



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## PLAN DE CONTINGENCIA

### SEDE - ZAMORA

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

### “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ZANJA DE INFILTRACIÓN UNIFAMILIAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA COMUNIDAD DE CHICAÑA”

TESIS DE GRADO PREVIA A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MANEJO Y  
CONSERVACIÓN DEL MEDIO  
AMBIENTE

**AUTOR:** ROBERT FABIÁN ARTEAGA FERNÁNDEZ

**DIRECTOR:** LIC. HÍTALO STALIN PUCHA COFREP, MG. SC.

ZAMORA - ECUADOR

2014



## **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

### **PLAN DE CONTINGENCIA**

#### **SEDE ZAMORA**

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO  
AMBIENTE

### **CERTIFICACIÓN**

Señor Doctor.

Pablo Cabrera Ordoñez, Mg.Sc.

**COORDINADOR GENERAL DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.**

Loja

De mi especial consideración.

Es muy grato dirigirme a usted para expresarle un atento saludo,  
augurándole éxitos en tan altas funciones.

En calidad de Director del Trabajo de Titulación denominado: "**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ZANJA DE INFILTRACIÓN UNIFAMILIAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA COMUNIDAD DE CHICAÑA**", de autoría del señor **ROBERT FABIÁN ARTEAGA FERNÁNDEZ**, de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente del Plan de Contingencia de la Universidad Nacional de Loja, con Sede en Zamora, **CERTIFICO** que se ha realizado la revisión prolija del Trabajo de Titulación antes citado, de conformidad con lo que establece el Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Nacional de Loja dentro del cronograma aprobado, por lo que autorizo su presentación y sustentación.

Zamora, 29 de Agosto de 2014

Atentamente,

Lic. Hítalo Stalin Pucha Cofrep, Mg. Sc.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

## PLAN DE CONTINGENCIA

### SEDE ZAMORA

### CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

ZAMORA, 24 DE NOVIEMBRE DE 2014

#### CERTIFICACIÓN

Los Miembros del Tribunal de Grado abajo firmantes, certificamos que el Trabajo de Titulación denominado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ZANJA DE INFILTRACIÓN UNIFAMILIAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA COMUNIDAD DE CHICAÑA”, presentada por el señor: **ROBERT FABIÁN ARTEAGA FERNÁNDEZ**, de la carrera de Manejo y Conservación del Medio Ambiente del Plan de Contingencia de la Universidad Nacional de Loja, Sede Zamora, ha sido corregida y revisada; por lo que autorizamos su presentación.

ATENTAMENTE

Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg.Sc.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde, Mg.Sc.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, Mg.Sc.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

## **PLAN DE CONTINGENCIA**

### **SEDE ZAMORA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO  
AMBIENTE**

## **AUTORÍA**

Yo, **Robert Fabián Arteaga Fernández**, declaro ser autor(a) del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de Titulación en el repositorio institucional-biblioteca Virtual.

**AUTOR:** Robert Fabián Arteaga Fernández

**FIRMA:**

**CÉDULA:** 1900507250

**FECHA:** Loja, 1 de diciembre del 2014

## **CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, **Robert Fabián Arteaga Fernández**, declaro ser autor, de la Tesis titulada: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ZANJA DE INFILTRACIÓN UNIFAMILIAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA COMUNIDAD DE CHICAÑA". Como requisito para optar al Grado de: **INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**: autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

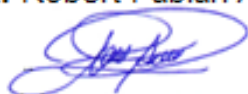
Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, al 1 día del mes de diciembre del dos mil catorce, firma el autor:

**AUTOR:** Robert Fabián Arteaga Fernández

**FIRMA:**



**CÉDULA:** 1900507250

**DIRECCIÓN:** Yantzaza (Barrio La Delicia, Av. Héroes del Cenepa)

**CORREO ELECTRÓNICO:** robertarteaga@hotmail.es

**TELÉFONO:** 2300565 **CELULAR:** 0992408554

### **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**DIRECTOR DE TESIS:** Lic. Hítalo Stalin Pucha Cofrep, Mg.Sc.

**TRIBUNAL DE GRADO:**

Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg.Sc. (Presidente)

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde, Mg.Sc. (Vocal)

Ing. Hiliter Farley Figueroa Saavedra, Mg.Sc. (Vocal)

## DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a:

A Dios, por acompañarme, darme valor, entusiasmo y guiarme en cada uno de mis pasos.

A mis queridos Padres: Manuel e Isidora (+) por el cariño, comprensión y apoyo incondicional que me brindaron todos los días en las etapas de mi vida.

A mis apreciados Hermanos: Ángel, Oscar, Magali, Tania, Yadira, Carlos y Carlota, por acompañarme, tenerme paciencia, darme fortaleza y apoyo todos los días de mi vida.

A mis familiares y amigos en general, que supieron brindar sabios consejos de aliento, para no desfallecer en la preparación académica a lo largo de mi vida estudiantil.

A los ingenieros Ángel Calva y Wilson Cango, por el apoyo incondicional y sabios consejos de sabiduría durante el desarrollo del presente proyecto de investigación.

*Robert Fabián Arteaga Fernández*

## **AGRADECIMIENTO**

La gratitud es uno de los valores primordiales del ser humano por tal razón quiero dejar constancia de mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Plan de Contingencia, a la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, a sus dignas autoridades administrativas y académicas, quienes me han permitido formarme en los ámbitos intelectual y personal, para llegar a ser un profesional excelente y competitivo.

A Dios por regalarme el don de la inteligencia y la sabiduría para enfrentar los obstáculos presentados en cada reto que me proponga.

A mis Padres y Hermanos, por haber puesto su confianza en mí en todo momento, ayudándome con sus sabios consejos a salir adelante en los momentos difíciles de mi carrera.

Afecto y gratitud imperecedera para todos mis maestros que con sus sabios conocimientos y enseñanzas guiaron adecuadamente en mi formación intelectual, especialmente al Lic. Hítalo Stalin Pucha Cofrep, Mg. Sc. Director de tesis, que con sus oportunos conocimientos hizo posible llegar a la culminación de la misma.

A mis familiares y amigos que con una palabra de aliento me dieron fortaleza a seguir desarrollando mi proyecto de tesis.

Además quiero agradecer a la familia “Delgado Romero”, que me abrió las puertas de su domicilio y me brindaron todas las facilidades necesarias para desarrollar este proyecto de investigación.

*Robert Fabián Arteaga Fernández*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.....	v
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xxi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxiv
A. TÍTULO.....	1
B. RESUMEN.....	2
C. INTRODUCCIÓN.....	4
D. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
1. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD).....	6
1.1. Definición.....	6
1.2. Definición de aguas grises.....	6
1.3. Definición de agua superficial.....	6
1.4. Clasificación de las aguas residuales.....	7
1.4.1 Agua residual doméstica.....	7
1.4.2 Agua residual industrial.....	7
1.4.3 Agua residual agrícola.....	8
1.4.4 Agua residual pluvial.....	8
1.5. Características de las aguas residuales domésticas.....	9
1.6. Características físicas del agua residual doméstica.....	11
1.6.1 Sólidos.....	11



1.6.2	Temperatura .....	13
1.6.3	Color .....	13
1.6.4	Olor .....	14
1.6.5	Turbiedad.....	14
1.6.6	Densidad .....	15
1.7.	Características químicas del agua residual doméstica .....	15
1.7.1	Materia orgánica .....	15
1.7.2	Potencial hidrógeno (pH).....	16
1.7.3	Alcalinidad.....	16
1.7.4	Oxígeno disuelto .....	17
1.7.5	Nitrógeno.....	17
1.7.6	Fósforo .....	18
1.7.7	Grasas y aceites .....	19
1.7.8	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) .....	19
1.7.9	Demanda química de oxígeno (DQO).....	19
1.8.	Características biológicas del agua residual doméstica .....	20
1.8.1	Coliformes fecales .....	20
1.8.2	Coliformes totales .....	20
1.8.3	Bacterias .....	21
1.8.4	Protozoos .....	21
1.8.5	Virus .....	22
<b>2.</b>	<b>IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES .....</b>	<b>22</b>
2.1.	Eutrofización de cuerpos hídricos naturales .....	22
2.2.	Agotamiento del contenido de oxígeno.....	22
3.1.1	Límites de Atterberg .....	24
3.1.2	Granulometría .....	24
3.1.3	Textura .....	24
3.1.4	Estructura.....	25
3.2.	Características químicas del suelo .....	26
3.2.1	Capacidad de intercambio catiónico (CIC) .....	26
3.2.2	pH.....	27
3.2.3	Contenido de materia orgánica .....	27

3.2.4	Nitrógeno (N) .....	28
3.2.5	Fósforo (P) .....	28
3.2.6	Potasio (K) .....	28
3.2.7	Calcio (Ca) .....	29
3.2.8	Magnesio (Mg) .....	29
3.2.9	Hierro (Fe) y magnesio (Mn).....	29
3.2.10	Cobre y zinc.....	29
3.3.	Características hidráulicas del suelo .....	30
3.3.1	Permeabilidad o capacidad de infiltración .....	30
3.3.2	Profundidad del nivel freático .....	30
<b>4.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS .....</b>	<b>31</b>
4.1.	Precipitación.....	31
4.2.	Temperatura .....	31
4.3.	Evapotranspiración.....	31
4.4.	Viento.....	32
<b>5.</b>	<b>TRATAMIENTOS NATURALES DE AGUAS RESIDUALES.....</b>	<b>32</b>
5.1.	Infiltración rápida (IR).....	33
5.2.	Infiltración lenta (IL).....	33
5.3.	Escorrentía superficial (ES) .....	34
5.4.	Humedales.....	35
5.4.1	Humedales de flujo libre o superficial (HFL) .....	36
5.4.2	Humedales de flujo subsuperficial (HFS) .....	36
<b>6.</b>	<b>CONSIDERACIONES AMBIENTALES .....</b>	<b>37</b>
<b>7.</b>	<b>CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES .....</b>	<b>37</b>
<b>8.</b>	<b>ZANJA DE INFILTRACIÓN .....</b>	<b>38</b>
8.1.	Componentes de la zanja de infiltración .....	39
8.1.1	Tanque séptico.....	40
8.1.2	Caja de distribución.....	40
8.1.3	Campo de infiltración .....	40
8.1.4	Lecho de secado de lodos .....	41

8.2. Recomendaciones al ubicar la zanja de infiltración .....	42
8.2.1 Superficies de infiltración del campo de infiltración .....	43
8.3. Prueba de infiltración para el diseño del campo de infiltración.....	43
8.4. Dimensionamiento de la zanja de infiltración.....	45
8.4.1 Método de cálculo del tanque séptico .....	45
8.4.2 Método de cálculo de la caja de distribución .....	49
8.4.3 Método de cálculo del campo de infiltración .....	49
8.4.4 Método de cálculo del lecho de secado de lodos.....	52
8.5. Mantenimiento de la zanja de infiltración .....	53
8.5.1 Mantenimiento del tanque séptico .....	53
8.5.2 Mantenimiento del campo de infiltración .....	54
8.5.3 Mantenimiento del lecho de secado de los lodos.....	54
8.6. Ventajas y desventajas de la zanja de infiltración.....	54
<b>9. EXPERIENCIAS EN ZANJAS DE INFILTRACIÓN .....</b>	<b>55</b>
9.1. Experiencia en otros países .....	55
<b>10. MARCO LEGAL PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ECUADOR .....</b>	<b>57</b>
10.1. Constitución de la república del Ecuador .....	58
10.2. Ley orgánica de salud .....	58
10.3. Ley de aguas.....	59
10.4. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental.....	59
10.5. Texto unificado de la legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA), libro VI anexo I de la calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua .....	60
<b>E. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>61</b>
<b>1. MATERIALES .....</b>	<b>61</b>
<b>2. MÉTODO.....</b>	<b>62</b>
2.1. Ubicación política y geográfica del área de estudio .....	62
2.2. Aspectos biofísicos y climáticos .....	63
2.2.1 Topografía.....	63
2.2.2 Suelo.....	63
2.2.3 Hidrología .....	63

