1 \frac{lt}{seg} ha \times A_T \right]$$

Donde:

$$Q_{max\ hor} = (0.2094 \frac{lt}{seg})$$

$A_T$ : Área tributaria del tramo = 0.0 hectáreas

Solución:

$$Q_{del\ tramo} = (0.8) \times Q_{max\ hor} + \left[ 0.1 \frac{lt}{seg} ha \times A_T \right]$$

$$Q_{del\ tramo} = (0.8) \times (0.2094) + \left[ 0.1 \frac{lt}{seg} ha \times 0.0 \right]$$

$$Q_{del\ tramo} = 0.17 \frac{lt}{seg}$$

**Caudal de diseño acumulado ( $Q_{diseño\ acumulado}$ ).**

La formula a utilizar es:

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = F_s \times Q_{\text{deltramo}} + Q_{\text{entrantesacumulado}}$$

Donde:

$F_s$ : Factor de seguridad que depende del diámetro de la tubería que para nuestro caso es de 2, ya que el diámetro asumido de la tubería está entre 8" y 12" (según normas técnicas de ANDA parte II numeral 4).

$$Q_{\text{del tramo}} = 0.17 \text{ t/seg.}$$

$Q_{\text{entrantes acumulado}}$  = este será el caudal que entra de tuberías atrás; Para este caso el caudal entrante acumulado es igual a cero ya que se considera como tramo inicial. Para tramos no iniciales se deberá sumar los caudales entrantes que lo alimentan

Solución:

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = F_s \times Q_{\text{deltramo}} + Q_{\text{entrantesacumulado}}$$

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = (2) \times (0.17) + 0.00$$

$$Q_{\text{diseñoacumulado}} = 0.34 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

### Calculo de la velocidad a tubo lleno: ( $V_{LL}$ ).

La formula a utilizar es:

$$V_{ll} = \frac{1}{n} \times R_H^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

$V_{LL}$ = velocidad a tubo lleno del tramo en estudio (en m/seg).

$n$  = coeficiente de rugosidad de la tubería.

$R_H$  = Radio hidráulico. (Para tuberías llenas  $R_H = D/4$ ). (En mt)

$S$  = pendiente del tramo en estudio.

S=1.0% y con un diámetro de 6" y un coeficiente de rugosidad  $n = 0.011$  (valor que corresponde a la tuberías plásticas) se procede a introducir los datos a la ecuación de Manning

Solución:

$$V_{ll} = \left(\frac{1}{0.011}\right) \left(\frac{0.1526}{4}\right)^{2/3} (0.01)^{1/2}$$

$$V_{ll} = 1.03 \frac{m}{seg}$$

### Calculo del caudal a tubo lleno ( $Q_{TLL}$ )

Utilizando la ecuación de continuidad  $Q_{Tll} = V_{ll} \times A_{ll}$

Donde:

$Q_{TLL}$  = Caudal a tubo lleno (en  $m^3/seg$ ).

$V_{LL}$  = velocidad a tubo lleno del tramo en estudio (en  $m/seg$ ).

$A_{LL}$  = Área transversal de la tubería.

Solución:

$$Q_{Tll} = (1.03)(0.0183)$$

$$Q_{Tll} = 0.020 \frac{m^3}{seg}$$

$$Q_{Tll} = 20.0 \frac{lt}{seg}$$

### Relación de caudales.

Para calcular la relación de caudales se divide el caudal real que transportará la tubería ( $Q_{diseño\ acumulado}$ ) y el caudal a tubería llena ( $Q_{TLL}$ ).

$$Relacion = \frac{Q_{diseñoacumulado}}{Q_{Tll}}$$

$$Relacion = \frac{0.34}{20}$$

Relacion = 0.020

**Calculo del tirante hidráulico (Y).**

Llevando este valor al Diagrama de las Propiedades Hidráulicas de las tuberías circulares para diversas profundidades de flujos (curva del banano) y trazando una línea vertical hasta cortar la curva de caudales y luego una horizontal hasta marcar el valor en el eje de las Y (ver figura 4.3) obtenemos el valor siguiente:

$$\frac{y}{D} = 7.8\% \quad (\text{Valor obtenido de la grafica de la curva del banano})$$

Despejando:  $Y = (0.078) \times (0.1526)$

$$Y = 0.012$$

Este valor se debe comparar con el tirante máximo, que para nuestro caso:

$$T_{\max} = D \times \%LL$$

Donde:

$T_{\max}$  = Tirante máximo

D = diámetro de la tubería.

%LL = porcentaje que estará llena la tubería al final de la vida útil, para nuestro caso se pretende que al final de la vida útil este lleno en un 70%.

Solución:

$$T_{\max} = (0.01526) \times (0.7)$$

$$T_{\max} = 0.1068m$$

Comparando resultados

$$0.1068 < 0.1422$$

El tirante hidráulico procede ya que es menor que el tirante máximo permitido.

**Calculo de la velocidad real ( $V_r$ ).**

Marcando el punto y trazando una línea horizontal hasta cortar la curva de velocidades

y luego trazando una línea vertical hasta cortar el eje X y leyendo el dato de  $\frac{V_r}{V_{ll}} = 0.39$

Despejando  $V_r$  se tiene:

$$V_r = 0.39 \times V_{ll}$$

$$V_r = (0.39)(1.3)$$

$$V_r = 0.51 \frac{m}{seg}$$

La velocidad procede, ya que según Normas técnicas de ANDA la velocidad real para tuberías de PVC debe ser:  $0.50 \text{ m/s} \leq V_r \leq 4.0 \text{ m/s}$

**$D_{\text{TUBERIA}} = 6 \text{ pulg (pvc)}$**

**$S = 1.0\%$**

**d. Determinación Del Diámetro De La Tubería Que Va Del Pozo N°6 Al Pozo N°7.**

El diámetro de la tubería de este tramo será igual al anterior que se determino debido a que no hay caudales que se adicionen a este tramo.

**$D = 6 \text{ pulg.}$**

**$S = 1\%$**

**e. Determinación Del Diámetro De La Tubería Que Va Del Pozo N°7 A La Fosa De La Zona 2.**

El diámetro de la tubería de este tramo será igual al anterior que se determino debido a que no hay caudales que se adicionen a este tramo.

**$D = 6 \text{ pulg.}$**

**$S = 1\%$**

**f. Determinación Del Diámetro De La Tubería Que Va De La Fosa De La Zona 2 A Filtro Biológico De La Zona 2.**

El diámetro de la tubería de este tramo será igual al anterior que se determino debido a que no hay caudales que se adicionen a este tramo.

**D= 6 pulg.**

**S= 1%**

**5.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE FOSAS SEPTICAS**

La falta de control en el funcionamiento de los tanques sépticos puede conducir a que las bacterias formadoras de metano, que juegan un papel importante en el proceso de estabilización de la materia orgánica, no permanezcan el tiempo necesario en el tanque como para cumplir con su función estabilizadora de manera completa.

Antes de poner en funcionamiento el tanque séptico, este debe ser llenado con agua y si fuera posible, inoculado con lodo proveniente de otro tanque séptico a fin de acelerar el desarrollo de los microorganismos anaeróbicos. Es aconsejable que la puesta en funcionamiento se realice en los meses de mayor temperatura para facilitar el desarrollo de los microorganismos en general.

El tanque séptico debe inspeccionarse cada año, cuando se trate de instalaciones domésticas y cada seis meses en el caso de establecimiento públicos como escuelas, industrias o comercios. Al abrir el registro del tanque séptico para efectuar la inspección o la limpieza, se debe tener el cuidado de dejar transcurrir un tiempo hasta tener la seguridad que el tanque se haya ventilado lo suficiente, por que los gases que en ella se acumulan pueden causar asfixia o ser explosivos al mezclarse con el oxígeno del aire. Por ello nunca debe encenderse fósforos o cigarrillo cuando se apertura un tanque séptico.

Los tanques sépticos se deben limpiar antes que se acumulen demasiada cantidad de lodos y natas, ya que su presencia por encima de determinados niveles conduce a que puedan ser arrastrados a través del dispositivo de salida obturando el campo de infiltración o el pozo de absorción. Cuando esto último sucede, el líquido aflora en la superficie del terreno y las aguas residuales se represan y en casos extremos el agua residual puede inundar la vivienda o a la edificación. Cuando se llega a estos extremos, no sólo es necesario limpiar el tanque séptico, sino que además será necesario construir un nuevo campo de infiltración.

El tanque séptico se ha de limpiar cuando el fondo de la capa de nata se encuentre a unos ocho centímetros por encima de la parte más baja del deflector o prolongación del dispositivo de salida o cuando la capa de lodos se encuentre a 0.30 m por debajo del dispositivo de salida.

La presencia de turbiedad en el líquido efluente con la presencia de pequeñas partículas de sólidos sedimentables es un síntoma que la nata o los lodos han sobrepasado los límites permisibles y se está afectando severamente el sistema de infiltración, por lo que deberá programarse de inmediato su limpieza, ya que el volumen ocupado por la nata y el lodo ha hecho disminuir el período de retención del agua dentro del tanque séptico, conduciendo a una menor eficiencia de remoción del material sedimentable. Por ello, es una buena práctica disponer de una caja intermedia entre el tanque séptico y el campo de infiltración para observar la calidad de efluente drenado por el tanque séptico.

El espesor de la nata se puede medir con una regla de madera en cuyo extremo lleve fijada una aleta articulada (véase figura 5.4.). La regla se fuerza a través de la capa de nata hasta llegar la zona de sedimentación en donde la aleta se desplazará a la posición horizontal. Al levantar el listón suavemente, se podrá determinar por la resistencia natural que ofrece la nata, el espesor de la misma. Este mismo dispositivo



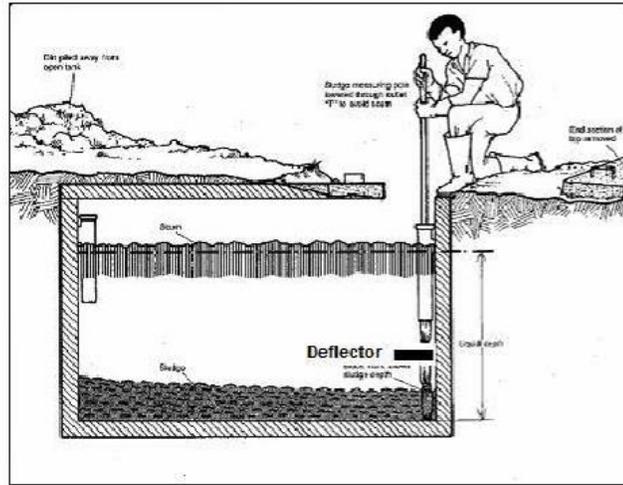


Figura 5.5. Medición de alturas de lodos

Con estas tres determinaciones: a) espesor de la capa de nata; b) espesor de la capa de lodo, y c) ubicación del nivel del deflector o prolongación del dispositivo de salida, se podrá determinar el momento de la limpieza del tanque séptico.

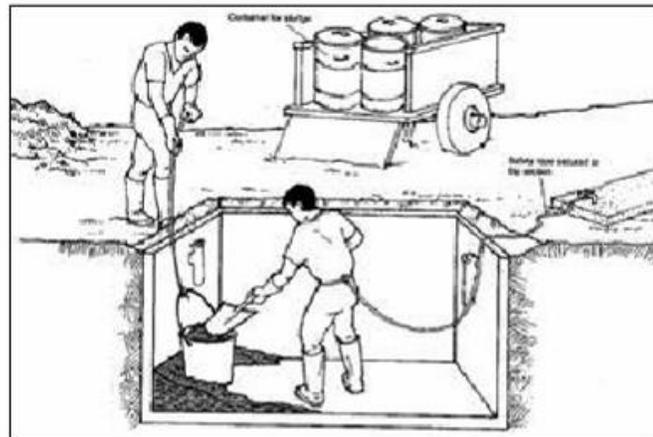
La limpieza inicial o el intervalo entre dos limpiezas consecutivas dependen de la intensidad de uso del tanque séptico, porque cuanto mayor es el uso, menor será el intervalo entre limpiezas. Normalmente, se recomienda limpiarlo una vez por año, pero ello depende de su diseño.

El dispositivo más empleado para la remoción del lodo del tanque séptico es el carro cisterna equipado con bomba de vacío y manguera. El retiro de los lodos se realiza hasta el momento en que se observe que el lodo se torna diluido.

En pequeñas instalaciones, la limpieza se puede ejecutar con un recipiente dotado de un mango largo para retirarlo del interior del tanque séptico o mediante una bomba manual que descargue a un recipiente o a un camión tanque.

Para facilitar el retiro de la nata, poco antes del retiro del lodo, se esparce en su superficie cal hidratada o ceniza vegetal y luego, con la ayuda de una regla de madera se procede a mezclarlo. Esto inducirá a que gran parte de la espuma se precipite e integre al lodo, facilitando de esta manera su retiro. La parte remanente podrá ser retirada con la ayuda de un cucharón a través de la tapa de inspección.

Durante la limpieza del tanque séptico, por ningún motivo se debe ingresar al tanque hasta que se haya ventilado adecuadamente y eliminado todos los gases, a fin de prevenir los riesgos de explosiones o de asfixia de los trabajadores. Cualquier persona que ingrese al interior de un tanque séptico debe llevar atada a la cintura una cuerda cuyo extremo lo mantenga en el exterior del tanque una persona lo suficientemente fuerte como para izarla en el caso de que los gases del tanque lo lleguen a afectar.



**Figura 5.6.** Desalojo manual del lodo de un tanque séptico.

Una vez retirado el lodo, el tanque séptico no debe ser lavado o desinfectado y más bien se debe dejar una pequeña cantidad de lodo como inóculo para facilitar el proceso de hidrólisis de las nuevas aguas residuales que han de ser tratadas.

Los lodos extraídos deben ser dispuestos en una planta de tratamiento de aguas residuales para su acondicionamiento final o enterrado convenientemente en zanjas de unos 60 centímetros de profundidad.

Las personas encargadas del mantenimiento y conservación de los tanques sépticos, deberán emplear equipo de bioseguridad tal como: guantes y botas de hule.

### 5.6 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL FILTRO BIOLÓGICO.

Por operación se entiende las acciones que garantizan el funcionamiento hidráulico y del proceso biológico del Sistema de tratamiento. La operación del sistema de tratamiento contempla un trabajo rutinario con frecuencia diario, semanal o mensual y trabajo ocasional.

En general el trabajo diario consiste en la limpieza de las estructuras que determinan el funcionamiento hidráulico del sistema de tratamiento, y de los muestreos y observaciones al influente y efluente necesarios para la evaluación cuantitativa y cualitativa del funcionamiento biológico los filtros biológicos

Este dispositivo pone en contacto las aguas residuales provenientes del tratamiento primario con cultivos biológicos, fijados en materiales que pueden ser generalmente: basalto, granito, piedra volcánica, o algún otro tipo de piedra, este proceso tiene una eficiencia de remoción de DBO del 60 al 70 por ciento.

**MANTENIMIENTO:** En general, éste consiste en la limpieza de los tubos de distribución y recolección, así como también de las ventanas de aireación. Las actividades a realizar se describen a continuación:

**DIARIAMENTE**

Al comenzar las actividades diarias se debe limpiar los tubos de distribución y retirar los sólidos que se encuentren en ellos, de esta manera se evitará que se obstruyan, o el flujo no se distribuya de forma uniforme.