2.2.4 Flora .....	64
2.2.5 Fauna.....	65
2.2.6 Biodiversidad .....	66
2.2.7 Temperatura .....	67
2.2.8 Precipitación.....	67
2.2.9 Velocidad y dirección del viento .....	67
2.3. Tipo de Investigación.....	67
2.4. Metodología para el primer objetivo específico:	
Caracterizar la calidad del agua residual doméstica, a través de un análisis físico, químico y microbiológico en la comunidad de Chicaña.....	68
2.4.1 Aspectos de seguridad para la toma de la muestra .....	68
2.4.2 Recolección de la muestra .....	68
2.4.3 Análisis de la muestra .....	69
2.5. Metodología para el segundo objetivo específico:	
Determinar los parámetros de dimensionamiento para el diseño de una zanja de infiltración unifamiliar en la comunidad de Chicaña ..	70
2.5.1 Aspectos demográficos y servicios básicos.....	70
2.5.2 Profundidad de la capa freática.....	70
2.5.3 Capacidad de infiltración del terreno .....	71
2.5.3.1 Excavación de seis pozos .....	72
2.5.3.2 Saturación del suelo.....	72
2.5.3.3 Medir la capacidad de infiltración del agua en el suelo.....	73
2.5.3.4 Cálculo de la capacidad de infiltración del terreno ..	75
2.5.4 Caracterización física y química del suelo .....	75
2.5.4.1 Toma de muestra de suelo .....	75
2.5.4.2 Análisis de la muestra.....	76
2.6. Metodología para el tercer objetivo específico:	
Diseñar e implementar la zanja de infiltración_ unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de Chicaña .....	77

2.6.1	Aforo del agua residual .....	77
2.6.2	Periodo de diseño .....	78
2.6.3	Población de diseño .....	78
2.6.4	Diseño de los componentes de la zanja de infiltración unifamiliar .....	79
2.6.4.1	Diseño del tanque séptico .....	80
2.6.4.1.1	Cálculo del volumen del tanque séptico ..	80
2.6.4.1.2	Dimensiones del tanque séptico .....	82
2.6.4.1.3	Diseño de dos cámaras en el tanque séptico .....	83
2.6.4.1.4	Medidas de colocación de tubería en el tanque séptico .....	84
2.6.4.2	Diseño de la caja de distribución .....	84
2.6.4.3	Diseño del campo de infiltración .....	84
2.6.4.3.1	Velocidad de infiltración ( $V_p$ ) .....	85
2.6.4.3.2	Área de infiltración que se requiere en zanjas ( $A_i$ ) .....	85
2.6.4.3.3	Área verde requerida ( $A_c$ ) .....	85
2.6.4.3.4	Perímetro efectivo ( $P_e$ ) .....	86
2.6.4.3.5	Longitud total de las zanjas ( $L_z$ ) .....	86
2.6.4.3.6	Separación entre zanjas .....	87
2.6.4.4	Diseño del lecho de secado de lodos .....	87
2.6.5	Presupuesto de construcción .....	88
2.6.6	Construcción de los componentes de la zanja de infiltración .....	88
2.6.6.1	Construcción del tanque séptico .....	88
2.6.6.2	Construcción de la caja de distribución .....	88
2.6.6.3	Construcción del campo de infiltración .....	89
2.6.6.4	Construcción del lecho de secado de lodos .....	89
2.6.6.5	Construcción de las tapas para el tanque séptico y caja de distribución .....	90

2.6.7 Recolección de la muestra de agua residual tratada .....	90
2.6.7.1 Análisis de la muestra .....	91
2.7. Metodología para el cuarto objetivo específico:	
Socializar a los habitantes de la comunidad de Chicaña el diseño e	
implementación de la zanja de infiltración unifamiliar para el	
tratamiento de aguas residuales domésticas.....	92
<b>F. RESULTADOS.....</b>	<b>92</b>
1. Resultados para el Primer Objetivo específico	
Caracterizar la calidad del agua residual doméstica, a través de un	
análisis físico, químico y microbiológico en la comunidad de Chicaña.	92
a) Características físicas del agua residual doméstica .....	94
b) Características químicas del agua residual doméstica.....	95
c) Características microbiológicas del agua residual doméstica .....	96
2. Resultados para el Segundo Objetivo Especifico	
Determinar los parámetros de dimensionamiento para el diseño de una zanja	
de infiltración unifamiliar en la comunidad de Chicaña .....	97
2.1. Aspectos demográficos y servicios básicos .....	97
2.2. Profundidad de la capa freática .....	97
2.3. Capacidad de infiltración del terreno.....	98
2.4. Caracterización física y química del suelo .....	100
3. Resultados para el Tercer Objetivo Especifico	
Diseñar e implementar la zanja de infiltración unifamiliar para el	
tratamiento de aguas residuales domesticas en la comunidad de	
Chicaña .....	100
3.1. Aforo del agua residual.....	100
3.2. Parámetros que se tomaron en cuenta en el diseño de la	
zanja de infiltración.....	102
3.2.1 Cálculo de la población futura .....	103
3.2.2 Cálculo del caudal de diseño .....	103
3.2.3 Cálculo del volumen del tanque séptico .....	104
3.2.4 Diseño del tanque séptico .....	105
3.2.5 Diseño de las cámaras del tanque séptico.....	107

3.2.6	Diseño de la caja de distribución .....	109
3.2.7	Diseño del campo de infiltración .....	109
3.2.8	Diseño del lecho de secado de lodos.....	112
3.2.9	Presupuesto de construcción de la zanja de infiltración unifamiliar .....	114
3.2.10	Construcción de la zanja de infiltración .....	115
	a) Construcción del tanque séptico.....	115
	b) Construcción de la caja de distribución .....	116
	c) Construcción de las tapas del tanque séptico y caja de distribución .....	117
	d) Construcción del campo de infiltración .....	118
	e) Construcción del lecho de secado de lodos .....	120
	f) Puesta en funcionamiento.....	121
3.2.11	Resultado del análisis de la muestra de agua residual .....	122
	a) Características físicas del agua residual doméstica tratada .....	123
	b) Características químicas del agua residual doméstica tratada .....	124
	c) Características microbiológicas del agua residual doméstica tratada.....	126
4.	Resultados para el cuarto objetivo específico Socializar a los habitantes de la comunidad de Chicaña el diseño e implementación de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas .....	127
<b>G.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>128</b>
1.	Caracterizar la calidad del agua residual doméstica, a través de un análisis físico, químico y microbiológico en la comunidad de Chicaña.....	128
	a) Características físicas del agua residual doméstica .....	128
	b) Características químicas del agua residual doméstica.....	130
	c) Características bacteriológicas del agua residual doméstica.....	132

2. Determinar los parámetros de dimensionamiento para el diseño de una zanja de infiltración unifamiliar en la comunidad de Chicaña .....	133
3. Diseñar e implementar la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de Chicaña .....	134
a) Presupuesto de construcción de la zanja de infiltración unifamiliar .....	136
b) Características físicas del agua residual doméstica tratada.....	137
c) Características químicas del agua residual doméstica tratada .....	139
d) Características bacteriológicas del agua residual doméstica tratada .....	140
4. Socializar a los habitantes de la comunidad de Chicaña el diseño e implementación de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas .....	141
<b>H. CONCLUSIONES.....</b>	<b>142</b>
<b>I. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>143</b>
<b>J. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>144</b>
<b>K. ANEXOS.....</b>	<b>155</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
	Tabla 1. Composición de las aguas residuales domésticas.....	10
	Tabla 2. Clasificación de los diferentes tipos de sólidos.....	12
	Tabla 3. Interpretación de los rangos de CIC.....	27
	Tabla 4. Interpretación de los rangos del pH.....	27
	Tabla 5. Distancias mínimas de seguridad recomendables.....	43
	Tabla 6. Dimensiones de tanques tipo que se proponen.....	48
	Tabla 7. Velocidad de infiltración.....	49
	Tabla 8. Especies maderables de la parroquia Chicaña.....	64
	Tabla 9. Especies de animales silvestres de la parroquia Chicaña.....	65
	Tabla 10. Especies de aves de la parroquia Chicaña.....	66

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
	Cuadro 1. Resultado del análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua residual.....	93
	Cuadro 2. Resultado de los aspectos demográficos y servicios básicos.....	97
	Cuadro 3. Medición y cálculo de la capacidad de infiltración del terreno.....	98
	Cuadro 4. Resultado del análisis físico y químico del suelo.....	99
	Cuadro 5. Caudales del agua residual doméstica.....	100
	Cuadro 6. Consumo mensual del agua potable.....	101
	Cuadro 7. Parámetros de diseño.....	102
	Cuadro 8. Dimensiones del tanque séptico.....	106
	Cuadro 9. Dimensiones de las cámaras del tanque séptico.....	107
	Cuadro 10. Dimensiones de la caja de distribución.....	108
	Cuadro 11. Dimensiones del campo de infiltración.....	111
	Cuadro 12. Dimensiones del lecho de secado de lodos.....	112
	Cuadro 13. Resumen del presupuesto de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas.....	114
	Cuadro 14. Resultado del análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual tratada.....	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1.	Características cualitativas de las aguas residuales.....	9
Figura 2.	Triangulo textural.....	25
Figura 3.	Componentes de la zanja de infiltración.....	39
Figura 4.	Coordenadas geográficas de localización del área de estudio.....	62
Figura 5.	Mapa de ubicación geográfica del área de estudio.....	62
Figura 6.	Temperatura del agua residual.....	94
Figura 7.	Color del agua residual.....	94
Figura 8.	Turbiedad del agua residual.....	94
Figura 9.	Sólidos totales del agua residual.....	94
Figura 10.	Sólidos suspendidos del agua residual.....	94
Figura 11.	Sólidos sedimentables del agua residual.....	94
Figura 12.	pH del agua residual.....	95
Figura 13.	Aceites y grasas del agua residual.....	95
Figura 14.	Nitrógeno total del agua residual.....	95
Figura 15.	Demanda bioquímica de oxígeno del agua residual (DBO <sub>5</sub> ).....	95
Figura 16.	Demanda química de oxígeno del agua residual (DQO).....	96
Figura 17.	Fósforo total del agua residual.....	96
Figura 18.	Coliformes totales del agua residual.....	96
Figura 19.	Coliformes fecales del agua residual.....	96
Figura 20.	Evolución del caudal del agua residual doméstica.....	101
Figura 21.	Evolución del consumo mensual de agua potable.....	101
Figura 22.	Dimensiones de las cámaras del tanque séptico.....	108
Figura 23.	Dimensiones de la caja de revisión.....	109
Figura 24.	Dimensiones del campo de infiltración.....	111
Figura 25.	Dimensiones del lecho de secado de lodos.....	113
Figura 26.	Temperatura del agua residual tratada.....	122
Figura 27.	Color del agua residual tratada.....	122
Figura 28.	Turbiedad del agua residual tratada.....	122

Figura 29. Sólidos totales del agua residual tratada.....	122
Figura 30. Sólidos suspendidos del agua residual tratada.....	123
Figura 31. Sólidos sedimentables del agua residual tratada.....	123
Figura 32. pH del agua residual tratada.....	124
Figura 33. Aceites y grasas del agua residual tratada.....	124
Figura 34. Nitrógeno total del agua residual tratada.....	124
Figura 35. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) del agua residual tratada.....	124
Figura 36. Demanda química de oxígeno (DQO) del agua residual tratada.....	124
Figura 37. Fósforo total del agua residual tratada.....	124
Figura 38. Coliformes totales del agua residual tratada.....	125
Figura 39. Coliformes fecales del agua residual tratada.....	125

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Nº	Descripción	Pág.
Fotografía 1.	Recolección y refrigeración de la muestra de agua residual...	69
Fotografía 2.	Entrevista a la familia elegida.....	70
Fotografía 3.	Determinación de la profundidad de la capa freática.....	71
Fotografía 4.	Limpieza de la maleza del área de estudio.....	71
Fotografía 5.	Colocación de una cuña de madera en el pozo.....	72
Fotografía 6.	Saturación del suelo durante 12 horas.....	73
Fotografía 7.	Ajustado del nivel de agua hasta la cuña de madera.....	74
Fotografía 8.	Medición de la capacidad de infiltración del agua en el suelo.....	74
Fotografía 9.	Recolección de las muestras de suelo.....	76
Fotografía 10.	Aforo del agua residual doméstica.....	77
Fotografía 11.	Excavación de una calicata y recolección de la muestra de agua residual tratada.....	91
Fotografía 12.	Excavación del pozo para construir el tanque séptico.....	114
Fotografía 13.	Construcción de la losa de concreto de 0,15 m de espesor.....	114
Fotografía 14.	Armado de las cámaras con paredes de ladrillo.....	115
Fotografía 15.	Revestido del tanque séptico.....	115
Fotografía 16.	Cimentación de la losa de concreto de 0,15 m de espesor.....	115
Fotografía 17.	Armado, colocación de tubería y revestido de la caja de distribución.....	116
Fotografía 18.	Construcción de tapas de hormigón armado de 0,80 x 0,80 m de dimensión x 0,07 m de espesor.....	116
Fotografía 19.	Excavación y nivelación de las zanjas.....	117
Fotografía 20.	Colocación de geomembraba y arena de río en la zanja.....	117
Fotografía 21.	Colocación de grava de ¾" y tubería de 100 mm en la zanja.....	118
Fotografía 22.	Rellonado con grava la red tubería y colocación de una malla plástica.....	118

Fotografía 23. Llenado de la zanja con tierra orgánica formando un montículo.....	118
Fotografía 24. Cimentación de la losa de concreto del lecho de secado de lodos.....	119
Fotografía 25. Armado, colocación de tubo PVC y revestido del lecho de secado de lodos.....	119
Fotografía 26. Colocación de una capa de grava de $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " y arena de 1,3 mm de espesor en el lecho de secado de lodos.....	120
Fotografía 27. Puesta en marcha y funcionamiento la zanja de infiltración.....	120
Fotografía 28. Socialización teórica y visita al proyecto de investigación...	127

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
	Ecuación 2.1. Método volumétrico.....	77
	Ecuación 2.2. Método IEOS para el cálculo de la población futura.....	79
	Ecuación 2.3. Caudal de diseño.....	79
	Ecuación 2.4. Volumen para sedimentación.....	80
	Ecuación 2.5. Volumen para biodigestión.....	80
	Ecuación 2.6. Volumen para el almacenamiento de lodos Digeridos.....	81
	Ecuación 2.7. Volumen total de líquido para el tanque séptico.....	81
	Ecuación 2.8. Altura interna del tanque séptico.....	82
	Ecuación 2.9. Primera cámara del tanque séptico.....	83
	Ecuación 2.10. Segunda cámara del tanque séptico.....	83
	Ecuación 2.11. Área de infiltración que se requiere en zanjas.....	85
	Ecuación 2.12. Área verde requerida.....	85
	Ecuación 2.13. Perímetro efectivo.....	86
	Ecuación 2.14. Longitud total de las zanjas.....	86

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
Anexo 1.	Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	155
Anexo 2.	Modelo de tarjeta para etiquetar muestras de agua residual.....	156
Anexo 3.	Modelo de tarjeta para etiquetar muestras de suelo.....	157
Anexo 4.	Planilla del consumo mensual de agua potable en la familia Delgado Romero.....	157
Anexo 5.	Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual doméstica.....	158
Anexo 6.	Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual doméstica tratada.....	160
Anexo 7.	Análisis de los parámetros físicos y químicos de la muestra de suelo.....	162
Anexo 8.	Modelo de entrevista a aplicar.....	165
Anexo 9.	Presupuesto referencial para la construcción de la zanja de Infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de Chicaña.....	166
Anexo 10.	Tríptico divulgativo de la zanja de infiltración unifamiliar.....	168
Anexo 11.	Agenda de socialización del proyecto de investigación.....	170
Anexo 12.	Registro de asistencia de los participantes en la socialización..	171
Anexo 13.	Glosario de términos.....	172
Anexo 14.	Ubicación geográfica del área de estudio.....	184
Anexo 15.	Planos de diseño de la zanja de infiltración unifamiliar.....	185



## **A. TÍTULO**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ZANJA DE INFILTRACIÓN  
UNIFAMILIAR PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DOMÉSTICAS EN LA COMUNIDAD DE CHICAÑA**

## **B. RESUMEN**

La presente investigación se desarrolló en la cabecera parroquial de Chicaña, cantón Yantzaza desde el mes de febrero a julio del año 2014, el propósito fue diseñar y construir una zanja de infiltración unifamiliar piloto replicable de tratamiento de aguas residuales a través de la infiltración directa en el terreno en una zona rural, como tratamiento natural, alternativa sostenible y de bajo coste para reducir la contaminación de los causes de agua dulce y con ello garantizar la salud de la población y la protección del ambiente. Para el desarrollo del presente proyecto se inició con la realización de una prueba de infiltración en el terreno elegido y reforzado con un análisis físico-químico de suelo en laboratorio de los parámetros más representativos tales como: textura, pH, capacidad de intercambio catiónico, dando como resultado una buena permeabilidad y condiciones necesarias para la acción de los microorganismos del suelo con el agua residual aumentando en gran porcentaje la depuración de la misma. Seguido se realizó la caracterización física, química y bacteriológica del agua residual y se determinó el caudal de agua residual que se genera diariamente en la vivienda a través del método volumétrico de aforo, complementado con el registro mensual de consumo de agua potable, obteniendo de resultado una agua residual doméstica que varía de acuerdo a la hora del día; luego a través del empleo de ecuaciones matemáticas se determinó las dimensiones del tanque séptico, caja de distribución, lecho de secado de lodos, los que se construyeron de hormigón ciclópeo con ladrillo y el campo de infiltración se construyó mediante zanjas filtrantes en el suelo. Para comprobar la eficiencia de remoción de contaminantes del tratamiento natural se recolecto una muestra de agua residual tratada y se realizó un análisis en laboratorio, alcanzando una alta degradación en solidos suspendidos (SS), demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO) y fósforo en un noventa y cinco por ciento (95%); el nitrógeno en un sesenta y cinco por ciento (65%) y los coliformes totales y fecales en un noventa y nueve por ciento (99%).

## **SUMMARY**

The present research work was developed in the Chicaña parish header, Yantzaza canton from the month of February to July 2014, the purpose of it was to design and build a detached infiltration trench replicable pilot wastewater treatment through direct infiltration land in a rural area as a natural treatment, sustainable and low-cost alternative to reduce pollution of freshwater causes and thereby ensure the health of the population and environmental protection. For the development of this project, it was begun with the realization of a breakthrough test in the field chosen and reinforced with a physical-chemical of the land in the analysis laboratory of the most representative parameters such as texture, pH, cation exchange capacity, giving as a result in a good permeability and conditions for the action of microorganisms of the land with the wastewater increasing in a great percentage the debugging of it. Followed, it was performed the physical, chemical and bacteriological characterization of wastewater and it was determined the flow of wastewater generated daily in the home through the volumetric capacity method, supplemented with monthly record of water consumption, obtaining results a domestic wastewater varies according to the time of day; then through the use of mathematical equations the size of the septic tank, distribution box, sludge drying bed, which were built of brick and concrete cyclopean field and it was built by filtering infiltration trenches in the land. To prove the efficiency of contaminant removal natural treatment it was collected a sample of treated wastewater and the analysis was performed in the laboratory, reaching a high degradation in suspended solids (SS), biochemical oxygen demand (BOD5), chemical demand oxygen (COD) and phosphorus ninety-five percent (95%); nitrogen in sixty-five percent (65%) and total and fecal coliforms in ninety-nine percent (99%).

## **C. INTRODUCCIÓN**

El tratamiento de las aguas residuales es la forma responsable de reponer este recurso a su cauce natural, es una técnica de remoción de contaminantes que permite devolver al ambiente el agua utilizada en las diversas actividades antrópicas (Osorio et al., 2010). Actualmente en el país existen políticas que regulan la descarga de las aguas servidas y que son aplicables para la conservación del recurso hídrico (Ley de aguas, 2004); la contaminación de los afluentes de agua y el suelo por el vertido del agua residual doméstica es muy frecuente en zonas rurales, causando de esta manera la aparición de enfermedades y la degradación del ambiente.

En la actualidad existe un sistema convencional de tratamiento de aguas residuales, el cual consta de tratamiento físico, químico y biológico, pero a muy elevados costos; razón por la cual es difícil optar por este medio de tratamiento en las viviendas de las zonas rurales; de igual manera como alternativa de depuración de las aguas residuales existen tratamientos naturales, sin embargo debido al desconocimiento de esta técnica hasta la actualidad se sigue vertiendo en la mayoría de las viviendas rurales las aguas residuales sin un tratamiento previo a los cauces de agua.

El propósito de este proyecto de investigación fue diseñar e implementar un sistema natural de tratamiento de aguas residuales domésticas en una vivienda de una comunidad rural, demostrando que su construcción no requiere de considerables recursos económicos, siendo ambientalmente amigable con el ambiente y servir como réplica para las familias que viven en zonas rurales y carecen de servicios de alcantarillado.

El proyecto se ejecutó en la cabecera parroquial de Chicaña, cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe, con una duración de cinco meses y tuvo como objetivo general: Diseñar e implementar una zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de Chicaña.