→ Mantener la superficie del medio filtrante libre de hierbas o cualquier acumulación de hojas u otras basuras, ya que éstas pueden causar encharcamientos, además al pudrirse, pueden generar olores desagradables y criadero de insectos.

→ Observar que la distribución del agua sobre la superficie del lecho filtrante sea uniforme. Los indicadores de una mala distribución son los encharcamientos y las zonas muertas, en caso de que éstos se presenten debe notificarse al supervisor.

→ Eliminar con un chorro de agua a presión cualquier rastro de lodo en las canaletas de salida y en las aperturas de aireación.

**ANUALMENTE:**

→ Revisar la estructura para localizar posibles puntos de agrietamiento, de ser así, proceder a repararlos utilizando una mezcla fina de mortero. Para elaborar la mezcla, la arena debe colarse por la malla 1/16" y utilizando una proporción 2:1.

**Cuadro 5.11** Problemas comunes de los percoladores biológicos y sus posibles causas

PROBLEMA	CAUSAS
No llega agua al filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El canal de llegada probablemente está obstruido o sucio</li> </ul>
Distribución no uniforme del agua sobre la superficie del filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obstrucción de los canales de distribución.</li> <li>• Incorrecta nivelación de los vertedores</li> <li>• Fuga de un canal o vertedores</li> <li>• En el caso de distribuidores fijos, distribución inadecuada de vigas canal</li> </ul>
Encharcamientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tamaño del material de soporte no es el recomendado.</li> <li>• El filtro se encuentra saturado de la película biológica</li> <li>• Mala distribución del agua de entrada</li> <li>• El tanque de sedimentación primaria no opera eficientemente</li> <li>• La instalación no corresponde al tamaño de la planta.</li> </ul>
Obstrucción del medio filtrante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piedra del lecho filtrante con diámetro muy pequeño.</li> <li>• Drenes sucios</li> </ul>

## **CAPITULO VI.**



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## 6.1 CONCLUSIONES.

- De acuerdo al grado de concentración de sustancias contaminantes obtenidas por medio de pruebas de laboratorio se puede decir que estas son de tipo ordinaria ya que DBO es menor de 300 mg/lts que es el parámetro que establece la CONACYT para determinar el tipo de vertido.
- Según resultados obtenidos de pruebas realizadas a las aguas residuales de la Facultad Multidisciplinaria Oriental se pudo constatar que los filtros biológicos no están funcionando correctamente ya que todos los parámetros analizados se sobrepasan en gran manera a los límites establecidos por la CONACYT.
- Basados en los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al agua residual que está siendo descargada actualmente y a recomendaciones de ANDA descritas anteriormente, el tipo de tratamiento que se debe aplicar a éstas aguas es el biológico(sistema de tratamiento biológico).
- Según caudal obtenido en el estudio realizado se puede decir que este, es el adecuado para aplicar un sistema de tratamiento biológico (filtro percolador).

## 6.2 RECOMENDACIONES.

- Llevar a cabo la realización de este proyecto, ya que como se demostró anteriormente es una necesidad imperante que La Facultad Multidisciplinaria Oriental cuente con un sistema de tratamiento para las aguas residuales.
- Respetar las dimensiones de cada uno de los elementos establecidas en los planos, ya que son las obtenidas del diseño de cada uno de los elementos que componen el sistema de tratamiento.
- El mantenimiento de la planta deberá realizarse siguiendo los lineamientos de mantenimiento descrito en este documento para evitar errores y malos procesos.
- Monitorear constantemente el funcionamiento del sistema de tratamiento propuesto para detectar posibles errores y si éstos existen, proceder a corregirlos.
- Como parte del mantenimiento al efluente de la planta se le deberán hacer dos veces al año las pruebas siguientes:
  - a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5);
  - b) Potencial hidrógeno (pH)
  - c) Grasas y aceites (G y A)
  - d) Sólidos sedimentables (SSed)
  - e) Sólidos suspendidos totales (SST)
  - f) Coliformes totales (CT).

- Aguas residuales industriales no deberán ser descargadas en el sistema de tratamiento que se propuso ya que este fue diseñado para aguas residuales de tipo ordinario.
- El agua residual proveniente del laboratorio de química serán depositadas en el tanque de captación diseñado para este fin y no será mezclada con las demás aguas residuales de tipo ordinario.

## BIBLIOGRAFIA.

- Maskew Fair, Gordon-Geyer, Charles John Okun, Daniel Alexander. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Volumen I, Grupo Noriega Editores, Año 1987.
- Zorrilla Santiago, Torres Miguel, Cervo Amado Luis, Bervian Pedro Alcino. Metodología de la investigación, Editorial McGraw-Hill, 1997, Segunda Edición, México D.F.
- Manual De Hidráulica, J. M. Acevedo Neto, Guillermo A. Alvarez, Editorial Harla S. A. De C. V. Sexta Edición, 1976, México.
- Metcalf & Eddy, "Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización", Volúmenes 1 y 2, Editorial McGraw-Hill. 1997, Tercera Edición, México, D.F.
- Collado Lara, Ramón. Depuración de Aguas Residuales Para Pequeñas Comunidades. España; Editorial Señor, 1990.
- Pessoa y Jordao. Tratamiento de esgotos Domésticos. Folheto Técnico. CETESB. Sao Pablo, Brasil: 1989.
- López Portillo, Ivonne Yesenia; Rodríguez Fernández Patricia Margarita; Romero Cristales Manlía Alicia. "Manual de Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas". Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador, 2000.

- Menéndez Castro Ricardo Lorenzo; Mulato García Rafael Enrique, Muñoz García Marcos Antonio. “Diseño De Una Planta De Tratamiento Para Las Aguas Residuales De La Ciudad De Atiquizaya, Departamento De Ahuachapán”. Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador, 2000.
  
- García Aguilar Leonidas Ernesto, Henríquez Moran Oscar Gerardo, Henríquez José Aníbal, “Tecnología Apropriada Para Sistemas No Mecanizados En Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Para Pequeñas Comunidades”. Trabajo de Graduación, Universidad de El Salvador, 1991.
  
- Instituto de Fomento Municipal INFOM. “Criterios de diseño para proyectos sanitarios. Borrador para discusión. Sección de alcantarillados, departamento de proyectos Sanitarios”. Guatemala, 1992.
  
- Norma editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT NSO 13.49.01.09
  
- Administración de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), Normas Técnicas, El Salvador, 1998.
  
- Administración Académica y Administración General de La Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador, 2009.
  
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET).

- Curso de ASIA, Criterios De Selección de Tipos de Tratamiento” Presentado: Ing. Castro José Zoilo, El salvador, Diciembre de 2008.
- Normas suizas para el dimensionamiento de separadores de aceites y grasas

**ANEXOS.**



F - 09

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

CODIGO Nº 28-09		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: JONNY ALEXIS FUENTES VILLALTA. BARRIO LAS FLORES Nº 4-30. LA UNION.				Pág. 1 de 2
Descripción de muestra: AGUAS REDISUALES.			Nº DE MUESTRAS: 2	
Lugar de muestreo: LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL. SAN MIGUEL.				
Fecha de recepción de muestra: 17 DE SEPTIEMBRE DE 2009		Fecha de Análisis: DEL 17 AL 22 DE SEPTIEMBRE DE 2009		
Método de Análisis: FOTOMÉTRICO, GRAVIMETRICO, POTENCIOMETRICO Y VOLUMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua. Agua Residuales Descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01.09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO <sub>5</sub> )	28-09-01	FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE, VERTIDO DE AGUA RESIDUAL, PUNTO: ENTRADA DE FILTRO BIOLÓGICO PROVENIENTE DE BIBLIOTECA	275	60 mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO			399	150 mg/L
pH			7.8	5.5 - 9.0
SÓLIDOS TOTALES			704.0	No Normado
SÓLIDOS DISUELTOS			632.0	No Normado
SÓLIDOS SUSPENDIDOS			72.0	60.0 mg/L
SÓLIDOS SEDIMENTABLES			0.2	1 ml/L
<b>Observaciones:</b>				
1. El muestreo estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

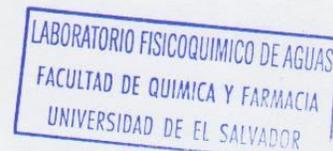
**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.

**FECHA DE ENTREGA:** 05 OCT 2009

*Licda. Odette Ráuda Acevedo*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Licda. Rosa Mirán Rivas Larín*  
Analista

*Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras*  
Analista



ack\*



F - 09

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

<b>CODIGO N° 28-09</b>		<b>INFORME DE RESULTADOS</b>		
<b>Nombre y dirección del cliente:</b> JONNY ALEXIS FUENTES VILLALTA. BARRIO LAS FLORES N° 4-30. LA UNION.				Pág. 2 de 2
<b>Descripción de muestra:</b> AGUAS REDISUALES.			N° DE MUESTRAS: 2	
<b>Lugar de muestreo:</b> LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL. SAN MIGUEL.				
<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 17 DE SEPTIEMBRE DE 2009		<b>Fecha de Análisis:</b> DEL 17 AL 22 DE SEPTIEMBRE DE 2009		
<b>Método de Análisis:</b> FOTOMÉTRICO, GRAVIMETRICO, POTENCIOMETRICO Y VOLUMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua. Agua Residuales Descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01.09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO <sub>5</sub> )	28-09-02	FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE, VERTIDO DE AGUA RESIDUAL, PUNTO: SALIDA DE FILTRO BIOLÓGICO PROVENIENTE DE BIBLIOTECA	185	60 mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO			264	150 mg/L
pH			7.5	5.5 - 9.0
SÓLIDOS TOTALES			556.0	No Normado
SÓLIDOS DISUELTOS			548.0	No Normado
SÓLIDOS SUSPENDIDOS			8.0	60.0 mg/L
SÓLIDOS SEDIMENTABLES			<0.2	1 ml/L
<b>Observaciones:</b>				
1. El muestreo estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.

**FECHA DE ENTREGA:** 05 OCT 2009

*Odette Rauda Acevedo*  
Licda. Odette Rauda Acevedo  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Rosa Miran Rojas Larín*  
Licda. Rosa Miran Rojas Larín  
Analista

*Henry Alfredo Hernández Contreras*  
Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras  
Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

ael\*



F - 09

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 29-09		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: JONNY ALEXIS FUENTES VILLALTA. BARRIO LAS FLORES N° 4-30. LA UNION.				Pág. 1 de 1
Descripción de muestra: AGUAS REDISUALES.			N° DE MUESTRAS: 1	
Lugar de muestreo: LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL. SAN MIGUEL.				
Fecha de recepción de muestra: 17 DE SEPTIEMBRE DE 2009		Fecha de Análisis: DEL 17 AL 21 DE SEPTIEMBRE DE 2009		
Método de Análisis: GRAVIMETRICO.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Agua. Agua Residuales Descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01.09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
ACEITES Y GRASAS	29-09-01	AGUA RESIDUAL PROVIENE DE LOS CAFETINES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE	282.5	20 mg/L
<b>Observaciones:</b>				
1. El muestreo estuvo a cargo del interesado.				

**Advertencia:** Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

**NOTA:** El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.

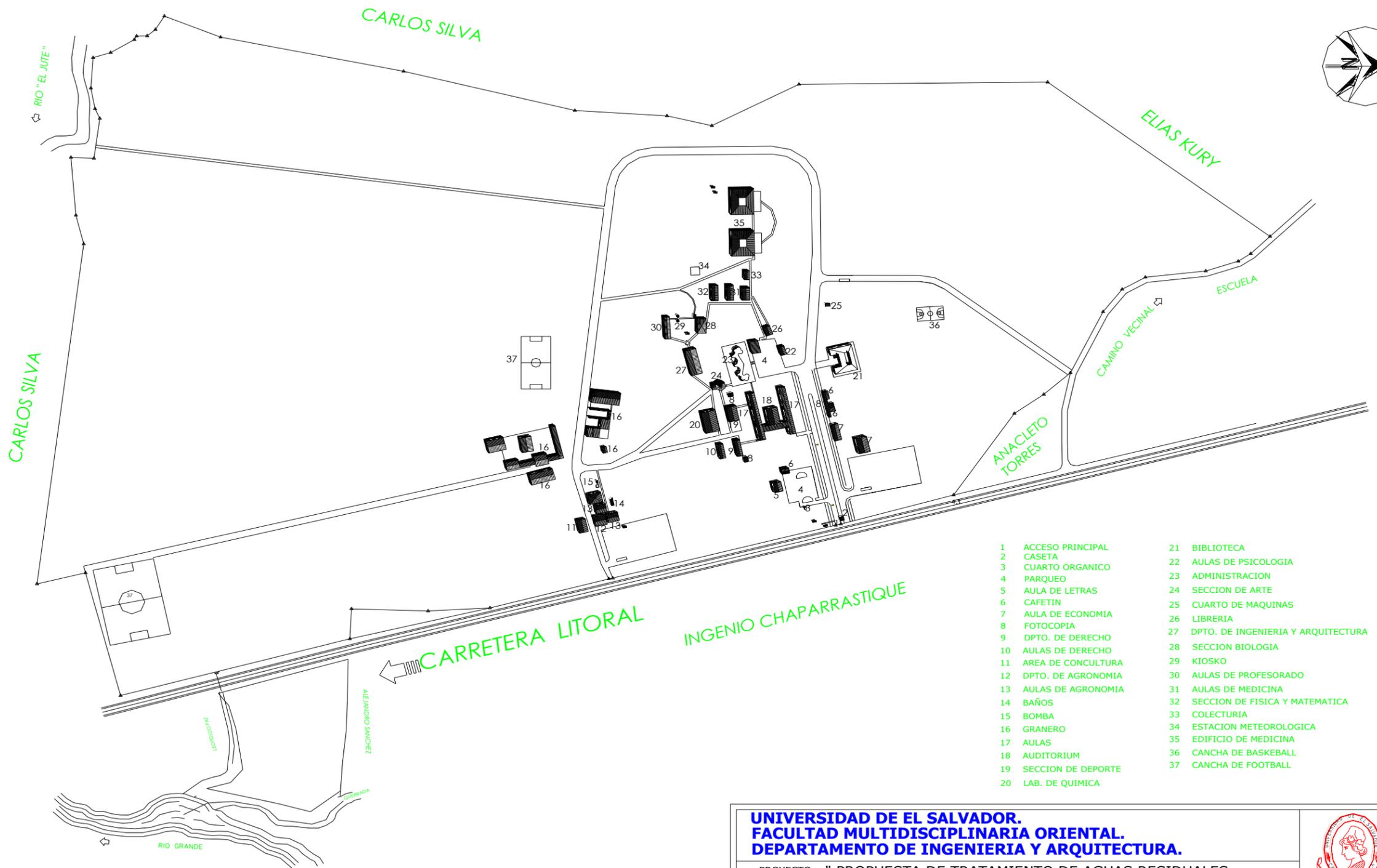
FECHA DE ENTREGA: 05 OCT 2009

*Licda. Odette Rauda Acevedo*  
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas  
y Analista

*Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras*  
Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

ael\*



- |    |                    |    |                                    |
|----|--------------------|----|------------------------------------|
| 1  | ACCESO PRINCIPAL   | 21 | BIBLIOTECA                         |
| 2  | CASETA             | 22 | AULAS DE PSICOLOGIA                |
| 3  | CUARTO ORGANICO    | 23 | ADMINISTRACION                     |
| 4  | PARQUEO            | 24 | SECCION DE ARTE                    |
| 5  | AULA DE LETRAS     | 25 | CUARTO DE MAQUINAS                 |
| 6  | CAFETIN            | 26 | LIBRERIA                           |
| 7  | AULA DE ECONOMIA   | 27 | DPTO. DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA |
| 8  | FOTOCOPIA          | 28 | SECCION BIOLOGIA                   |
| 9  | DPTO. DE DERECHO   | 29 | KIOSKO                             |
| 10 | AULAS DE DERECHO   | 30 | AULAS DE PROFESORADO               |
| 11 | AREA DE CONCULTURA | 31 | AULAS DE MEDICINA                  |
| 12 | DPTO. DE AGRONOMIA | 32 | SECCION DE FISICA Y MATEMATICA     |
| 13 | AULAS DE AGRONOMIA | 33 | COLECTURIA                         |
| 14 | BAÑOS              | 34 | ESTACION METEOROLOGICA             |
| 15 | BOMBA              | 35 | EDIFICIO DE MEDICINA               |
| 16 | GRANERO            | 36 | CANCHA DE BASKEBALL                |
| 17 | AULAS              | 37 | CANCHA DE FOOTBALL                 |
| 18 | AUDITORIUM         |    |                                    |
| 19 | SECCION DE DEPORTE |    |                                    |
| 20 | LAB. DE QUIMICA    |    |                                    |

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**



PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

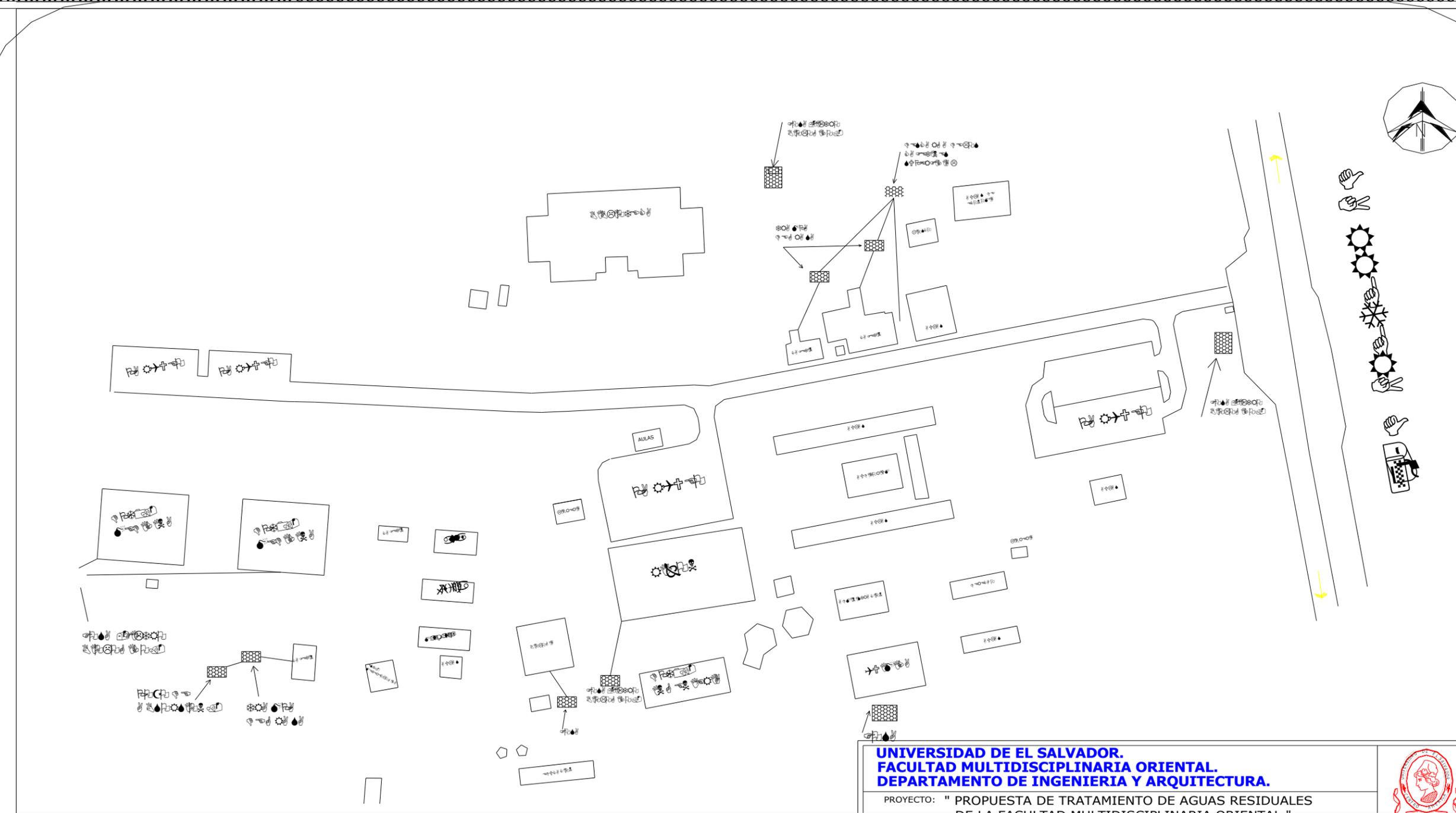
DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

CONTENIDO:  
 UBICACION GENERAL

PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
 BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
 BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

HOJA:  
**1**

ESCALAS: INDICADAS  
 CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**

PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

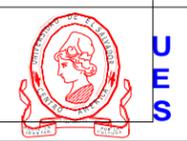
DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

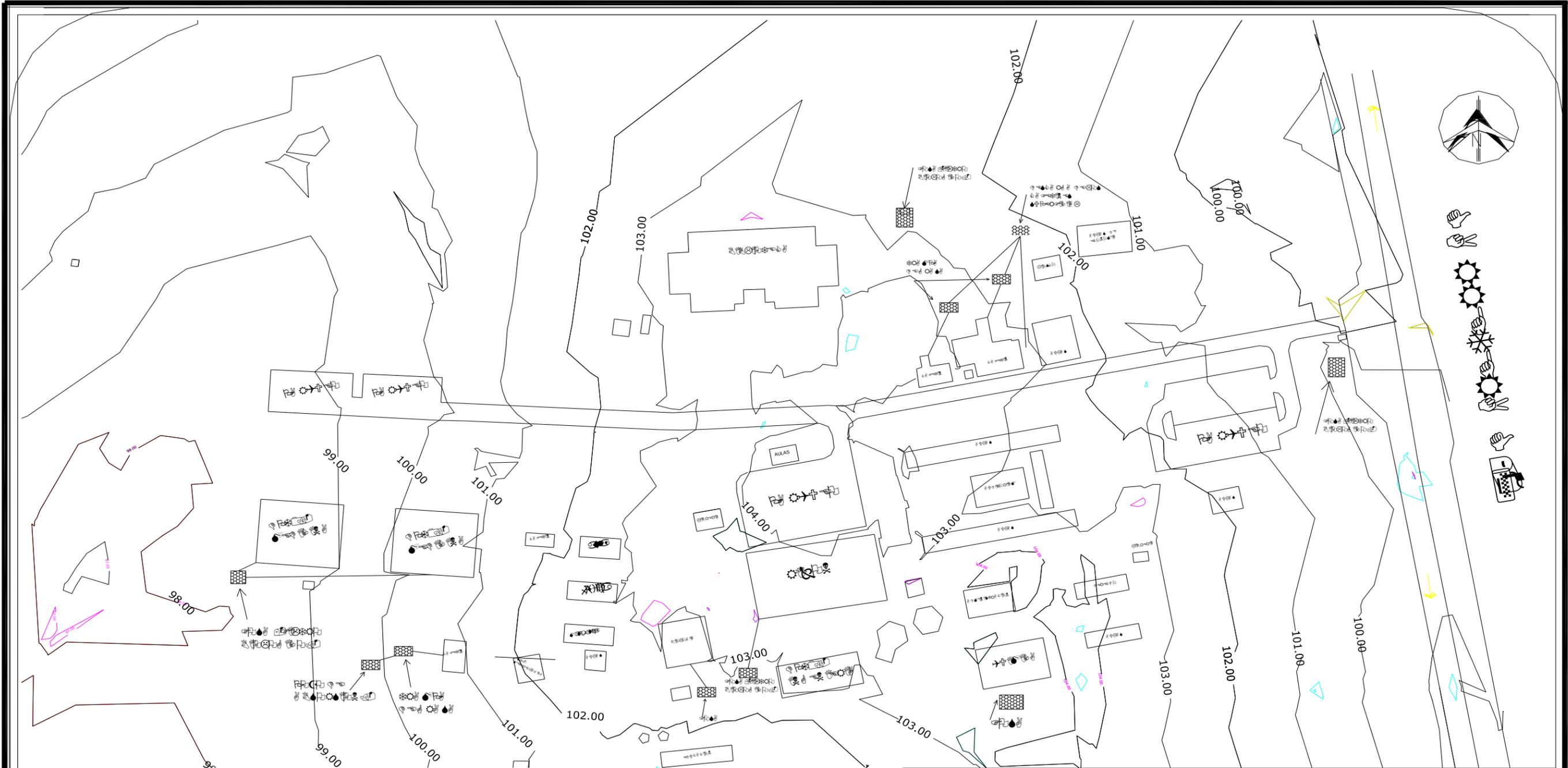
PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

CONTENIDO:

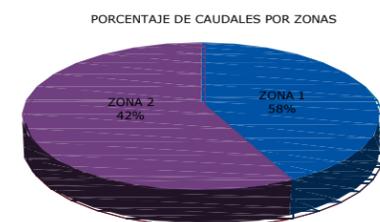
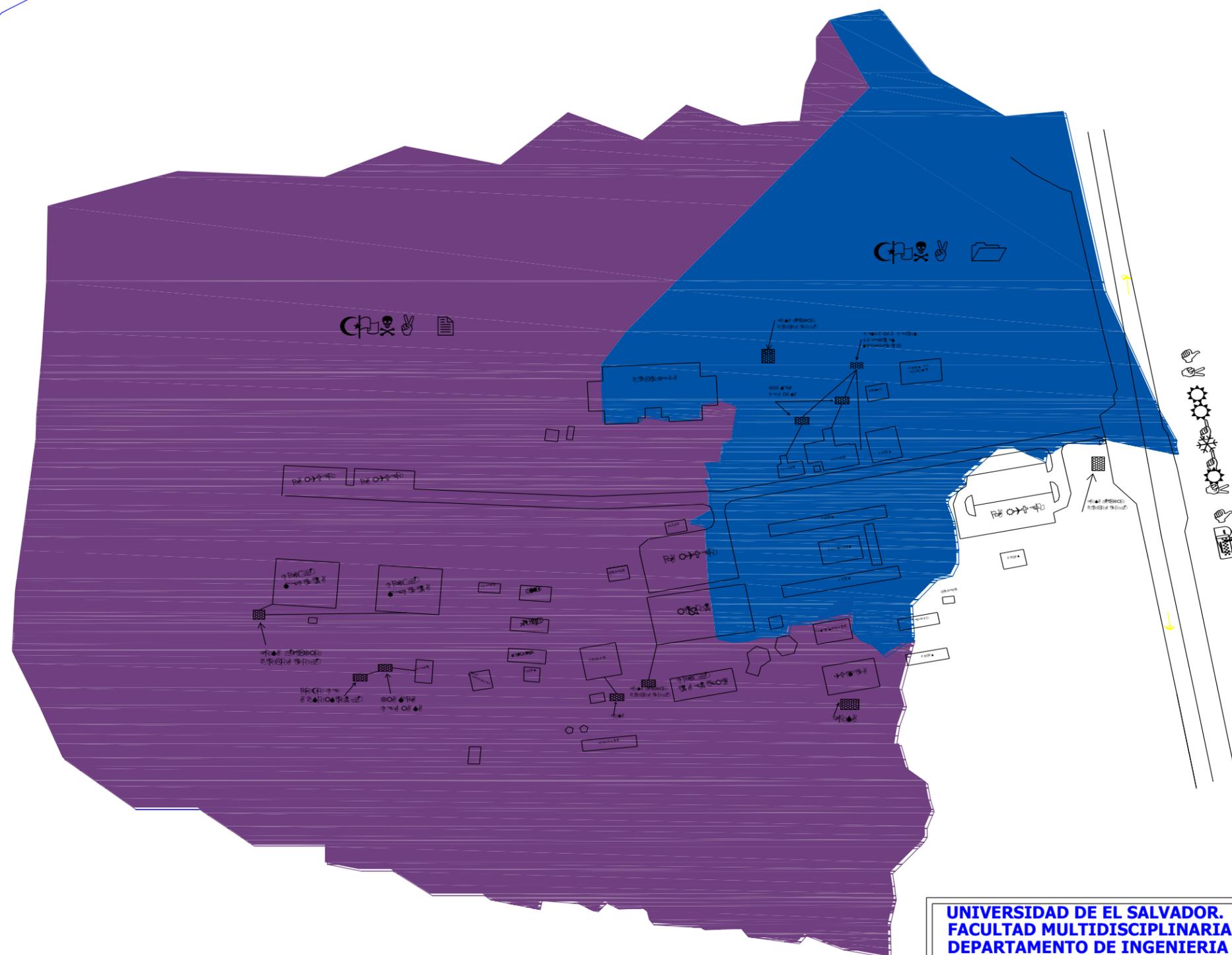
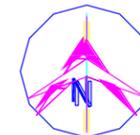
AREA EN ESTUDIO  
ESCALAS: INDICADAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009

HOJA: 2





<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.</b> <b>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.</b>		 <b>U E S</b>
PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "		
DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ		CONTENIDO:
PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS		<b>CURVAS DE NIVEL</b> ESCALAS: INDICADAS CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009
HOJA:		<b>3</b>