Los objetivos específicos para esta investigación fueron:

- Caracterizar la calidad del agua residual doméstica, a través de un análisis físico, químico y bacteriológico.
- Determinar los parámetros de dimensionamiento para el diseño de una zanja de infiltración unifamiliar en la comunidad de Chicaña.
- Diseñar e implementar la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de Chicaña.
- Socializar a los habitantes de la comunidad de Chicaña el diseño de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

## **D. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **1. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD)**

#### **1.1. Definición**

(Arce, Calderón y Tomasini, 2001) citado por (Valencia, 2013) sostiene que las aguas residuales presentan una composición variada de líquidos y residuos sólidos que provienen del sistema de abastecimiento de una población y que ha sido modificada debido a diversos usos. Debido a la naturaleza de las aguas residuales al momento de su descarga sin un tratamiento previo, no pueden ser utilizadas, las cuales producen una alteración de los ecosistemas acuáticos y terrestres e incluso afectar a la salud humana. Mientras (Villaseñor, 2001) manifiesta que a las aguas residuales se las define como el conjunto de aguas que lleva elementos extraños provocadas de forma directa o indirecta por la actividad humana, estando compuestas por una combinación de materia fecal, orina y líquidos de desagüe de viviendas, comercios, edificios de oficinas, establecimientos industriales, instalaciones agrícolas y ganaderas. Según (Nieto, 2010) las aguas residuales, son aguas con alto contenido en bacterias y elementos orgánicos.

#### **1.2. Definición de aguas grises**

Según (López y Rodríguez, 2010) las aguas grises son las aguas generadas por procesos domésticos como el lavado de ropa, vajilla y el baño de las personas y son distintas a las aguas negras. Para (Trapote, 2013) las aguas grises, poseen escasa contaminación y que con tratamientos simples pueden reutilizarse fácilmente.

#### **1.3. Definición de agua superficial**

(Hofer, 2009) citado por (Mejía, 2013) manifiesta que el agua superficial en movimiento es aquella que recorre el nivel de la superficie de

la tierra, alimentada por vertientes internas o afluentes externos, se desliza por los niveles del terreno, hasta desembocar en un cuerpo mayor de agua. (Conagua, 2012) describe que el agua es un recurso vital para la supervivencia humana y juega un papel preponderante en todas sus necesidades domésticas, riego, agua potable, generación de energía eléctrica y otros usos.

#### **1.4. Clasificación de las aguas residuales**

Las aguas residuales se clasifican en: Domésticas, industriales, agrícolas y pluviales.

##### **1.4.1 Agua residual doméstica**

(Marín, 2003) manifiesta que el agua residual doméstica se caracteriza por contener sustancias orgánicas (residuos de origen animal y vegetal) e inorgánicas (sales, arenas, papel) y microorganismos, procedentes de los residuos de la actividad humana (alimentos, deyecciones, etc.). Se caracterizan por ser inodoras, si son recientes su color es gris amarillento o blanco. Al sufrir procesos de fermentación huelen a sulfhídrico, pasando su color a gris negruzco. Por otra parte (Crites, 2000) citado por (Borja, 2011) manifiesta que las aguas residuales domésticas, son aquellas utilizadas con fines higiénicos (sanitarios, duchas, cocinas, lavanderías, etc.). Estos desechos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas; su composición varía según los hábitos de la población que los genera.

##### **1.4.2 Agua residual industrial**

(González, 2006) citado por (Villacis, 2011) menciona que las aguas residuales industriales son desechos líquidos provenientes de los procesos industriales y la cantidad y composición de ella es bastante variable, dependiendo de la actividad productiva y de muchos otros factores (tecnología empleada, calidad de la materia prima, etc.). Los compuestos y

elementos tóxicos más comunes son metales pesados como: mercurio (Hg), cromo (Cr), cadmio (Cd), zinc (Zn), escandio (Sc) y plomo (Pb); compuestos a base de radicales ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CN}^-$ ) y organoclorados (DDT). Por otro lado (Bautista, 2003) manifiesta que el agua residual industrial contiene tóxicos, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes, pesticidas, productos radioactivos, entre otros.

#### **1.4.3 Agua residual agrícola**

(Sánchez, 2007) menciona que las aguas residuales agrícolas son procedentes de actividades agrícolas y ganaderas, las cuales poseen residuos de (pesticidas, fungicidas, herbicidas, estiércol, etc.), los cuales perjudican notablemente las características de las aguas del cauce receptor. Mientras (Villaseñor, 2001) afirma que en cuanto a los fertilizantes es importante resaltar que antes eran de origen orgánico y en la actualidad son casi sustituidos por abonos de origen inorgánico, tales como sulfatos, nitratos y fosfatos, de especial incidencia en la contaminación de las aguas.

#### **1.4.4 Agua residual pluvial**

(Sánchez y Gándara, 2011) manifiestan que las aguas pluviales son las procedentes de escorrentía superficial, provocada por las precipitaciones atmosféricas (lluvia, nieve, granizo). Las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la atmósfera y por el lavado de superficies de terreno. Para (Trapote, 2013) el agua residual pluvial proviene de escurrimientos superficiales de aguas lluvias, tales como los techos, pavimentos y otras superficies naturales del terreno. Se caracterizan por grandes aportaciones intermitentes y escasa contaminación, sus caudales en una superficie urbanizada, son de 50 a 200 veces superiores a los correspondientes a las medias de los vertidos domésticos, comerciales e industriales. Las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la lluvia la atmósfera, o por el lavado de superficies y terrenos.



## 1.5. Características de las aguas residuales domésticas

(Contreras y Molero, 2009) sustentan que las aguas residuales domésticas transportan básicamente excrementos humanos y orina y por ello contribuyen principalmente con materia orgánica (DBO), sólidos suspendidos, nitrógeno, coliformes fecales y totales; la cantidad y concentración de las aguas residuales varían en función de su origen y de sus componentes y contribuciones per cápita por día de una ciudad a otra y de un país a otro. (Hernández, 2000) citado por (Muñoz, 2008) manifiesta que las aguas residuales están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca del 99,9% y que apenas 0,1% de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Sin embargo esta pequeña fracción de sólidos en la que presenta los mayores problemas en el tratamiento y su disposición; el agua es apenas el medio de transporte de sólidos (ver figura 1).

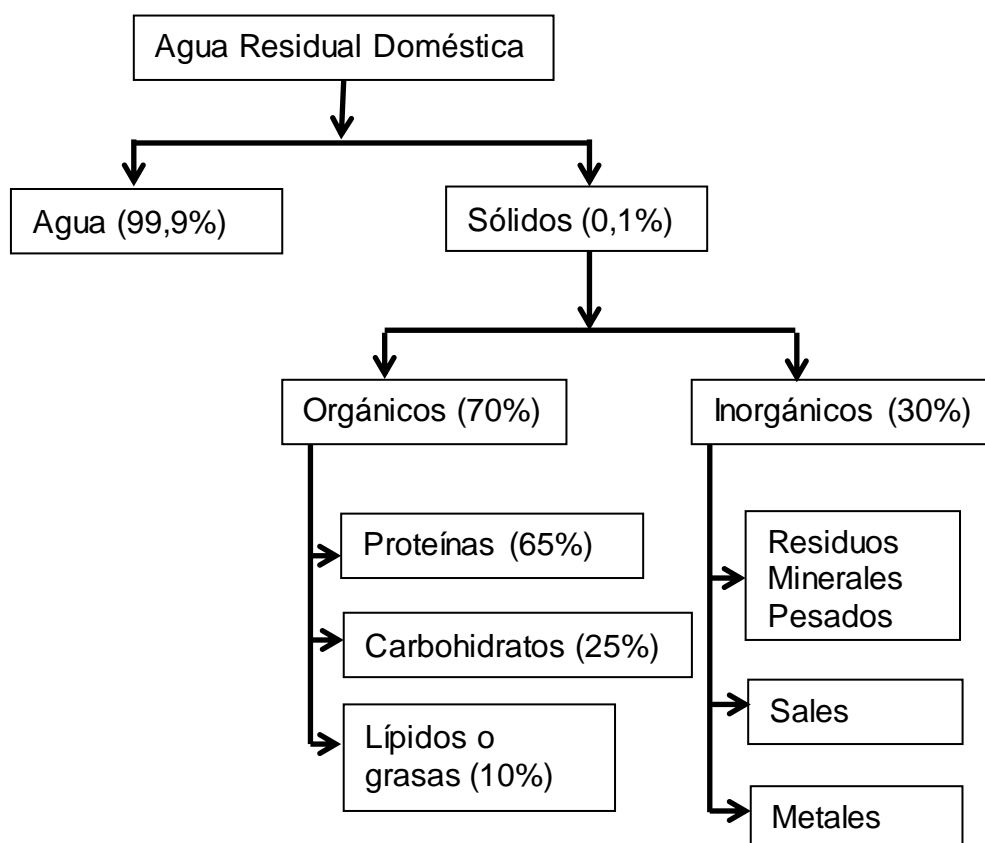


Figura 1. Características cualitativas de las aguas residuales

**Fuente:** (Metcalf y Eddy, 1995)

(Mendonca, 2000) citado por (Minga y Coronel, 2008) menciona que dependiendo de la concentración de estos componentes, el residuo puede clasificarse como fuerte, medio o diluida. Tanto los componentes como las concentraciones pueden variar durante el día, en los diferentes días de la semana y con los periodos estacionales.

En la tabla 1, podemos observar los valores de los componentes de las aguas residuales y el valor de concentración.

Tabla 1. Composición de las aguas residuales domésticas

Componente	Unidad	Concentración		
		Fuerte	Media	Débil
Sólidos totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos disueltos totales	mg/l	850	500	250
Sólidos disueltos fijos	mg/l	252	300	145
Sólidos disueltos volátiles	mg/l	325	200	105
Sólidos suspendidos	mg/l	350	220	100
Sólidos suspendidos fijos	mg/l	75	55	20
Sólidos suspendidos volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos sedimentables	mg/l	20	10	5
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	400	220	110
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno Total	mg/l	85	40	20
Nitrógeno orgánico	mg/l	35	15	8
Nitrógeno amoniacal	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo total	mg/l	15	8	4
Fósforo orgánico	mg/l	5	3	1
Fósforo inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Sulfatos	mg/l	50	30	20
Alcalinidad en CaCo <sub>3</sub>	mg/l	200	100	50
Aceites y grasas	mg/l	150	100	50
Coliformes fecales	NMP/100 ml	10 <sup>7</sup> a 10 <sup>9</sup>	10 <sup>7</sup> a 10 <sup>8</sup>	10 <sup>6</sup> a 10 <sup>7</sup>

Fuente: (Mendonca, 2000)

## **1.6. Características físicas del agua residual doméstica**

(Ayala, 2008) sostiene que las características más importantes de las aguas residuales domésticas es su contenido total de sólidos, el cual está compuesto por materia flotante y materia en suspensión, en dispersión, coloidal y en disolución. Otras características físicas son la temperatura, turbiedad, densidad, color y olor.

### **1.6.1 Sólidos**

(Metcalf y Eddy, 2003) citado por (Idrovo, 2013) manifiesta que una de las características más importantes del agua residual es el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, materia sedimentable, materia coloidal y disuelta. Las características físicas del agua se ven modificadas según varíe su contenido total de sólidos, no supera normalmente las 1.000 ppm (partes por millón) en las aguas residuales urbanas. De acuerdo a su composición los sólidos presentes en aguas residuales son: orgánicos e inorgánicos.

**a) Sólidos orgánicos.-** Para (Orozco, 2005) proceden de la actividad humana, siendo de origen animal y vegetal. Contiene principalmente carbono, hidrógeno, oxígeno, así como nitrógeno, azufre, fósforo y potasio. Son los contaminantes mayoritarios en los vertidos urbanos y vertidos generados en la industria agroalimentaria; estos sólidos están sujetos a la descomposición por la actividad biodegradable de los microorganismos, bacterias, protozoos y hongos. Mientras mayor sea la concentración de sólidos orgánicos, se hablara de aguas servidas fuertes. Según (Campos, 2003) los compuestos orgánicos que aparecen en las aguas residuales son: Proteínas, proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios; son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores. También carbohidratos, incluimos en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas; proceden, al igual que la proteínas, de excretas y desperdicios. Por último aceites y

grasas son altamente estables, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.

**b) Sólidos inorgánicos.-** (Jiménez, 2005) sostiene que son sustancias inertes no biodegradables, tales como: arenas, tierras, metales y sales minerales; son más abundantes en los vertidos generados por la industria. Cuando existe poca cantidad de sólidos orgánicos y mayor de inorgánicos se habla de aguas servidas débiles. La clasificación de los diferentes tipos de sólidos identificados se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Clasificación de los diferentes tipos de sólidos

<b>Definiciones para sólidos encontrados en agua residual</b>	
Sólidos Totales (ST)	Residuo remanente después que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103 °C a 105 °C)
Sólidos volátiles totales (SVT)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los ST son calcinados a (500 °C ± 50 °C)
Sólidos fijos totales (SFT)	Residuo que permanece después de incinerar los ST (500°C ± 50 °C)
Sólidos suspendidos totales (SST)	Fracción de ST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico medido después de que ha sido secado a una temperatura específica.
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	Estos sólidos pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SST son calcinados a (500 °C ± 50 °C)
Sólidos suspendidos fijos (SSF)	Residuo remanente después de calcinar SST a (500 °C ± 50 °C)
Sólidos disueltos totales (SDT)	Sólidos que pasan a través del filtro y luego son evaporados y secados a una temperatura específica.
Sólidos disueltos volátiles (SDV)	Sólidos que pueden ser volatilizados e incinerados cuando los SDT son calcinados a (500 °C ± 50 °C)
Sólidos disueltos fijos (SDF)	Residuo remanente después de calcinar los SDT a (500 °C ± 50 °C)
Sólidos sedimentables	Sólidos que sedimentan en el fondo de un recipiente cónico (cono Imhoff) durante un periodo de 45 minutos; estos son expresados en mg/l y representa la cantidad de lodo removible por sedimentación simple.

**Fuente:** Adaptado de (Glynn et al., 1999 y Orozco, 2005)

### **1.6.2 Temperatura**

(Metcalf y Eddy, 1995) citado por (Borja, 2011) sostiene que la temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que el aire de suministro, hecho principalmente debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y de los diferentes usos industriales. Dado que el calor específico del agua es mucho mayor que el aire, las temperaturas registradas de las aguas residuales son más altas que la temperatura del aire durante la mayor parte del año, y solo son menores que ella durante los meses más calurosos de verano. La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y las velocidades de reacción, así como sobre la actitud del agua para ciertos usos útiles.

Para (Aguilar et al., 2002) el oxígeno es menos soluble en el agua caliente que en agua fría. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas que producen un aumento de la temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente de agotamiento de las contracciones de oxígeno disuelto durante los meses de verano. Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 °C y 35 °C.

### **1.6.3 Color**

(Contreras y Molero, 2009) manifiestan que el agua residual reciente suele tener un color gris; sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado, los compuestos orgánicos son descompuestos por las bacterias, el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce a cero y el color cambia gradualmente de gris a gris oscuro para finalmente adquirir color negro. En esta condición se dice que el agua residual es séptica ya que se produce putrefacción.

Para (Rigola, 1989) según el origen del color los principales tratamientos de eliminación pueden ser la coagulación y filtración, la cloración y la adsorción en carbón activado

#### **1.6.4 Olor**

(Ramos et al., 2002) sustentan que la mayoría de los olores presentes en las aguas residuales son debidos a gases producidos o liberados productos de biotransformación de materia orgánica. Esta materia orgánica generalmente se deposita en el fondo de estanques o de contenedores creando condiciones propicias para que los organismos anaerobios (bacterias) produzcan gases. El olor más característico del agua residual séptica es el del sulfuro de hidrógeno producido por los microorganismos anaerobios que reducen los sulfatos a sulfitos. El sulfuro de hidrógeno tiene un olor característico a “huevos dañados”, aunque hay otros olores como el amoniacal, fecal, “olor a pescado”, etc. Para (Acosta, 2008) el olor radica principalmente en el grado de incomodidad que produce, así como efectos tóxicos que pueden producir las sustancias responsables de este; generalmente la percepción de un olor de aguas residuales ocasiona pérdida de apetito, disminución en el consumo de agua, respiración agitada, náusea o vómito.

#### **1.6.5 Turbiedad**

(Jiménez, 2005) menciona que la turbiedad es debida a la existencia en el agua de materia en suspensión de pequeño tamaño: limos, arcillas, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos cuanto mayor es, mayor es la contaminación del agua; las aguas subterráneas suelen tener valores inferiores a 1 ppm (una parte por millón) de sílice. (Rigola, 1989) manifiesta que actualmente el método más usado para determinar la turbiedad es el nefelómetro, en el cual se mide la turbiedad en unidades NTU (unidad nefelométrica de turbidez), se compara la intensidad de la luz dispersada por

la muestra, con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones; entre mayor sea la intensidad de la luz dispersada mayor será la turbiedad. La turbidez se elimina mediante procesos de coagulación, decantación y filtración.

#### **1.6.6 Densidad**

(Metcalf y Eddy, 1995) citado por (Borja, 2011) sustenta que la densidad de una agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresada en  $\text{kg/m}^3$ ; es una característica física importante del agua residual, dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad de fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. (Gil, 2006) sostiene que la densidad de las aguas residuales domésticas que no contengan grandes cantidades de residuos industriales es prácticamente la misma que la del agua limpia a la misma temperatura.

### **1.7. Características químicas del agua residual doméstica**

Dentro de las características químicas del agua residual doméstica se tiene las siguientes: Materia orgánica, pH, alcalinidad, oxígeno disuelto, nitrógeno, fósforo, aceites y grasas, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ).

#### **1.7.1 Materia orgánica**

(Romero, 2000) citado por (González, 2011) manifiesta que la materia orgánica proviene de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están conformados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia en determinados casos de nitrógeno; también están presentes otros compuestos como el fósforo (P), azufre (S), hierro (Fe), etc.

(Baird, 2001) menciona que también pueden estar presentes otros elementos como el azufre, fósforo o hierro. Los principales

grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40 – 60%), hidratos de carbono (25 – 50%), grasas y aceites (10%). Otro compuesto orgánico con importante presencia en el agua residual es la urea, principal constituyente de la orina. No obstante, debido a la velocidad del proceso de descomposición de la urea, raramente está presente en las aguas residuales que no sean muy recientes.

### **1.7.2 Potencial hidrógeno (pH)**

(Sánchez y Gándara, 2011) sustenta que la concentración del ion hidrógeno es un importante parámetro de calidad tanto de las aguas naturales como de las aguas residuales, mide la magnitud de acidez o alcalinidad del agua; cuando una sustancia tiene un valor pH 0 a 7 significa que es ácida, si el pH es de 7 a 14 indica alcalinidad, mientras que un valor de pH de 7 indica neutralidad. Para (Orozco, 2005) es importante mencionar que el intervalo de pH adecuado para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, normalmente entre pH 5 y 9.

### **1.7.3 Alcalinidad**

(Gil, 2006) menciona que la alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el potasio o el amoníaco. Entre todos ellos, los más comunes son el bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio. Para (Rigola, 1989) la alcalinidad es útil en el agua natural y en las aguas residuales porque proporciona un amortiguamiento para resistir los cambios en el pH. Normalmente, el agua residual es bastante alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento; la alcalinidad es un parámetro esencial de la calidad de un agua y está relacionada con los procesos de nitrificación y desnitrificación. La alcalinidad presente se expresa en términos de carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ .



#### **1.7.4 Oxígeno disuelto**

(Camaren, 2000) citado por (Minga y Coronel, 2008) asegura que uno de los factores más importantes para la vida en el agua es la cantidad de oxígeno que esta contenga en disolución; esta cantidad puede ser incrementada por captación y difusión a través de la superficie del agua, por la acción fotosintética o por el descenso de temperatura. Sin embargo también puede disminuir por la respiración de los organismos, por elevación de la temperatura o por reacciones químicas; por lo que la contaminación de cualquier tipo suele provocar una disminución de concentración de este gas en el agua. Para (Sánchez et al., 2007) el oxígeno disuelto (OD) es necesario para los procesos de oxidación de los microorganismos aeróbicos, así como para otras formas de vida; evitando la formación de olores desagradables en las aguas residuales.

#### **1.7.5 Nitrógeno**

Para (Orozco, 2005) el nitrógeno normalmente está presente como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) (su presencia se debe a los compuestos nitrogenados utilizados en la agricultura y en la industria química como por ejemplo el uso de fertilizantes y detergentes), nitrógeno orgánico (es aportado a través de las excretas humanas), nitritos y nitratos (son altamente tóxicos para peces y demás seres acuáticos, los nitritos pueden estar presentes en las aguas, bien por la oxidación del amoníaco o por la reducción de los nitratos); el conocimiento de estos parámetros es de importancia para determinar las propiedades de biodegradabilidad del desecho. El nitrógeno es esencial para el crecimiento de protistas y plantas especialmente algas y bacterias, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimulantes.

(Ramos et al., 2002) manifiestan que debido a que el nitrógeno es esencial en las síntesis de proteínas, es necesario conocer la cantidad y tipo de nitrógeno existente en un agua residual para poder

evaluar su tratabilidad por medios biológicos. Aguas con pequeñas cantidades de nitrógeno pueden requerir la adicción de este para hacerle tratable biológicamente. Cuando es necesario controlar el crecimiento de algas en los sistemas de tratamiento o en los canales por donde fluye este tipo de agua, se recomienda la disminución de la concentración de nitrógeno de las aguas antes de ser descargadas a los sistemas recolectores.

Para (Metcalf y Eddy, 1996) citado por (Bermeo y Santín, 2010) el tipo de nitrógeno que se encuentra en aguas residuales frescas generalmente esta combinada con materia proteica y urea, por la acción de descomposición bacteriana rápidamente se modifica a forma amonio; la edad o antigüedad de un agua residual puede estimarse por la cantidad de amonio presente. En condiciones aerobias, las bacterias pueden oxidar el nitrógeno amoniacal a nitritos y nitratos; el predominio de nitratos en aguas residuales es indicativo de la estabilización respecto a la demanda de oxígeno. Generalmente los nitratos en aguas residuales varían entre 0 y 20 mg/l.

#### **1.7.6 Fósforo**

Para (Villaseñor, 2001) el fósforo (P) en las aguas residuales proviene principalmente de los desechos humanos, actividades industriales, detergentes sintéticos y productos de limpieza.

(Romero, 1999) citado por (Muñoz, 2008) manifiesta que el fósforo (P) es un nutriente esencial para el crecimiento de algas y bacterias; actualmente es considerado como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de las algas, las cuales requieren fósforo (P) para su crecimiento; el fósforo presente en el agua residual puede dividirse en las siguientes fracciones: Ortofosfato inorgánico soluble, fosfatos condensados y fósforo orgánico soluble. En aguas residuales domésticas la concentración de fósforo (P) es de 1 a 15 mg/l; en aguas de drenaje agrícola entre 0,05 a 1 mg/l y en aguas superficiales de lagos entre 0,01 a 0,04 mg/l.