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**



**PROYECTO:** " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

**DOCENTE DIRECTOR:** ING. RIGOBERTO LOPEZ

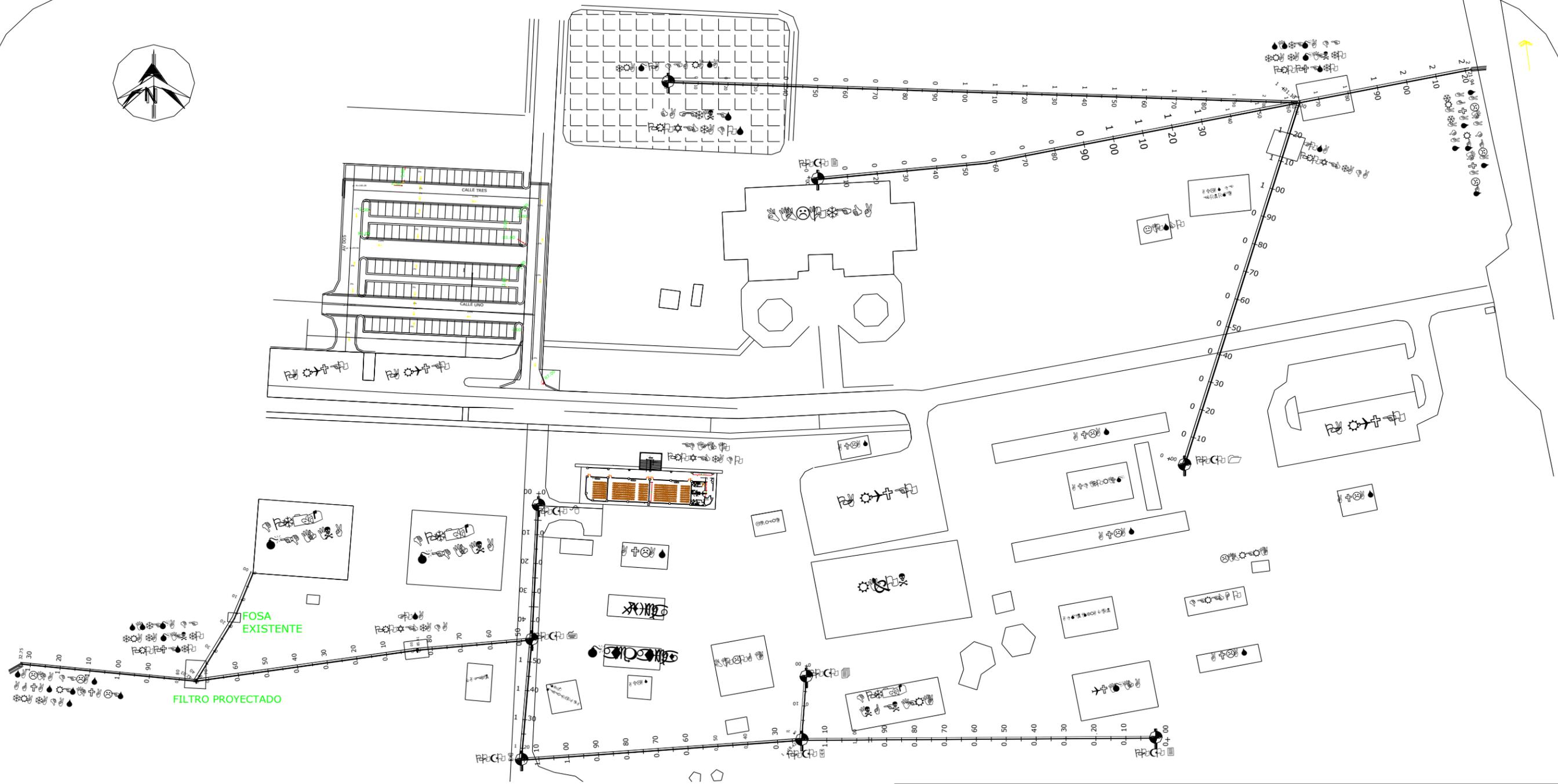
**CONTENIDO:**

**PRESENTAN:** BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

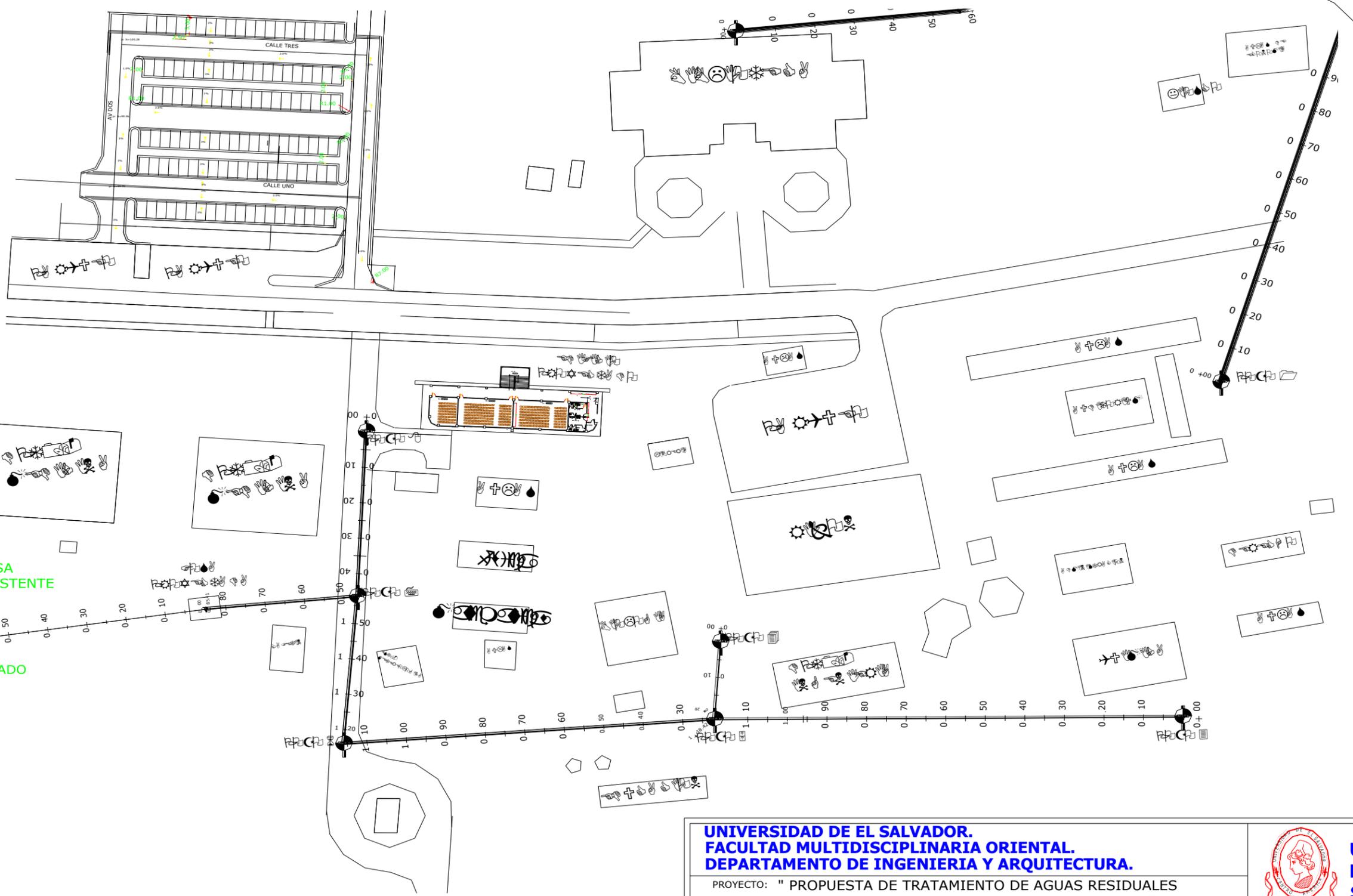
**HOJA:**  
**4**

**ZONIFICACION**  
**ESCALAS:** INDICADAS

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009



<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.</b> <b>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.</b>		
PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "		
DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ		CONTENIDO: SISTEMAS DE TRATAMIENTO PROPUESTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA F.M.O.
PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS	HOJA: <b>5</b>	ESCALAS: INDICADAS CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**

PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

HOJA: **6**

CONTENIDO:

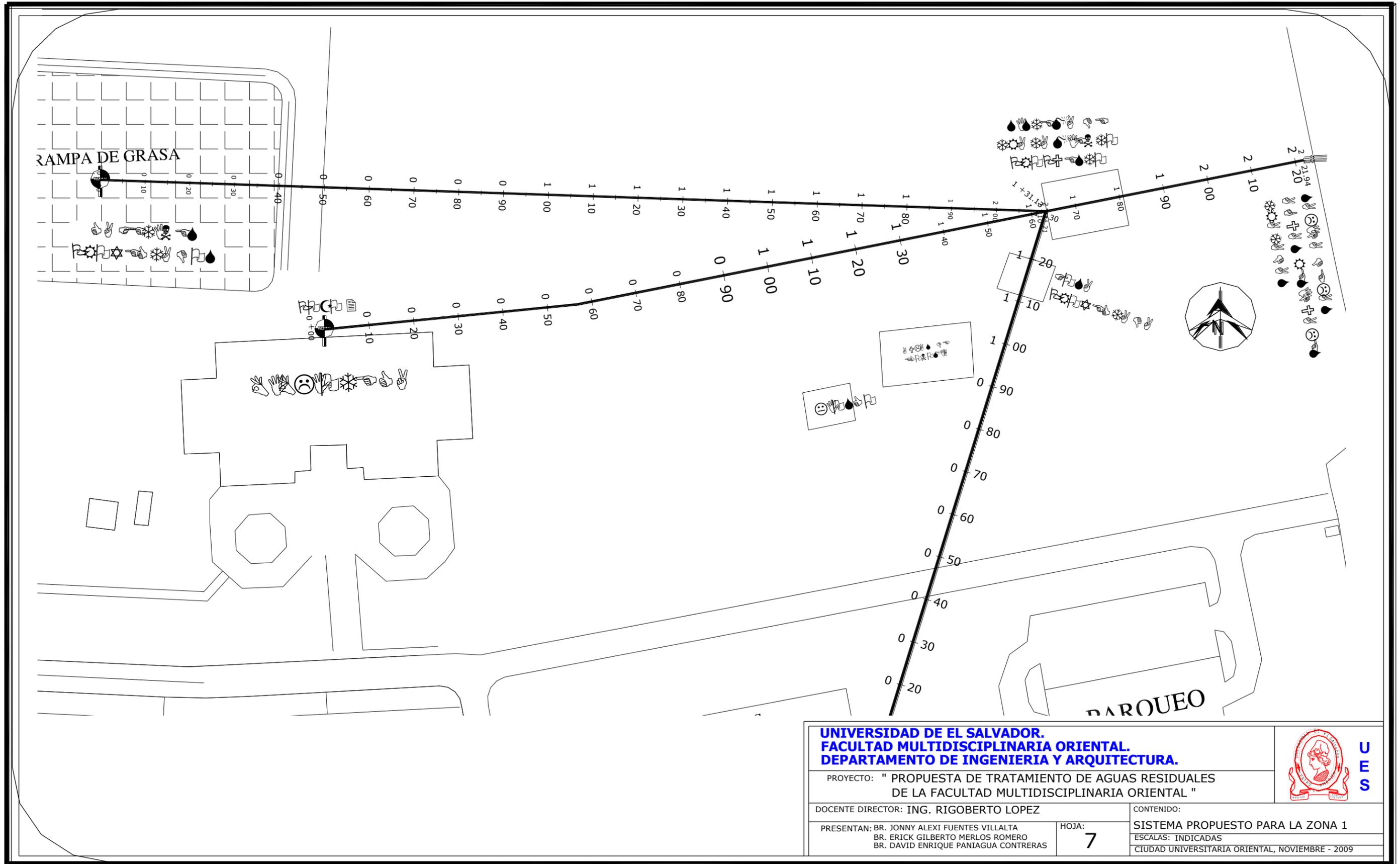
**SISTEMA PROPUETO PARA LA ZONA 2**

ESCALAS: INDICADAS

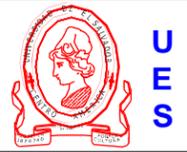
CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009



**UES**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**



**UES**

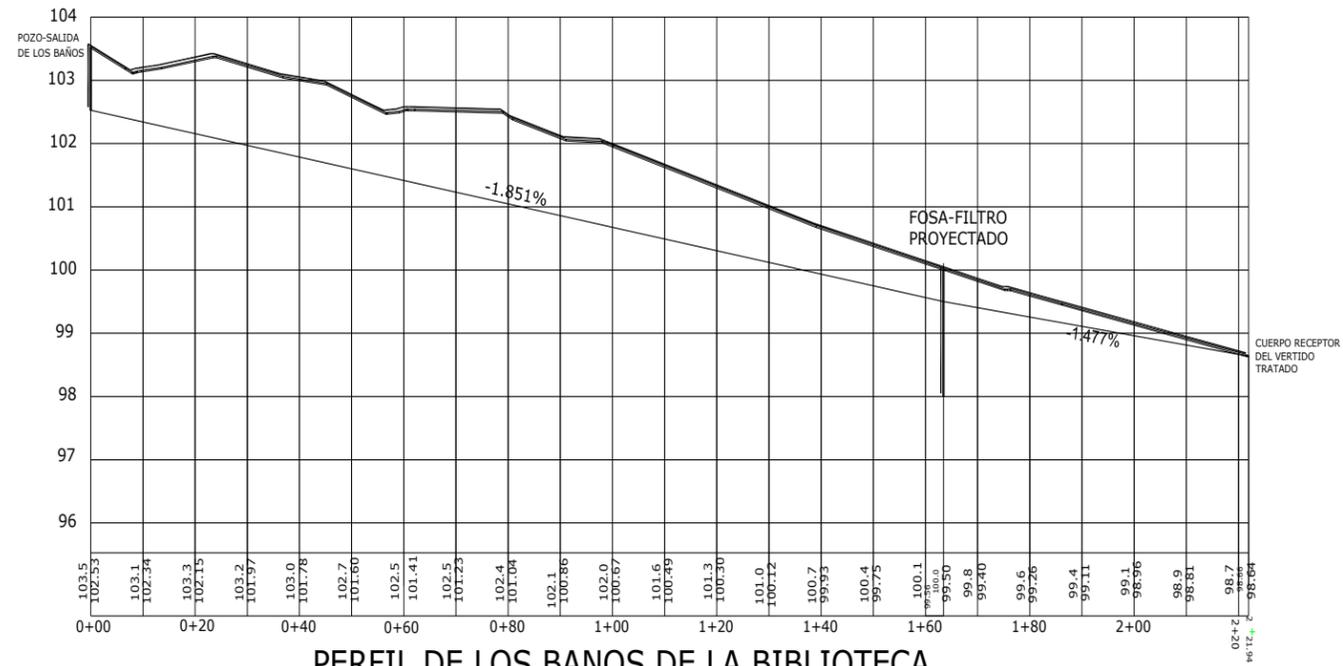
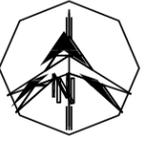
PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

CONTENIDO:  
SISTEMA PROPUESTO PARA LA ZONA 1  
ESCALAS: INDICADAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009

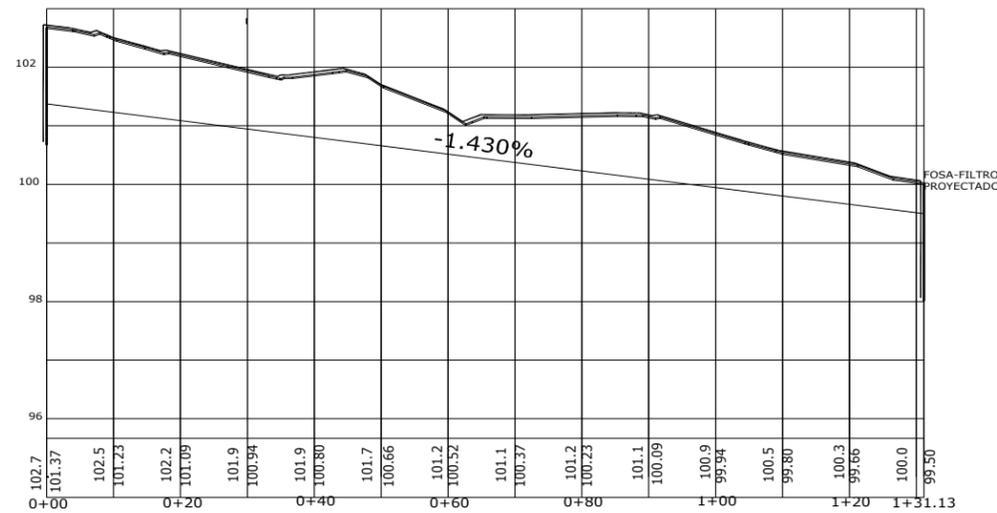
PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