### **1.7.7 Grasas y aceites**

Para (Sainz, 2007) las grasas son los compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, están presentes en las aguas residuales domésticas debido al uso de manteca, grasas y aceites vegetales en cocinas, las grasas provocan mal olor, formaciones de espuma e inhiben la vida de los microorganismos acuáticos, además provocan problemas de mantenimiento y pueden obstruir los conductos. Según (Romero, 1999) citado por (Muñoz, 2008) las grasas y los aceites son muy difíciles de transportar en las tuberías del alcantarillado, reducen la capacidad del flujo de los conductos, son difíciles de atacar biológicamente y generalmente se requiere su remoción en plantas de tratamiento. Además las grasas y aceites afectan adversamente a transferencia de oxígeno del agua a las células e interfieren en su desempeño dentro del proceso de tratamiento biológico aerobio.

### **1.7.8 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

Según (Gil, 2006) manifiesta que es la estimación de la cantidad de oxígeno requerido en mg/l, en una población bacteriana heterogénea, para la oxidación biológica aerobia de la materia orgánica que está presente en el agua residual. En general se refiere al oxígeno consumido por las bacterias en un periodo de cinco días a 20 °C de temperatura. Donde la oxidación se realiza en dos etapas: En la primera etapa se oxidan los compuestos carbonaceos, y en la segunda, los compuestos nitrogenados.

### **1.7.9 Demanda química de oxígeno (DQO)**

El instituto ecuatoriano de normalización (INEN, 1992) sostiene que es la medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica (carbonacea) del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio en una prueba que dura dos horas; este parámetro no puede ser

menor que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), ya que es mayor la cantidad de sustancias oxidables por vía química que por vía biológica.

## **1.8. Características biológicas del agua residual doméstica**

(Acosta, 2008) manifiesta que una de las razones más importantes para tratar las aguas negras o servidas es la eliminación de todos los agentes patógenos de origen humano presentes en las excretas con el propósito de cortar el ciclo epidemiológico de transmisión. Estos son entre otros: Coliformes totales, Coliformes fecales, Protozoos, Bacterias y Virus.

### **1.8.1 Coliformes fecales**

Para (Pascual, 1992) citado por (Páez, 2009) son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* se encuentra únicamente en las excretas; los coliformes se introducen en gran número al ambiente, por las heces de los humanos y los animales, son microorganismos indicadores de contaminación del agua con heces fecales. (Jiménez, 2001) menciona que en la actualidad los coliformes fecales se definen como todos aquellos bacilos aerobios, anaerobios facultativos, gram negativos, no esporulados capaces de producir aldehídos a partir de la fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas en 24 horas a 45,5 °C.

### **1.8.2 Coliformes totales**

Para (World, 1987) los coliformes totales comprende la totalidad del grupo coliforme y tenemos los siguientes géneros: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*; a diferencia de los coliformes fecales que comprende solo los de origen intestinal. Algunas especies coliformes son asociadas frecuentemente a desechos vegetales o pueden ser habitantes comunes del suelo o de aguas superficiales.

### **1.8.3 Bacterias**

(Glynn et al., 1999) menciona que las bacterias son organismos procariotas unicelulares; su reproducción se efectúa mediante la fisión binaria (división), esta puede ser sexual o por gemación. Las bacterias componen la mayor parte de los microorganismos presentes en las aguas residuales. (Moreno, 2007) citado por (Villacis, 2011) sostiene que las bacterias para su desarrollo necesitan alimento como todos los organismos, éstas cuando se encuentran en las aguas residuales obtienen dicho alimento de las distintas sustancias presentes en el agua dando origen a compuestos más estables. Para (Brock, 2000) citado por (Villatoro, 2012) existen diversos tipos de bacterias que pueden ser: parásitas (proviene de las materias excrementicias que se vierten a las aguas residuales) se les conoce como patógenas porque producen enfermedades (cólera, tifoidea, disentería, e infecciones de carácter intestinal); o saprófitas son las que se alimentan de materia orgánica muerta, degradando los sólidos orgánicos, estas no son de origen patógeno y son de vital importancia en los procesos de tratamiento de las aguas residuales.

### **1.8.4 Protozoos**

(Crites, 2000 y Romero, 1999) citado por (Cabrera y Ortiz, 2005) coinciden que los protozoos se alimentan de bacterias y de otros microorganismos así como de materia orgánica, en particular son esenciales en los ríos debido a que mantienen un balance entre los diferentes grupos de microorganismos. (Delgadillo et al., 2010) sostiene que los protozoos son de gran interés debido a su impacto infeccioso sobre individuos con deficiencias en su sistema inmunológico, como es el caso de niños pequeños, personas de edad avanzada, individuos con cáncer y personas infectadas con el VIH (sida).

### **1.8.5 Virus**

(Seoanez, 1995) citado por (Cabrera y Ortiz, 2005) sostiene que los virus presentes en las aguas residuales provienen de excretas intestinales del hombre y de los animales domésticos, existen más de 100 clases diferentes de virus infecciosos en un gramo de heces humanas. (Glynn, 1999) manifiesta que los virus son microorganismos de origen patógeno causantes de enfermedades gastrointestinales, hepatitis, poliomielitis, etc. Los virus son indicadores de índices de contaminación microbiana del agua.

## **2. IMPACTOS AMBIENTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES**

### **2.1. Eutrofización de cuerpos hídricos naturales**

Para (López et al., 2010) la eutrofización es un fenómeno que sufren los ríos, lagos y embalses debido al enriquecimiento excesivo en nutrientes (nitrógeno y fósforo) de sus aguas, produciendo un crecimiento excesivo de plantas (algas) que consumen oxígeno y que al morir se pudren disminuyendo drásticamente la calidad del agua. (Pérez, 2002) sugiere que aceleran el proceso de eutrofización los vertidos humanos que llevan detergentes y desechos orgánicos, así como los vertidos ganaderos y agrícolas que aportan fertilizantes.

### **2.2. Agotamiento del contenido de oxígeno**

Para (Llorca et al., 2006) los organismos acuáticos necesitan del oxígeno disuelto en el agua para poder vivir; cuando se vierten a las aguas residuos que se oxidan fácilmente, bien por vía química o por vía biológica, se produce la oxidación con el consumo excesivo de oxígeno del medio; si el consumo de oxígeno es excesivo, se alcanza niveles por debajo del necesario para que se desarrolle la vida acuática, dándose una muerte masiva de seres vivos.

(Manahan, 2007) además se desprenden malos olores como consecuencia de la aparición de procesos bioquímicos anaerobios, que dan lugar a la formación de compuestos volátiles y gases; los malos olores provocan stress psicológico en los seres humanos, disminución del apetito, respiración inapropiada, náusea y vómito, también se dan efectos económicos negativos en lo referente a la desvalorización de la propiedad.

### **2.3. Daño a la salud pública**

Para (Valtueña, 2002) los vertidos de afluentes residuales a cauces naturales, fomentan la propagación de virus y bacterias patógenas que transmiten diversas enfermedades al ser humano, tales como: Hepatitis, fiebre tifoidea, cólera, amebiasis, etc. También se produce impacto escénico debido a la alteración de los componentes físicos, químicos y biológicos del ambiente, hay pérdida de la biodiversidad acuática y de áreas recreativas.

## **3. EL SUELO: CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN**

Uno de los aspectos fundamentales para seleccionar un tratamiento natural con aplicación directa sobre el terreno, implica realizar un estudio de caracterización fisicoquímica e hidráulica del suelo donde se producen de forma intensa los procesos responsables de la depuración de aguas residuales.

### **3.1. Características Físicas del Suelo**

Para (Crespo, 2004) las características físicas del suelo permiten conocer dos aspectos fundamentales la porosidad y la estructura de las cuales dependerá la permeabilidad del suelo; los ensayos para calificar el suelo son: Los límites de Atterberg, granulometría, textura, estructura.

### **3.1.1 Límites de Atterberg**

Según (Graux y Sanz, 1975) llamados también límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de suelos finos.

**a) Límite líquido:** Es cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse; para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.

**b) Límite plástico:** Es cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido; este ensayo mide la humedad más baja con la que pueden formarse cilindros de suelo de 3 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichos cilindros se desmoronen.

### **3.1.2 Granulometría**

Para (Crespo, 2004) la granulometría es la distribución de los tamaños de las partículas de un agregado; el método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúe como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices. El ensayo de granulometría nos permite determinar el tipo de suelo según una escala granulométrica.

### **3.1.3 Textura**

Para (Stocking, 2003) el análisis de la textura aporta información acerca de los factores principales que condicionan el comportamiento del suelo y zona no saturada como transmisor del fluido y depurador; las fracciones granulométricas finas, especialmente dentro de los rangos de limos finos y las arcillas, son las responsables de gran parte de los procesos de depuración y de retención de los sedimentos orgánicos que luego serán descompuestos por la actividad microbológica.



Según (Casanova, 2005) para determinar la clase estructural del suelo se utiliza el diagrama triangular de textura; el equipo utilizado es el hidrómetro, el cual se usa para determinar el porcentaje de partículas de suelos dispersados que permanecen en suspensión en un determinado tiempo, la cantidad de muestra necesaria para limos y arcillas es de 50 a 60 gramos de suelo (ver figura 2).

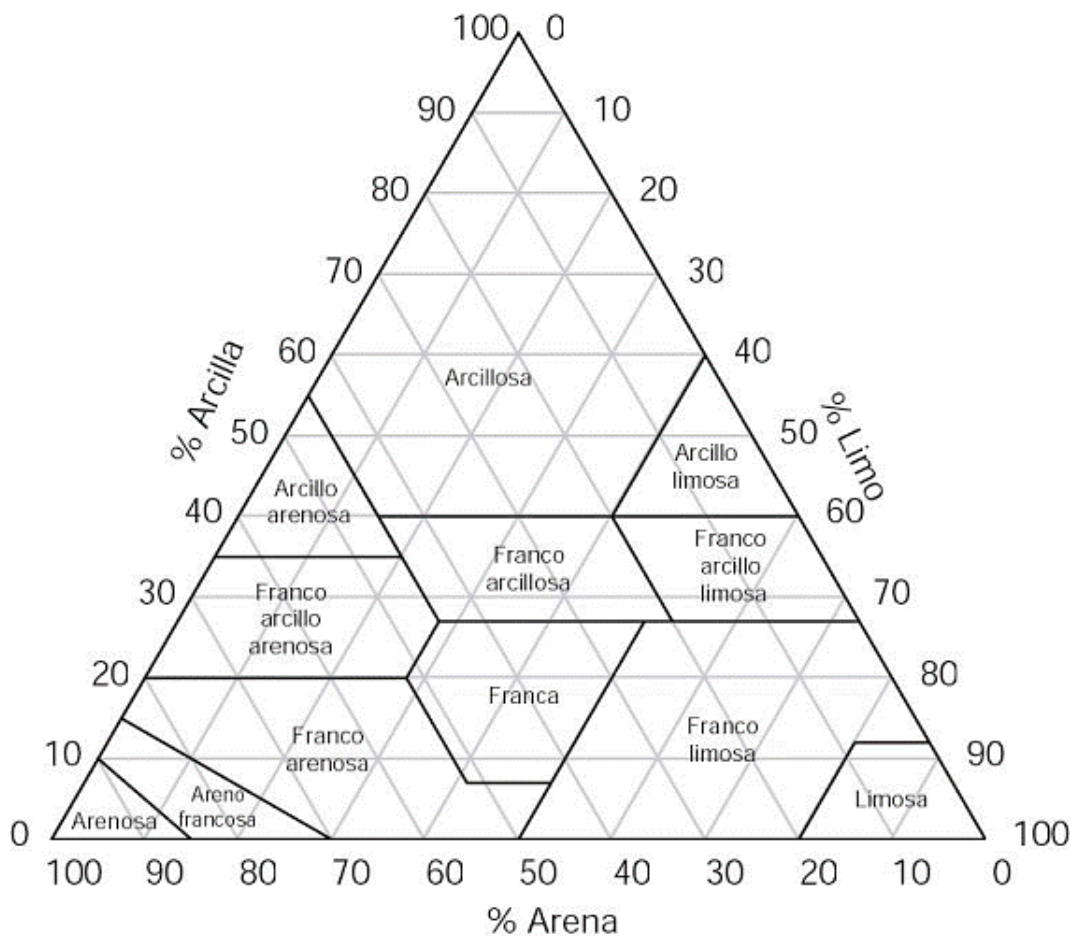


Figura 2. Triangulo textural  
**Fuente:** (Casanova, 2005)

### 3.1.4 Estructura

(Arias, 2001) manifiesta que la estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla; cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados.

Para la (FAO, 2000) observar la estructura del suelo es importante, permitiendo establecer la eficiencia de las arcillas en los procesos de infiltración sobre el suelo, ya que las arcillas mal estructuradas disminuyen la capacidad de infiltración del suelo. La forma estructural del suelo se determina con un examen visual in-situ, observando los estratos y que características de color presenta cada uno de ellos, mediante la excavación de una calicata.

### **3.2. Características químicas del suelo**

(Arias, 2001) sostiene que las características químicas del suelo influyen básicamente en la capacidad de depuración del suelo, así como los mecanismos de retención de ciertos constituyentes. Los análisis químicos incluyen: Capacidad de intercambio catiónico, pH, % de materia orgánica, nitrógeno total (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B) y azufre (S).

#### **3.2.1 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)**

Para (Domenech y Peral, 2006) todos los suelos presentan cargas negativas en la superficie de sus constituyentes; de acuerdo con el principio de electro-neutralidad, las cargas negativas en la superficie de los coloides son neutralizadas por una cantidad equivalente de cationes en la solución suelo, los que pueden quedar adsorbidos.

Según (Núñez, 1981) esta adsorción de cationes por el suelo, se caracteriza porque el ion es atraído electrostáticamente por las superficies cargadas de la fracción coloidal del suelo, formando complejos llamados esferas externas; la cantidad de iones que pueden ser adsorbidos de forma intercambiable en el suelo se llama capacidad de intercambio catiónico. Miligramos equivalentes de hidrógeno por cien gramos de coloide (Meq/100g)

Tabla 3. Interpretación de los rangos de CIC

<b>CIC (Meq/100g)</b>	
Absorción limitada	1 – 10
Absorción moderada	11 – 20
Absorción alta	>20

Fuente: (Romero, 2000)

### 3.2.2 pH

De acuerdo a (Seoánez, 2004) el pH cumple una de las funciones más relevantes influyendo de forma directa sobre los organismos del suelo; además, el pH está directamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes a través de su conexión al porcentaje de saturación de bases como el calcio y magnesio. En general el pH más apropiado para que la naturaleza tenga nutrientes disponibles, debe ser ligeramente ácido, del orden de 5,6 a 6,4.

Tabla 4. Interpretación de los rangos del pH

<b>Ph</b>	
Acido	5,5
Ligeramente acido	5,6 – 6,4
Prácticamente neutro	6,5 – 7,5
Ligeramente alcalino	7,6 – 8,0
Alcalino	8,1

Fuente: (Navarro, 2013)

### 3.2.3 Contenido de materia orgánica

Para (Tacuri et al., 2002) la materia orgánica es toda sustancia muerta en el suelo, proveniente de plantas, microorganismos, excreciones animales, etc.; indispensable para el mantenimiento del micro y mesovida del suelo, contribuye al crecimiento vegetal mediante sus efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; dentro de sus propiedades están las siguientes:

- Función nutricional la que sirve como fuente de nitrógeno y fósforo para el desarrollo vegetal.
- Función biológica la que favorece profundamente las actividades de organismos de micro flora y micro fauna.
- Función física y físico-química la que promueve una buena estructura del suelo, por lo tanto mejorando la aireación y retención de humedad e incrementando la capacidad amortiguadora y de intercambio de los suelos.

#### **3.2.4 Nitrógeno (N)**

Para (Campbell y Reece, 2007) el nitrógeno es el mineral que contribuye en mayor medida al crecimiento de las plantas y al rendimiento de los cultivos. Las pérdidas de nitrógeno en el suelo, debido al consumo de las plantas, también pueden producirse por desnitrificación y volatilización; la desnitrificación tiene lugar cuando la aireación es pobre y por la alta demanda de oxígeno. La volatilización del amoníaco ocurre con pH alcalinos y cuando hay una considerable aireación o movimiento de aire sobre el suelo.

#### **3.2.5 Fósforo (P)**

Según (Fassbender, 1983) la inmovilización del fósforo está relacionada con los constituyentes minerales del suelo. En suelos ácidos se debe a la formación de compuestos insolubles de hierro y aluminio, mientras que en suelos alcalinos la fijación se debe a compuestos insolubles de calcio.

#### **3.2.6 Potasio (K)**

(Manahan, 2007) menciona que la importancia del potasio en el suelo radica fundamentalmente en el cuidado de las plantas, en

general el suelo normalmente retiene el potasio y es usado por las plantas para tener más resistencia a las enfermedades.

### **3.2.7 Calcio (Ca)**

Para (Arias, 2001) el calcio es más común en suelos agrícolas procedentes de las rocas originarias, es un dominante de los cationes donde la mayor o menor cantidad se refleja en el grado de saturación de las arcillas, cuyo indicador es el pH del suelo; por lo general es absorbido por las plantas, además es utilizado como parte fundamental en la constitución de las sales en la solución del suelo.

### **3.2.8 Magnesio (Mg)**

Según (Arias, 2001) el magnesio también está presente en el suelo para ser absorbido por las plantas en forma de sales solubles; en términos generales el calcio y magnesio se encuentran disponibles como cationes de intercambio y la cantidad disponible tiene una relación directa con la meteorización de los minerales y el grado de lixiviación.

### **3.2.9 Hierro (Fe) y magnesio (Mn)**

(Casas, 2012) manifiesta que el hierro es el nutriente más abundante en casi todos los suelos, los óxidos hidratados de hierro (Fe) y magnesio (Mn) absorben metales pesados en forma específica y determinan su biodisponibilidad; también actúan en el intercambio catiónico ya que, dependiendo del pH pueden tener carga negativa en su superficie. Se ha demostrado que los óxidos de hierro y magnesio tienen mayor capacidad de adsorción de metales pesados que los óxidos de aluminio.

### **3.2.10 Cobre y zinc**

Para (Adams, 1995) son micronutrientes para las plantas, o sea que solamente son necesarias en cantidades relativamente bajas; es importante mencionar que a medida que se aumenta la

concentración del fósforo en el suelo, disminuye la absorción del zinc por las raíces de las plantas.

### **3.3. Características hidráulicas del suelo**

Según (Moreno, 2002) las características hidráulicas del suelo permiten conocer la cantidad de agua que puede ser infiltrada por unidad de superficie y por tanto, es determinante a la hora de establecer las dimensiones del sistema de depuración; dentro de estas características están la permeabilidad o capacidad de infiltración del suelo y la profundidad a la que se encuentra el nivel freático.

#### **3.3.1 Permeabilidad o capacidad de infiltración**

Para (Albert, 2012) la permeabilidad es la capacidad con la que el agua pasa a través del suelo y depende de la estructura y la textura del suelo, puede medirse en el laboratorio o en el terreno; en el laboratorio puede ser determinada a través de dispositivos llamados permeámetros por dos métodos: Por carga variable y por carga constante; y en el terreno por el ensayo in-situ de infiltración.

#### **3.3.2 Profundidad del nivel freático**

(Mariñelarena, 2006) sostiene que la profundidad del nivel freático es uno de los aspectos más importantes y limitantes a la hora de seleccionar una tecnología de depuración de las aguas residuales, ya que evidencia la presencia de aguas subterráneas y la posible contaminación de las mismas por el transporte de contaminantes desde el subsuelo, si el sistema de tratamiento no opera correctamente. También es importante considerar que el nivel freático varía estacionalmente con las lluvias, siendo recomendable conocer la variación del nivel en época de invierno y verano.

## **4. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS**

Para (Moreno, 2002) la relevancia del clima como factor regulador del medio natural y su incidencia sobre el ser humano y sus actividades, es innegable, uno de los aspectos importantes que sirven como criterio de selección de la tecnología adecuada de depuración del agua residual, es el estudio climatológico. La caracterización climatológica engloba cuatro factores que son de real importancia e indispensables en el proceso, éstos son: Precipitación, temperatura, evapotranspiración y viento; la evolución de los factores climáticos, constituyen datos necesarios para el cálculo de la escorrentía superficial que puede llegar a las instalaciones.

### **4.1. Precipitación**

Según (Moreno, 2002) la precipitación es un aporte más a los sistemas de tratamientos de aguas residuales, por ello es necesario contar con una descripción, tanto de las precipitaciones máximas, mínimas y medias mensuales, para cada año tipo, como de su distribución mensual.

### **4.2. Temperatura**

(Rolle, 2006) manifiesta que la evaporación directa supone un porcentaje no despreciable de la pérdida de agua; la temperatura ambiente influye directamente en la evaporación por lo que es necesario contar con un estudio de distribución de las temperaturas.

### **4.3. Evapotranspiración**

Para (Quereda, 2005) es un factor relevante para el diseño, proporcionando la información necesaria para conocer la pérdida de agua en la superficie cubierta completamente de vegetación; la evapotranspiración está constituida por las pérdidas totales, es decir: evaporación de la superficie evaporante (del suelo y agua) más transpiración de las plantas. La evapotranspiración es necesaria para realizar el balance total de pérdida de agua en las plantas de tratamiento.

#### **4.4. Viento**

(Martínez, 2010) menciona que el viento es un factor climatológico muy importante que junto a la temperatura influye en la posible generación de malos olores desde las plantas de tratamiento a las viviendas más cercanas; por tanto, en lo posible habrá que evitar situar las plantas de tratamiento de aguas residuales en lugares azotados por el viento. En el caso, poco frecuente, de aplicar el agua mediante aspersores es necesario evitar que el viento pueda arrastrar partículas de agua hacia la población o zonas de cultivo de consumo directo.

### **5. TRATAMIENTOS NATURALES DE AGUAS RESIDUALES**

Según (Moreno, 2002) los sistemas naturales de depuración de aguas residuales engloban los procedimientos en los que el tratamiento se debe a la acción combinada de la vegetación, el suelo y los microorganismos sin emplearse ningún tipo de agregado químico; sin embargo, es necesario realizar un tratamiento primario que retenga los sólidos y las grasas para optimizar la remoción de contaminantes.