HOJA:  
**7**



PERFIL DE LOS BAÑOS DE LA BIBLIOTECA

ESCALA: 1:1000



perfil de baños de auditorium

ESCALA: 1:1000

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**



PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

CONTENIDO:

PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
 BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
 BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

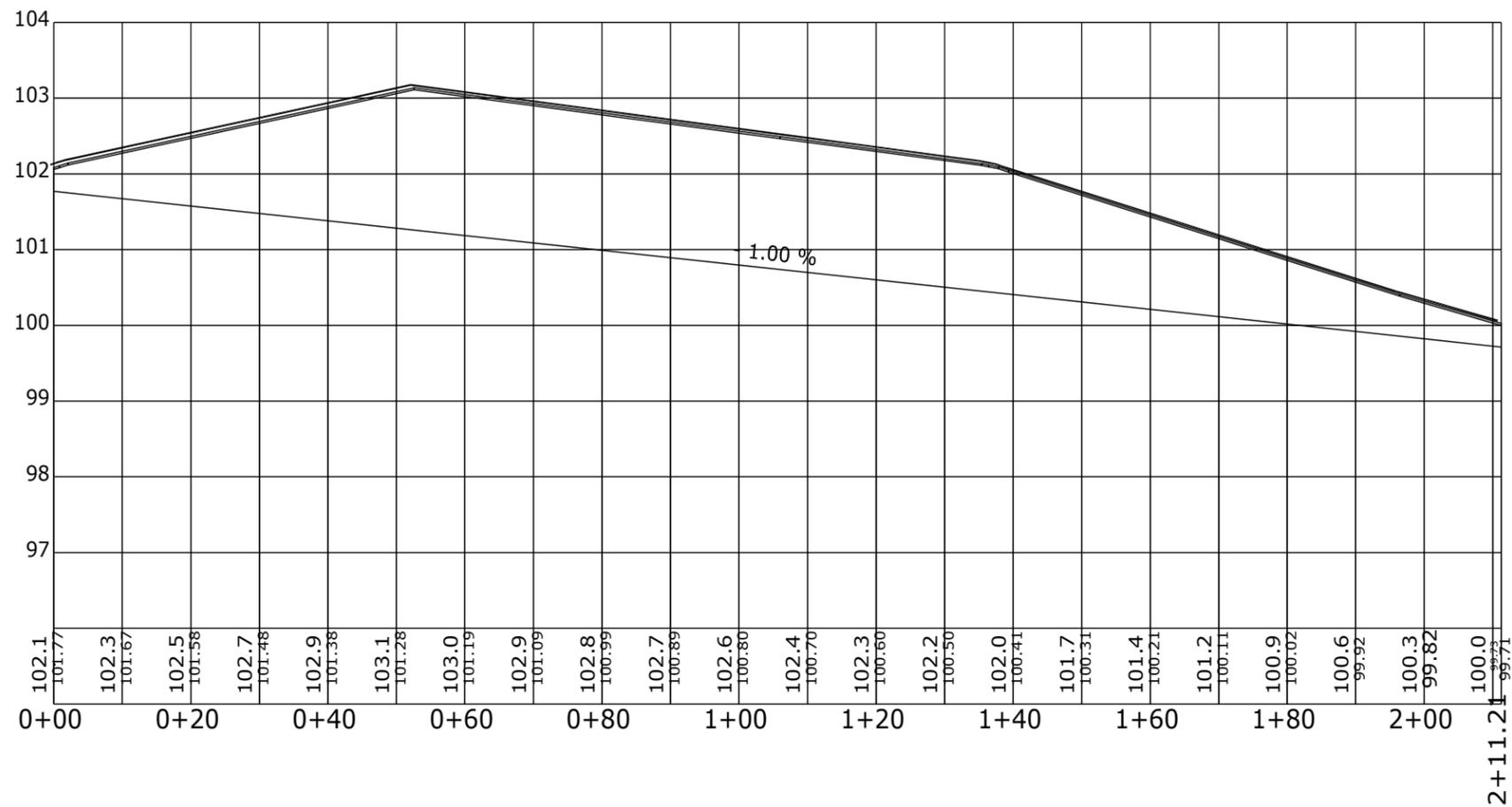
HOJA:

8

PERFILES DE LA ZONA 1

ESCALAS: INDICADAS

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009



PERFIL DE CAFETINES PROYECTADOS AL FILTRO DE LA BIBLIOTECA

ESCALA:1:1000

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**



**U  
E  
S**

PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
 DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

CONTENIDO:

PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
 BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
 BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

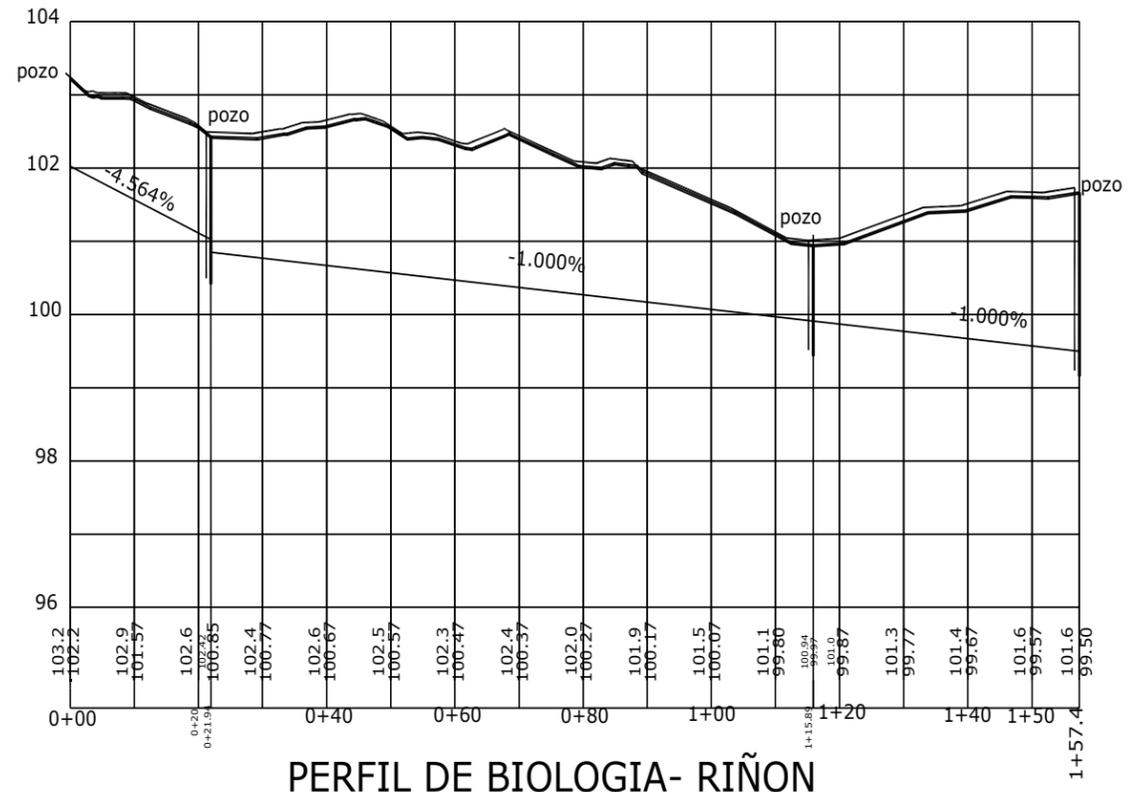
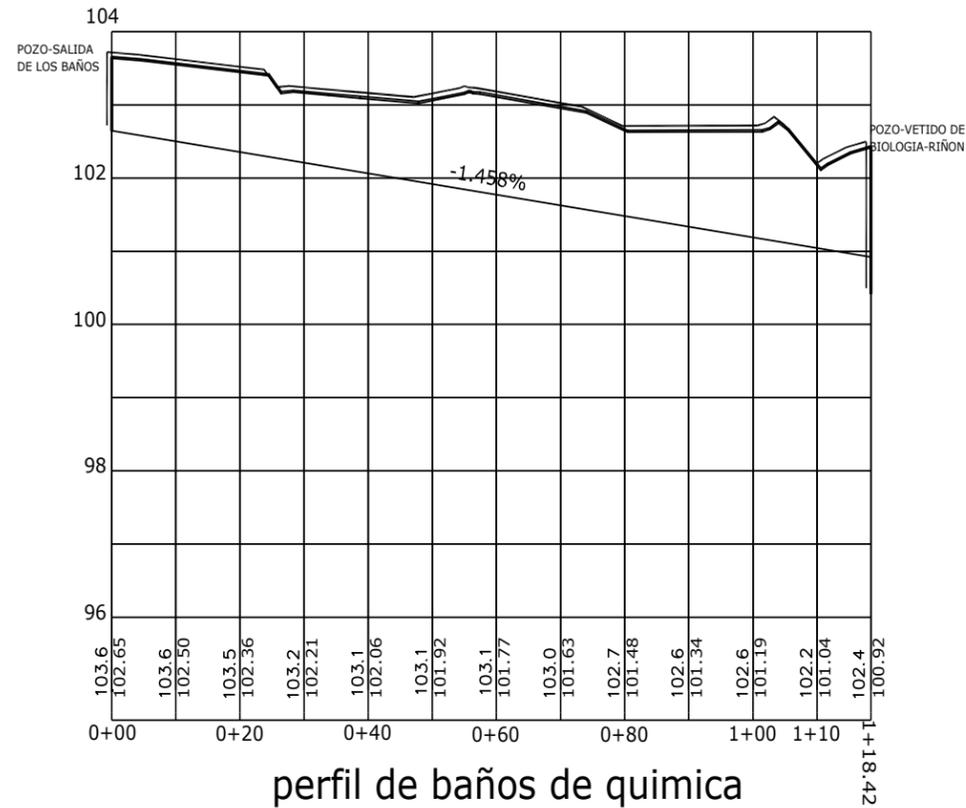
HOJA:

**9**

PERFILES DE LA ZONA 1

ESCALAS: INDICADAS

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009



ESCALA:1:1000

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**



UES

PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

CONTENIDO:

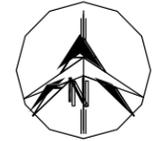
PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
 BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
 BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

HOJA:  
**10**

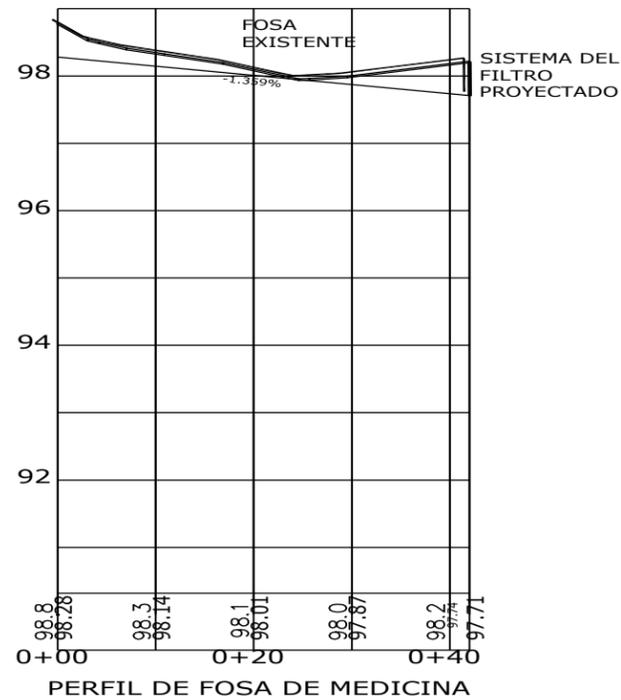
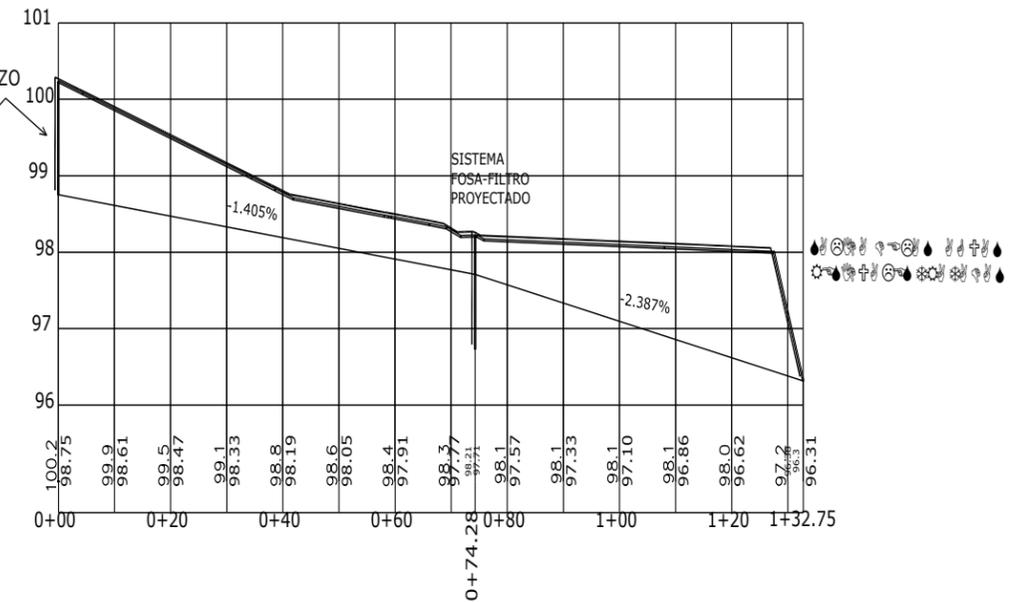
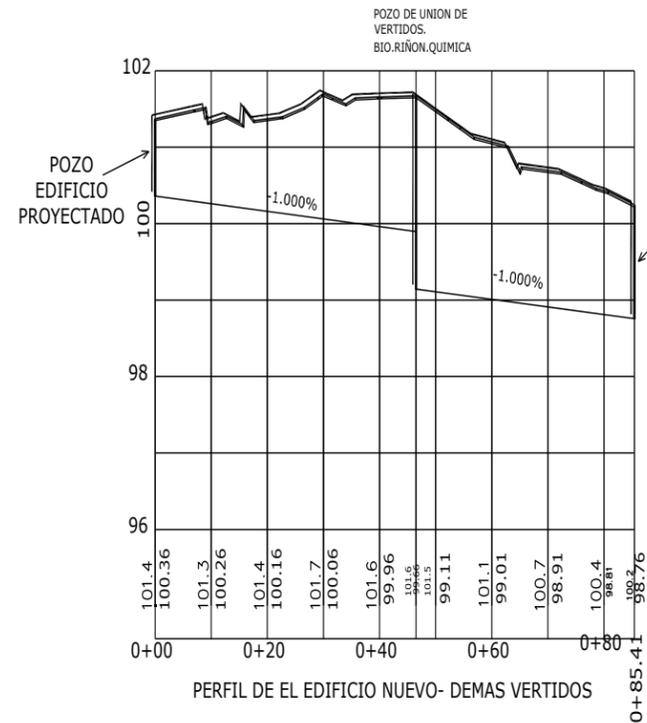
PERFILES DE LA ZONA 2

ESCALAS: INDICADAS

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009



ESCALA:1:1000



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**



PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

CONTENIDO:

PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

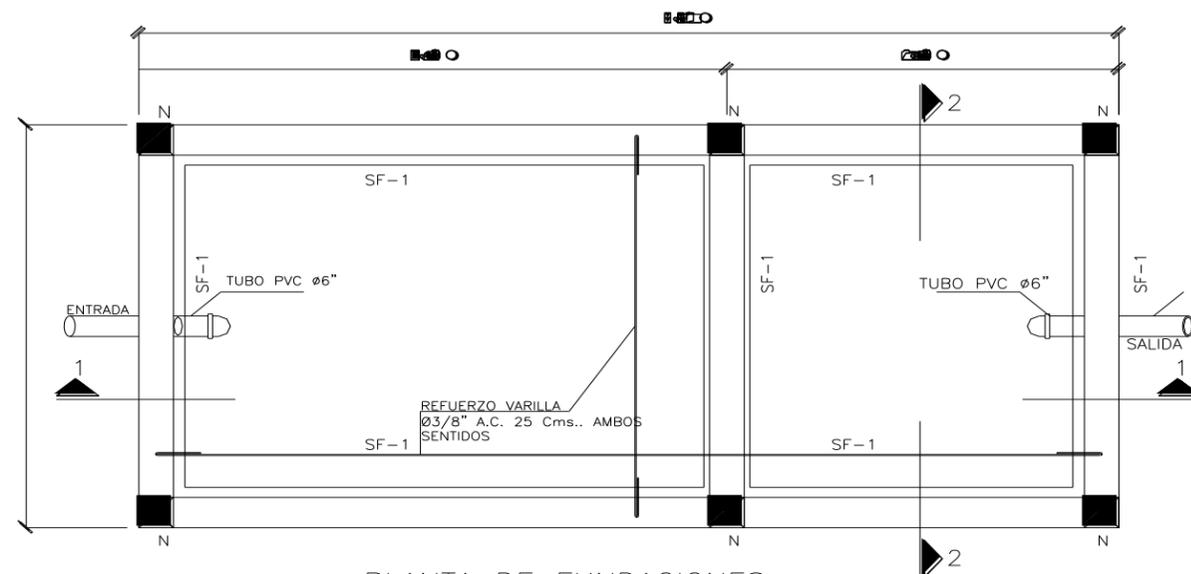
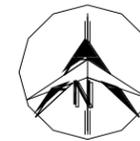
HOJA:

11

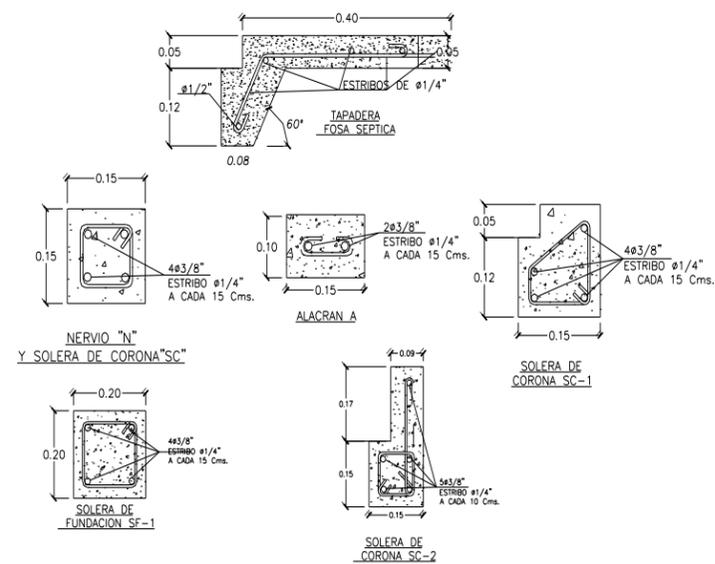
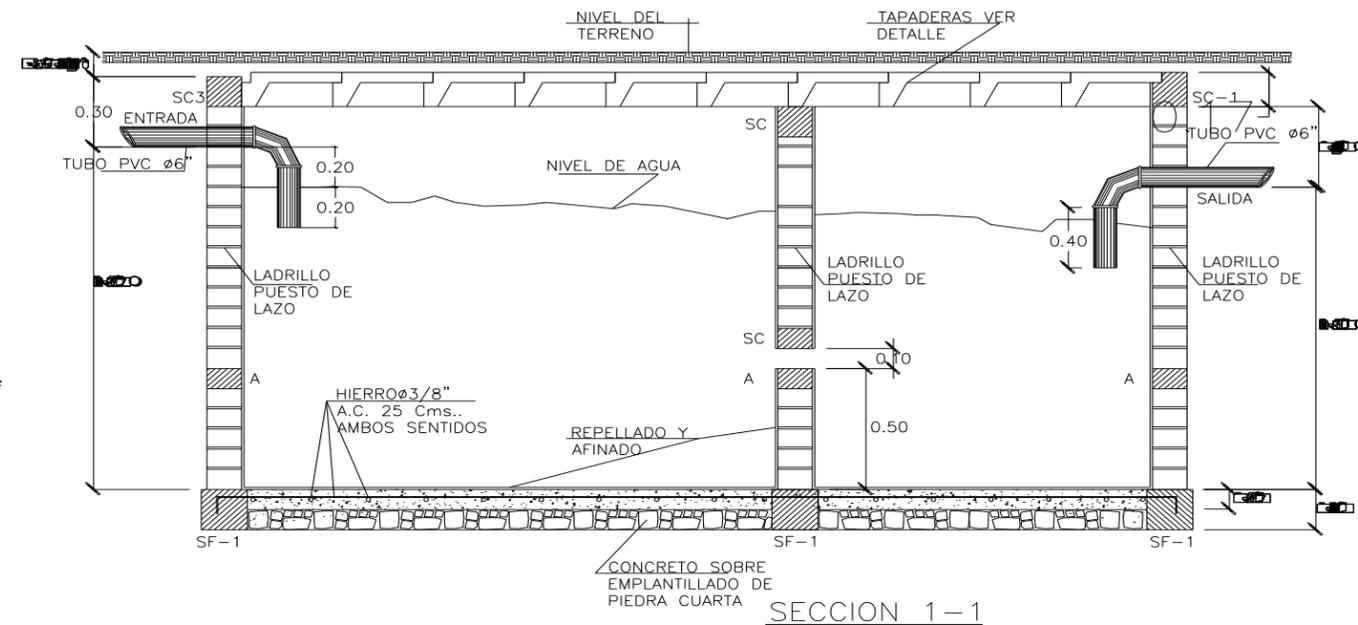
PERFILES DE LA ZONA 2

ESCALAS: INDICADAS

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009



PLANTA DE FUNDACIONES  
FOSA SEPTICA



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**



PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

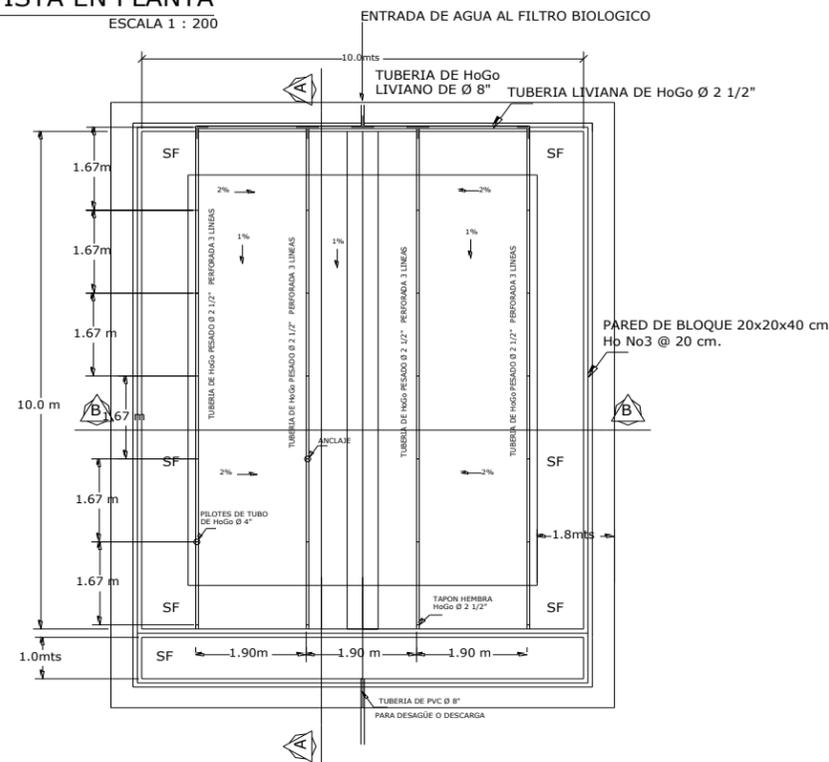
CONTENIDO: DETALLES DE FOSA SEPTICA DE LA ZONA 1

PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
 BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
 BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

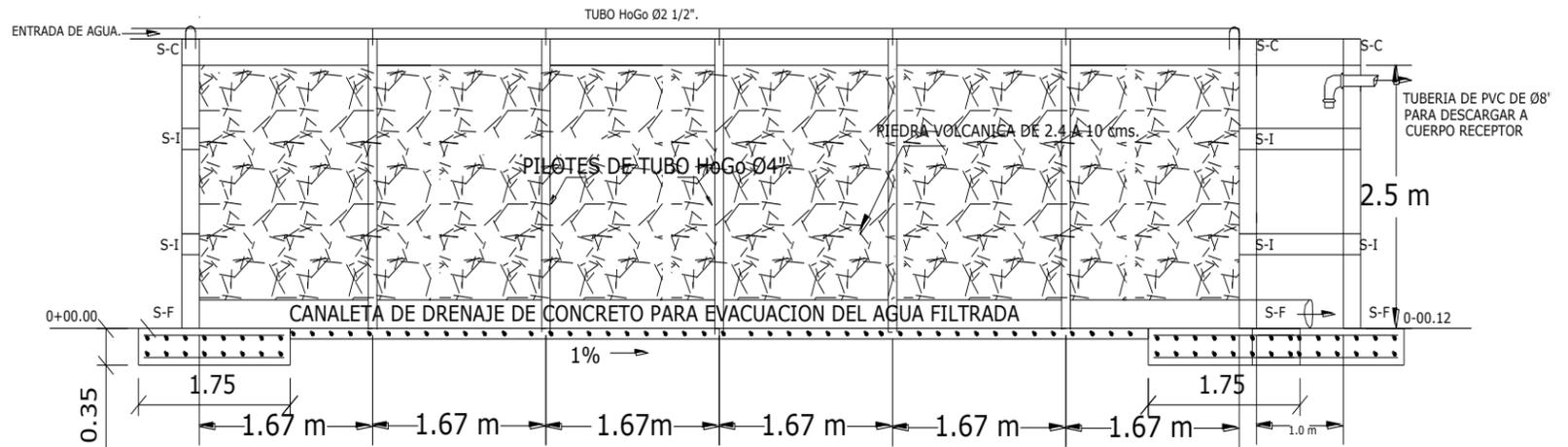
HOJA: 12

ESCALAS: INDICADAS  
 CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009

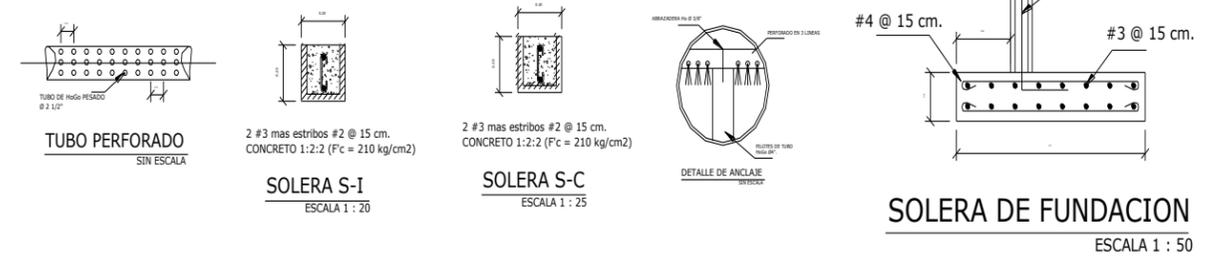
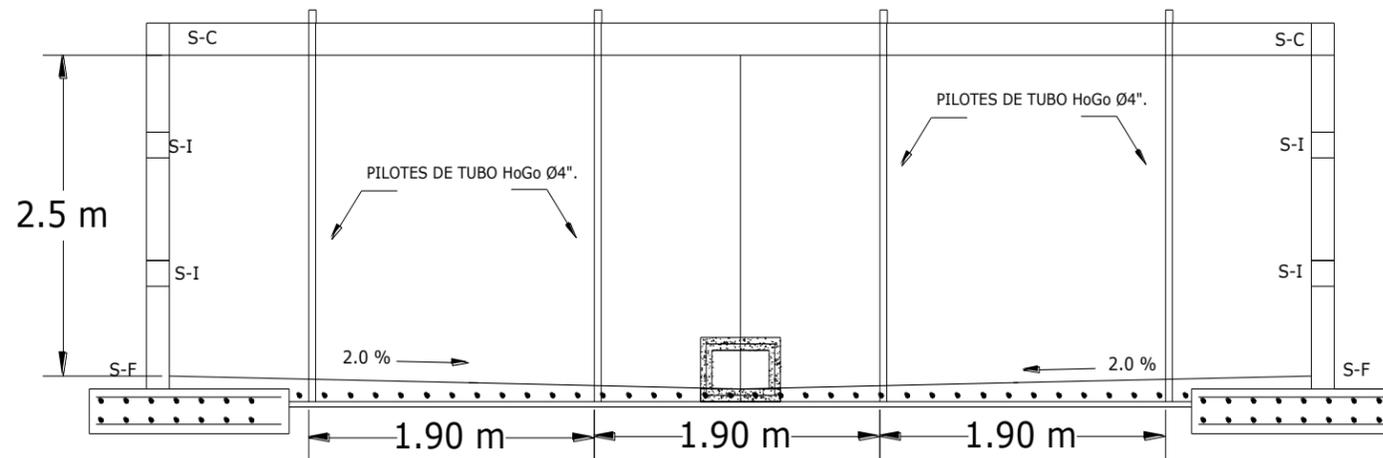
VISTA EN PLANTA  
ESCALA 1 : 200



SECCION A - A  
SIN ESCALA



SIN ESCALA



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**

PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

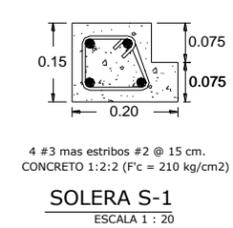
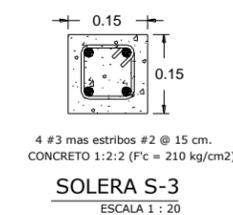
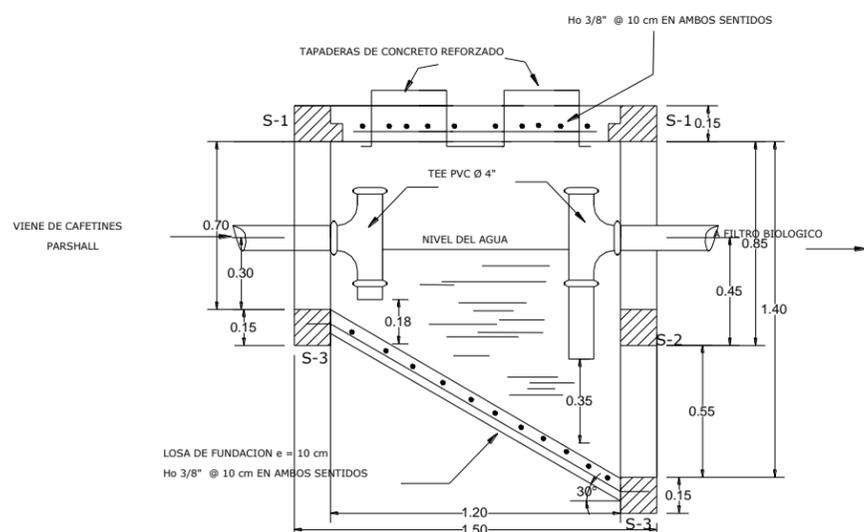
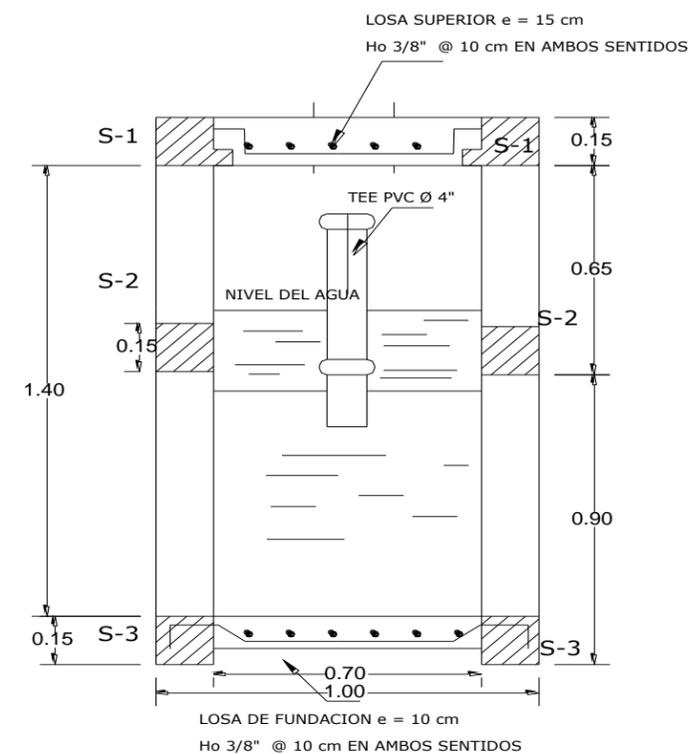
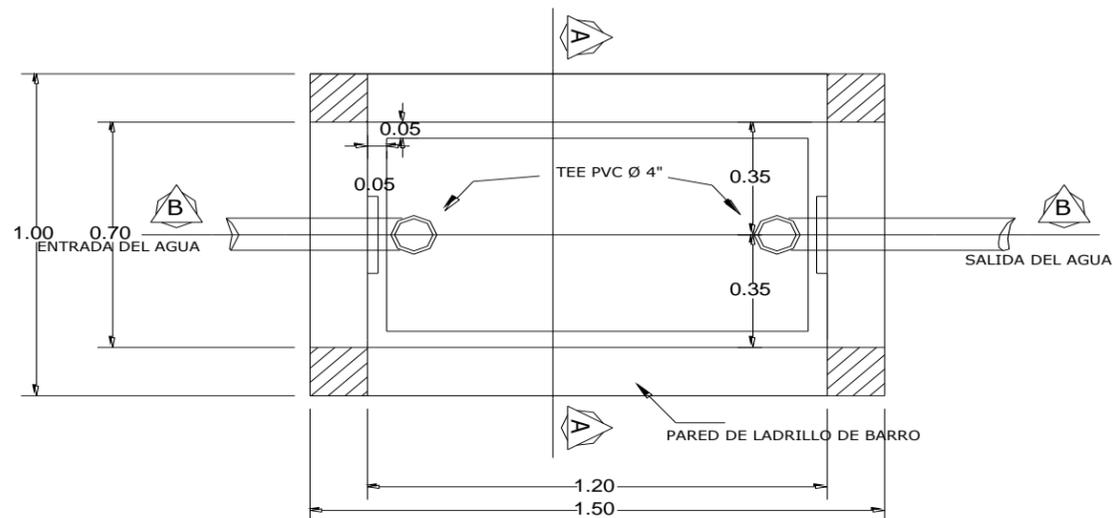
HOJA:  
**13**

CONTENIDO:  
**FILTRO PERCOLADOR DELA ZONA 1**  
ESCALAS: INDICADAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009





VISTA DE PLANTA



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**



PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

CONTENIDO:

PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

HOJA:  
**14**

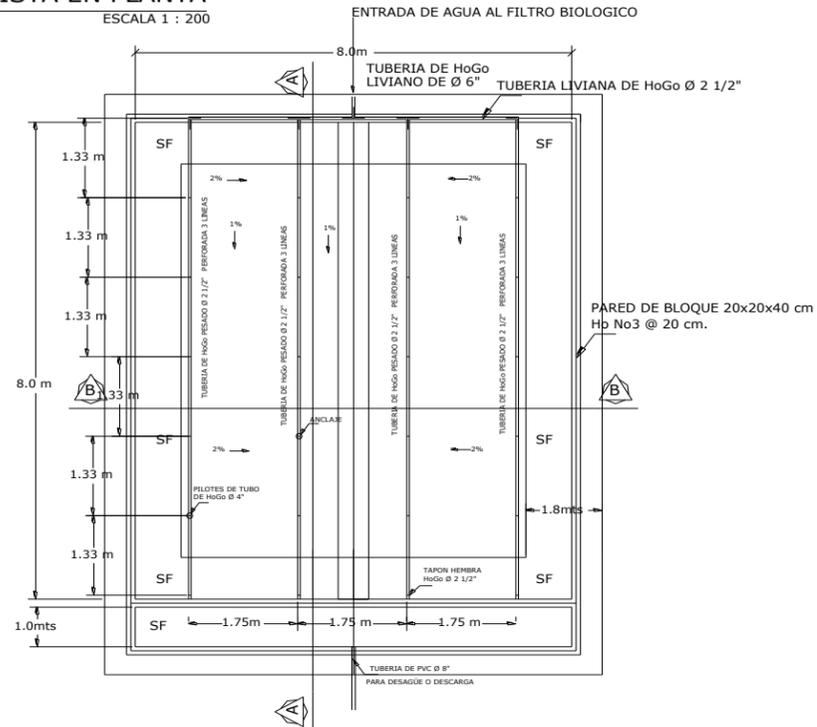
TRAMPA DE GRASA DE LA ZONA 1

ESCALAS: INDICADAS

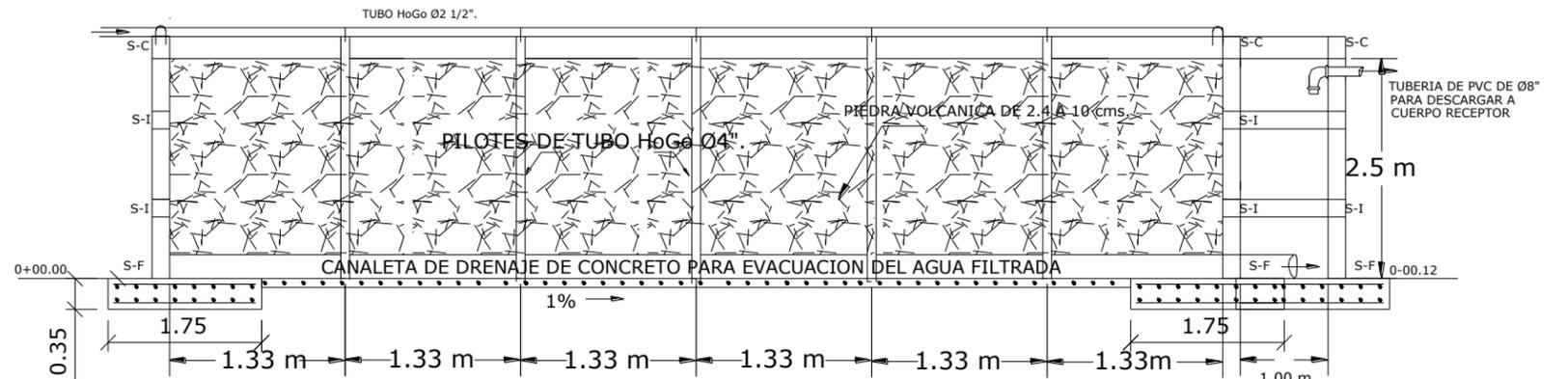
CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009



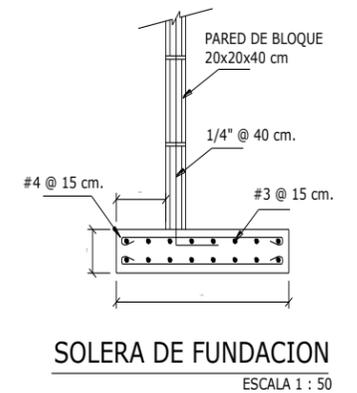
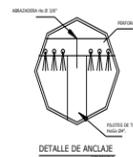
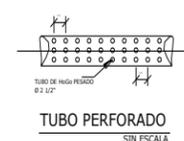
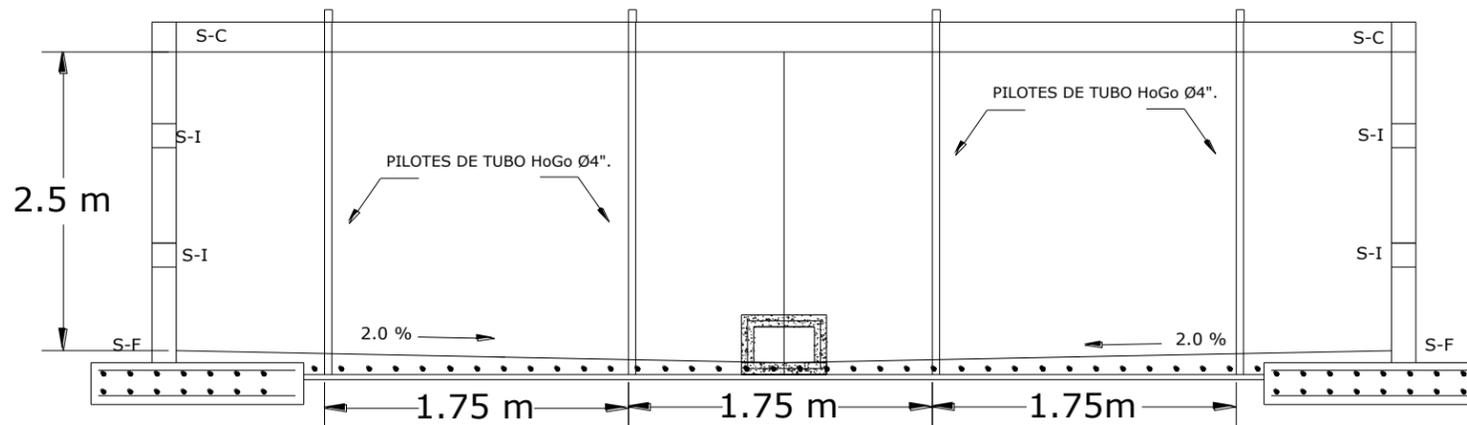
VISTA EN PLANTA  
ESCALA 1 : 200



SECCION A - A  
SIN ESCALA



SECCION B - B  
SIN ESCALA



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.**

PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "

DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ

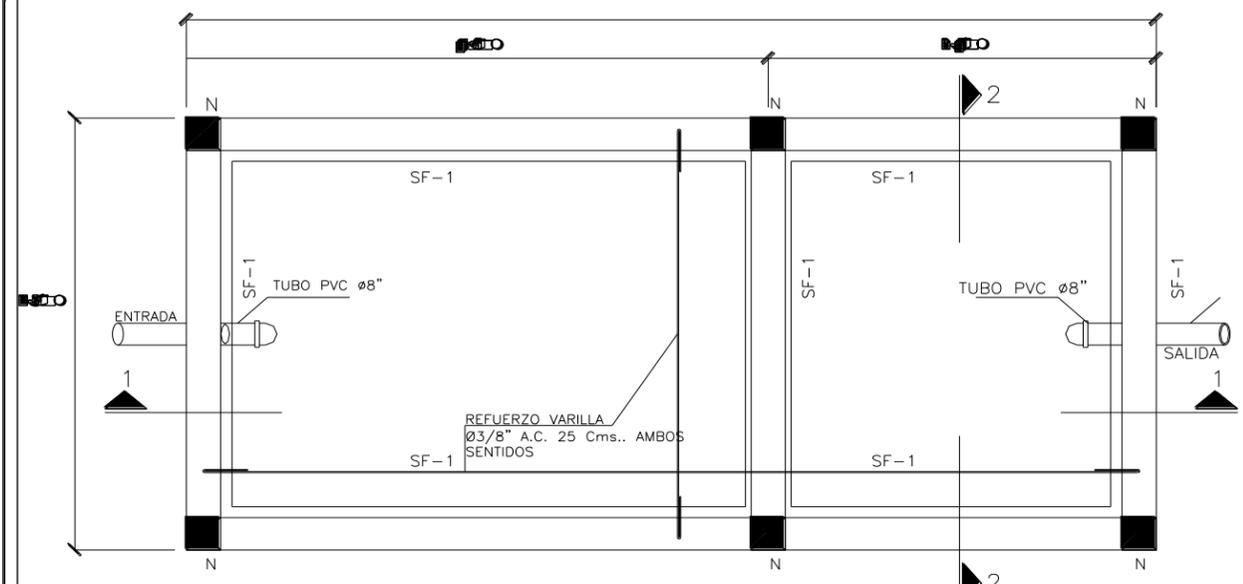
CONTENIDO:

PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA  
BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO  
BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS

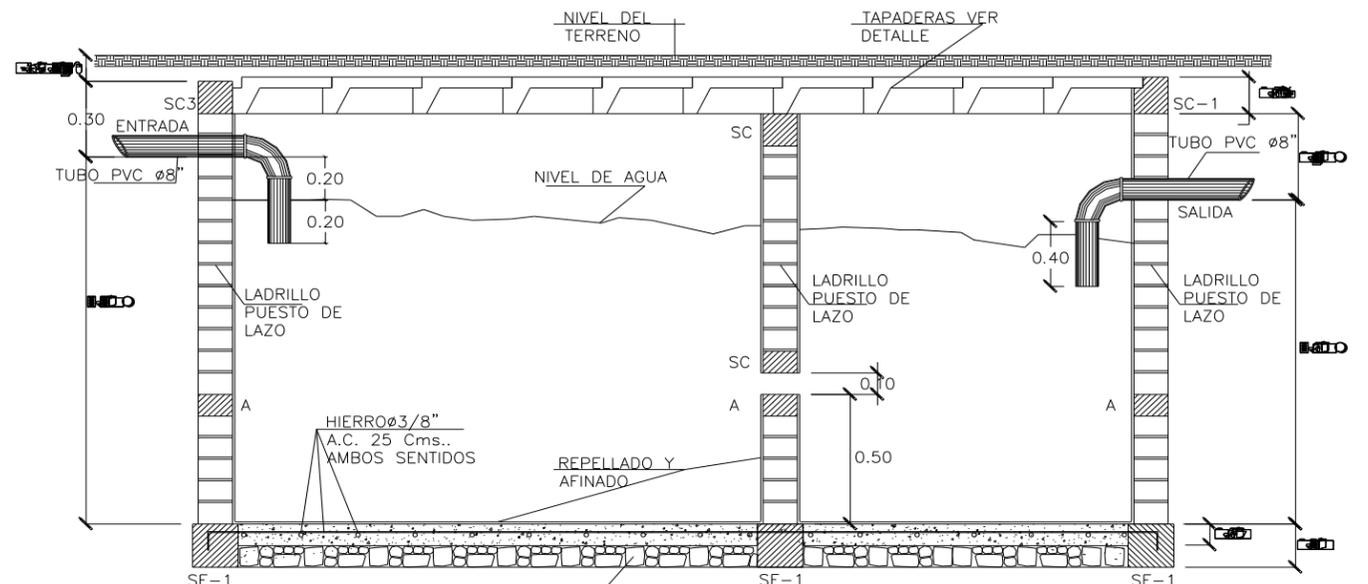
HOJA:  
**15**

FILTRO PERCOLADOR DELA ZONA 2  
ESCALAS: INDICADAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009

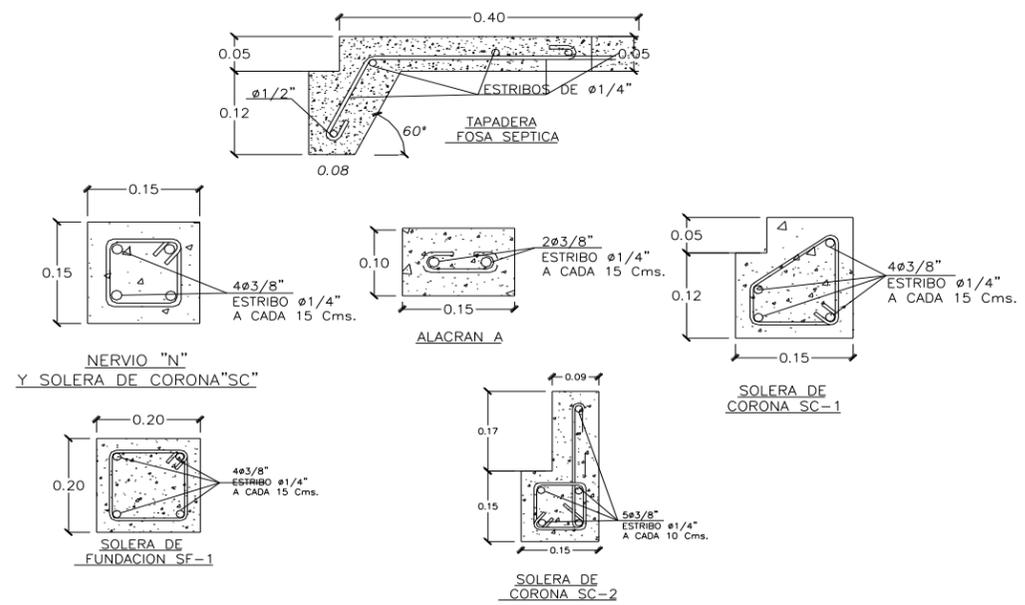




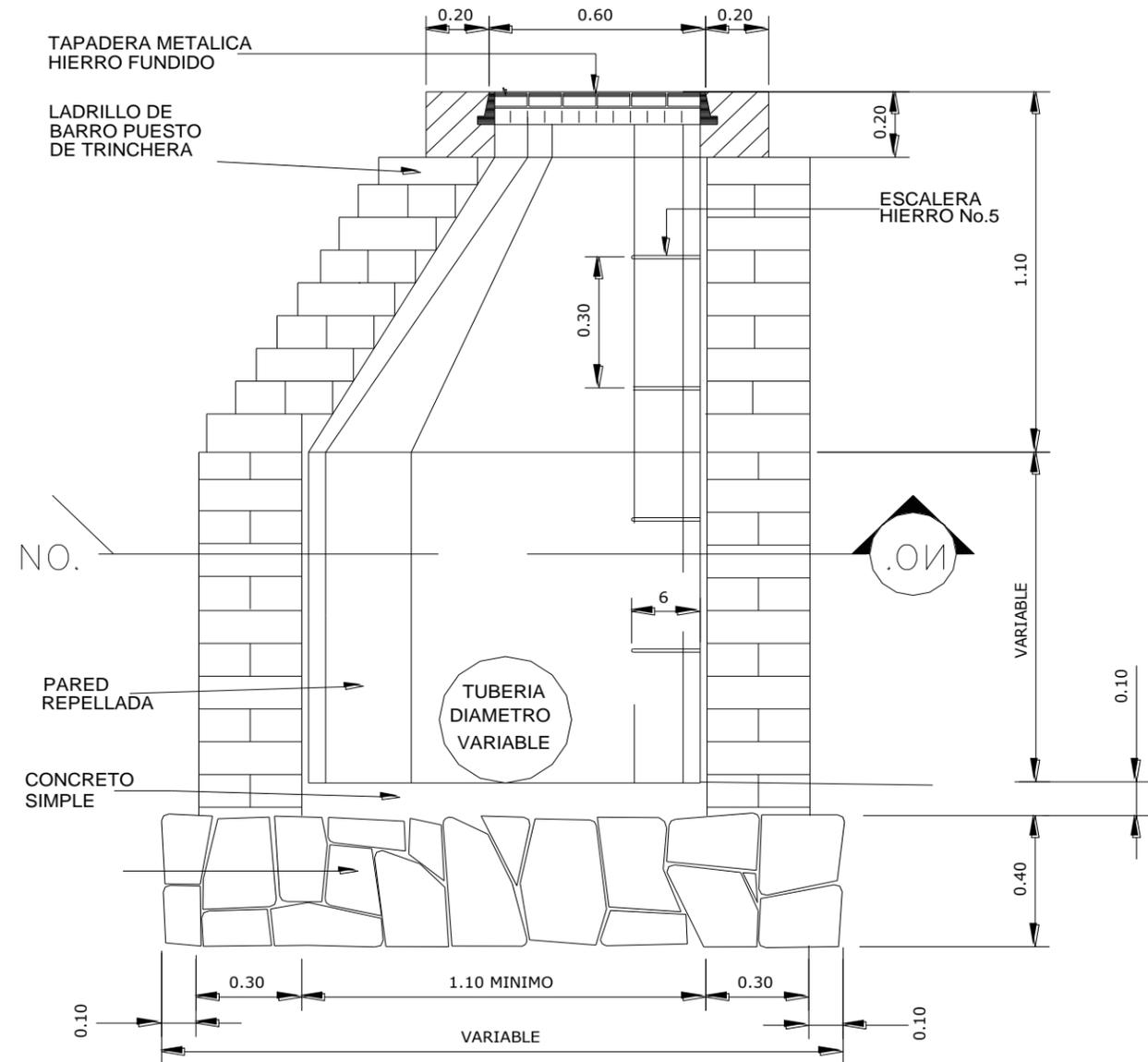
PLANTA DE FUNDACIONES  
FOSA SEPTICA



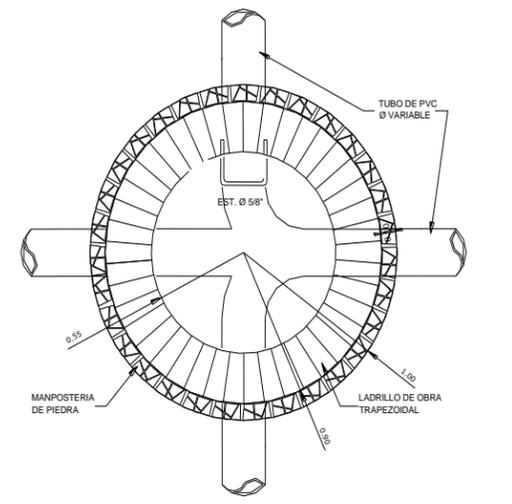
SECCION 1-1



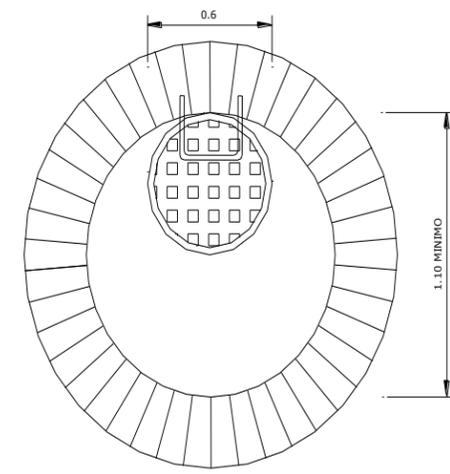
<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.</b> <b>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.</b>		
PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "		
DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ	CONTENIDO: DETALLES DE FOSA SEPTICA DE LA ZONA 2 ESCALAS: INDICADAS CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009	
PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS	HOJA: <b>16</b>	



**DETALLE DE POZO DE VISITA**  
ESC 1:50

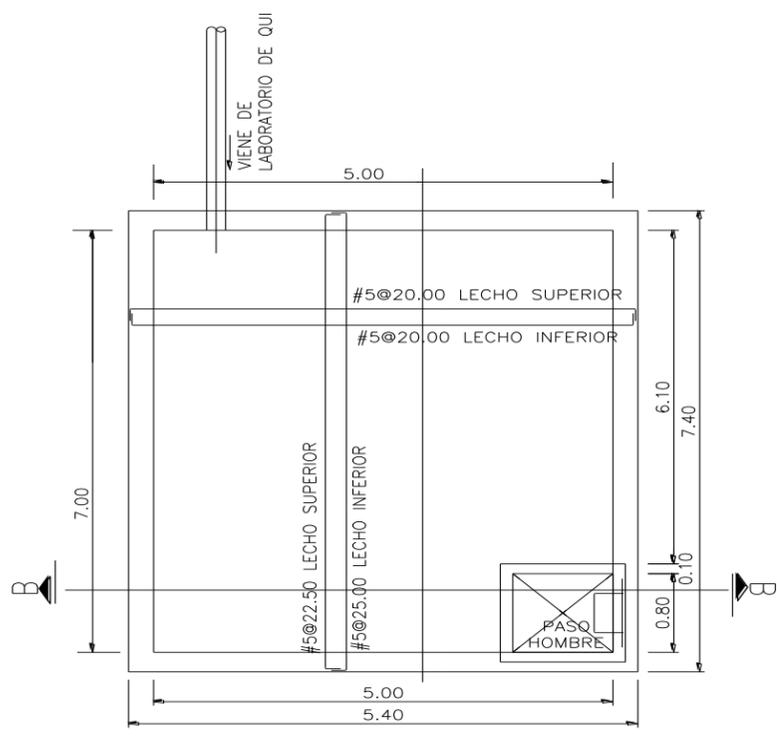


**DETALLE EN PLANTA**  
ESC 1:50

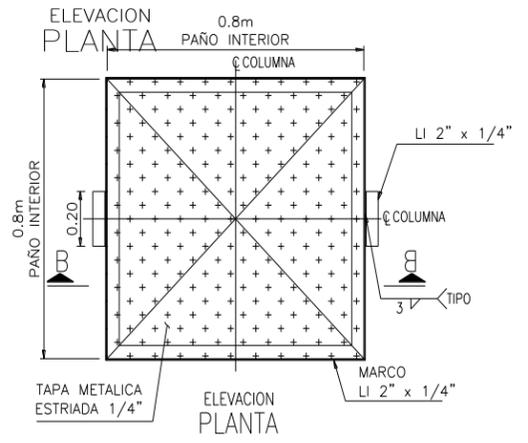
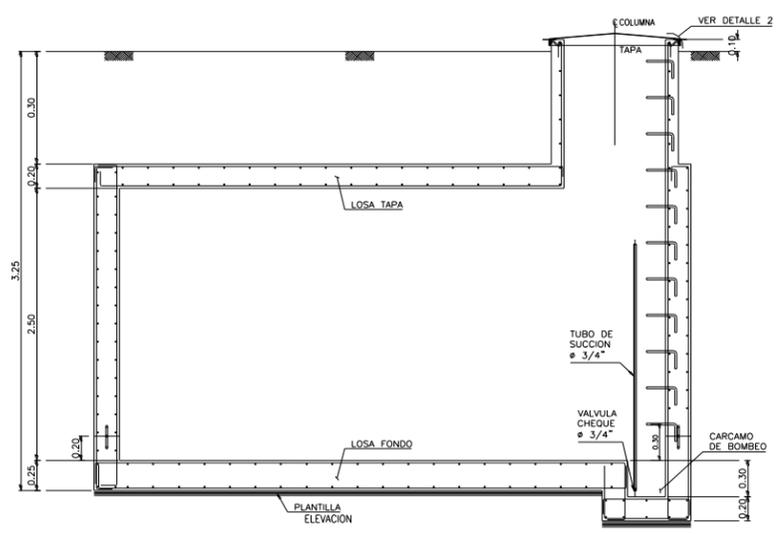
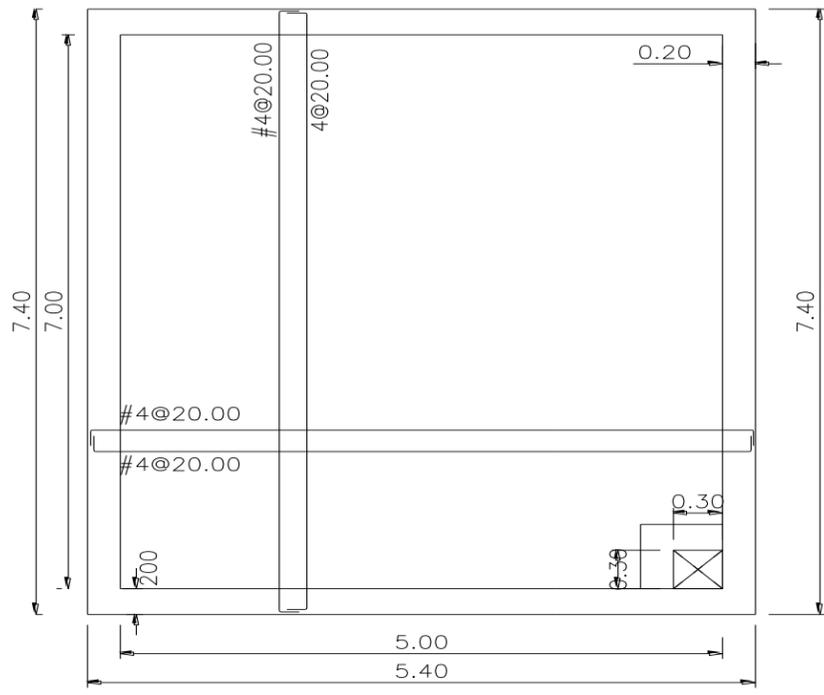


**SECCION B-B**  
ESC 1:50

<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.</b> <b>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.</b>		
PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "		
DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ	CONTENIDO:	
PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS	HOJA: <b>17</b>	DETALLES DE POZOS DE AGUAS NEGRAS ESCALAS: INDICADAS CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009



ELEVACION  
PLANTA  
S/E



<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.</b> <b>FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL.</b> <b>DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA.</b>		
PROYECTO: " PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL "		
DOCENTE DIRECTOR: ING. RIGOBERTO LOPEZ	CONTENIDO: TANQUE DE CAPTACION DEL LABORATORIO DE QUIMICA	
PRESENTAN: BR. JONNY ALEXI FUENTES VILLALTA BR. ERICK GILBERTO MERLOS ROMERO BR. DAVID ENRIQUE PANIAGUA CONTRERAS	HOJA: <b>18</b>	ESCALAS: INDICADAS CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL, NOVIEMBRE - 2009