(Crites y Tchobanoglous, 2000) citado por (Yépez, 2010) manifiesta que en los últimos años este tipo de tratamientos naturales han recobrado interés debido a sus ventajas económicas, reducido consumo energético, baja producción de fangos, fácil operación y mantenimiento con respecto a los sistemas convencionales, y que por tanto, se convierten en alternativas sostenibles para las pequeñas comunidades en donde, el reúso de afluentes tratados aplicados a la agricultura puede impulsar la producción agrícola y mejorar las condiciones económicas de los campesinos de estas zonas. Los principales tipos de sistemas de tratamiento en el terreno para aguas residuales se tiene: Infiltración rápida, infiltración lenta, escorrentía superficial, humedales: Flujo superficial o flujo subsuperficial.



### **5.1. Infiltración rápida (IR)**

Para (Durruti, 1976) citado por (Bermeo y Santín, 2010) la infiltración rápida conocida también como zanja de infiltración es un método de inundación del suelo (inunda la superficie y percola los poros del suelo), sin intervención de plantas, de permeabilidad media alta (con una capacidad de infiltración que oscila entre 60 y 200 cm/día) y textura gruesa, donde las superficies necesarias son relativamente pequeñas con cargas hidráulicas elevadas; apropiada para tratamiento de aguas residuales domésticas, este sistema de depuración se aplica principalmente en poblaciones menores a 5000 habitantes.

(Mariñelarena, 2006) menciona que para la instalación de este sistema es primordial: una pendiente de tres a diez por ciento (3 - 10 %) para evitar excesiva excavación de terreno, nivel freático a una profundidad de dos metros, permeabilidad del suelo rápida y de dos a veinte metros cuadrados de área de terreno por habitante (2 - 20 m<sup>2</sup>/hab.). La depuración se produce mediante los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar al atravesar el agua residual doméstica la zona no saturada. Por medio de este sistema se consigue la recarga artificial de acuíferos, y la posibilidad de reutilizar el agua tratada, recuperándola a través de zanjas o pozos. Según (Moreno, 2002) se alcanzan reducciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y de sólidos en suspensión alrededor del noventa por ciento (90%) y una elevada eliminación de patógenos, entre el setenta y noventa y cinco por ciento (70 - 95%).

### **5.2. Infiltración lenta (IL)**

Según (Metcalf y Eddy, 1998) la infiltración lenta debido a sus elevados requerimientos de espacio disponible generalmente se utiliza en poblaciones inferiores a 2500 habitantes. Consiste básicamente en la aplicación del agua residual doméstica sobre un terreno con vegetación para conseguir tanto el grado necesario de tratamiento como el crecimiento de la

vegetación existente, a través de la interacción del suelo, microorganismos y vegetación por medio de una triple acción: Física (filtración), química (intercambio iónico y fenómenos de óxido-reducción) y biológica (degradación de la materia orgánica); tiene lugar en los horizontes superiores del terreno, donde se encuentra una capa biológica activa. El proceso depurador consiste en aplicar mediante cualquier técnica convencional de riego (aspersores fijos o móviles) al agua residual doméstica pretratada para que se infiltre vertical y horizontalmente en el suelo y así abandonar sus contaminantes. Por tanto, el tratamiento se produce conforme el agua aplicada percola en el terreno.

Según (Moreno, 2002) para la instalación de este sistema es primordial: una pendiente menor al veinte por ciento (20%) en terrenos cultivados y menor al cuarenta por ciento (40%) en terrenos no cultivados, nivel freático a una profundidad de uno a quince metros (1 – 15 m), permeabilidad del suelo lenta o moderadamente rápida y de ocho a veinte metros cuadrados de área de terreno por habitante (8 - 20 m<sup>2</sup>/hab.). Con este sistema se consiguen reducciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de noventa por ciento (90%) y de sólidos en suspensión de noventa y cinco por ciento (95%), destacando además el alto rendimiento en eliminación de microorganismos patógenos, fósforo y compuestos nitrogenados más del ochenta por ciento (80%). Presenta, además la ventaja de no producir fangos. El principal inconveniente de este sistema de depuración es la gran extensión de terreno que requiere para su instalación.

### **5.3. Escorrentía superficial (ES)**

(López y Rodríguez, 2010) manifiestan que la escorrentía superficial es un sistema de depuración relativamente nuevo, poco empleado en Europa, siendo en Estados Unidos donde existe mayor número de instalaciones de este tipo en funcionamiento. El ámbito óptimo de aplicación se encuentra en poblaciones pequeñas, con menos de 500 habitantes.

Según (Moreno, 2002) el agua se depura por medio de procesos físicos, químicos y biológicos, al discurrir por suelos superficiales relativamente impermeables con cobertura vegetal para evitar la erosión. La escorrentía superficial es esencialmente un proceso biológico en el cual se aplica el agua residual sobre las zonas de un terreno donde fluye a través de la superficie vegetal hasta unas zanjas de recolección; a medida que el agua fluye sobre el suelo, una porción se infiltra, otra se evapora y el resto fluye a los canales de recolección. Para la instalación de este sistema es necesario: Suelos con permeabilidad lenta tales como arcillas y limos arcillosos, pendientes del orden de dos al doce por ciento (2 - 12%), superficies muy lisas para que el agua forme una lámina sobre el suelo y extensión necesaria de terreno entre diez y cuarenta y cuatro metros cuadrados por habitante (10 -44m<sup>2</sup>/hab.). El grado de tratamiento alcanzable es con buena reducción de nitrógeno y un bajo rendimiento en la eliminación del fósforo, remociones del noventa al setenta por ciento (90 al 70%) de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y los sólidos en suspensión.

#### **5.4. Humedales**

Para (Ideasameres, 2008) los humedales son sistemas de tratamiento natural por medios acuáticos, con profundidades de agua normalmente inferiores a cero coma seis metros (0,6 m) en los cuales las plantas y animales son los principales medios que intervienen en el tratamiento de aguas residuales domésticas, eliminando grandes cantidades de materia orgánica, sólidos, nitrógeno (N), fósforo (P). Los humedales artificiales son de superficie libre de agua (con espejo de agua), o de flujo subsuperficial (sin espejo de agua).

Para (Delgadillo et al., 2010) los humedales tienen tres funciones básicas que los hacen tener un atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales, son las siguientes:

- Fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica.
- Utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos
- Lograr niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y bajo mantenimiento.

#### **5.4.1 Humedales de flujo libre o superficial (HFL)**

(U.S. EPA, 2000) citado por (Rodríguez, 2009) sostiene que los humedales de flujo libre con espejo de agua son balsas, una ciénaga, pantano o canales paralelos con la superficie del agua expuesta a la atmósfera y el fondo constituido por suelo relativamente impermeable, en la que la vegetación está inundada hasta una profundidad de diez a sesenta centímetros (10 - 60 cm). (Romero, 2000) citado por (Yépez, 2010) para la instalación de este sistema es necesario: suelos arcillosos de baja permeabilidad, vegetación inundada hasta una profundidad de diez a sesenta centímetros (10 - 60 cm), la vegetación puede ser cañas o juncos, pendiente del terreno menor al cinco por ciento (< 5%), la profundidad del nivel freático no es un limitante y área requerida para el tratamiento es de dos coma cinco a nueve metros cuadrados por habitante (2,5 - 9 m<sup>2</sup>/hab.).

#### **5.4.2 Humedales de flujo subsuperficial (HFS)**

Para (Delgadillo et al., 2010) los humedales de flujo subsuperficial es un método acuático en el que el agua fluye por debajo de la superficie de un medio poroso de grava gruesa o de arena sembrado de plantas emergentes. Para la instalación de este sistema es necesario: suelos arcillosos relativamente impermeable, la profundidad del lecho va desde cincuenta centímetros a noventa centímetros (50 - 90 cm), pendiente del terreno menor al cinco por ciento (< 5%), la profundidad del nivel freático no

es una limitante y el área requerida por el tratamiento es de uno coma cinco a siete metros cuadrados por habitante (1,5 - 7 m<sup>2</sup>/hab.)

(Crites y Tchobanoglous, 2000) citado por (Minga y Coronel, 2008) menciona que este tipo de tratamiento tiene la ventaja de evitar posibles problemas de mosquitos y generación de malos olores, ya que el nivel del agua está por debajo de la superficie. Como desventaja, sin embargo presentan mayores costos por el medio de depuración (grava) y riesgo de taponamiento.

## **6. CONSIDERACIONES AMBIENTALES**

Para (Rojas, 2004) la conservación del medio ambiente y la protección de la salud pública son el propósito esencial del tratamiento de las aguas residuales. Se deben tomar en cuenta algunas consideraciones ambientales para garantizar que la planta de tratamiento no produzca contaminación en el aire (malos olores y ruido), el medio físico en lo referente al paisajismo, el suelo como medio depurador y el agua (subterránea o en los cauces). Según (Moreno, 2002) se debe corregir durante el funcionamiento de las instalaciones la producción de malos olores por factores como el viento y la temperatura y la proliferación de insectos que sean portadores de enfermedades. Al decidir la localización de la instalación, se debe evitar alterar el paisajismo de la zona, y generar un impacto visual desagradable a la comunidad.

## **7. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA PARA TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES**

(Restrepo et al., 2007) menciona que al seleccionar la tecnología más apropiada para tratar un vertido residual, el primer paso es realizar algunos estudios preliminares que implican un análisis completo del afluente que va a ser depurado con el fin de determinar el grado de contaminación existente, el nivel de calidad que se desea en el agua tratada de acuerdo al objetivo del tratamiento y el nivel económico de la población en donde se desarrolla el

proyecto, manteniendo el equilibrio coste-rendimiento, para que el tratamiento aplicado sea sostenible y eficiente.

Los factores a tener en cuenta en la forma de decisión final del tipo de tratamiento a implantar son los siguientes:

- Factores demográficos: población, servicio de agua potable y alcantarillado.
- Características del terreno: pendiente, profundidad del nivel freático.
- Características del medio receptor (suelo): Caracterización física-química e hidráulica.
- Características básicas del afluente: Carga orgánica, concentración bacteriana, metales, pesticidas, temperatura, caudales.
- Disponibilidad del terreno.
- Climatología: (precipitaciones, vientos, evapotranspiración, temperatura).
- Impacto ambiental.
- Costos de construcción, operación y mantenimiento.
- Eficiencia del tratamiento.

## **8. ZANJA DE INFILTRACIÓN**

Según (Moreno, 2002) la zanja de infiltración conocida también como infiltración rápida (IR), es un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en poblaciones menores a 5000 habitantes y se basa en su aplicación sobre suelos permeables (las texturas más comunes son las arenosas o arenosas- limosas), de forma que la mayoría del agua vertida se infiltra, depurándose mediante procesos físicos, químicos y biológicos a

través de la zona no saturada, llegando a las aguas subterráneas en condiciones de ser reutilizada. Para (Mantecón et al., 1991) este sistema es capaz de eliminar esencialmente todos los compuestos orgánicos biodegradables; los sólidos en suspensión y demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) entre el noventa al noventa y cinco por ciento (90 - 95 %), demanda química de oxígeno (DQO) entre el setenta al ochenta por ciento (70 - 80 %), patógenos (bacterias, virus, protozoos) entre el setenta al noventa y cinco por ciento (70 - 95 %), fósforo superior al cincuenta por ciento (50 %) y reducir considerablemente las concentraciones de nitrógeno y metales pesados entre el treinta al noventa y cinco por ciento (30 - 95 %); no es una buena técnica para la eliminación de contaminantes procedentes de la actividad industrial.

### 8.1. Componentes de la zanja de infiltración

Los componentes de la zanja de infiltración son: Tanque séptico, caja de distribución, campo de infiltración y lecho de secado de lodos (ver figura 3).

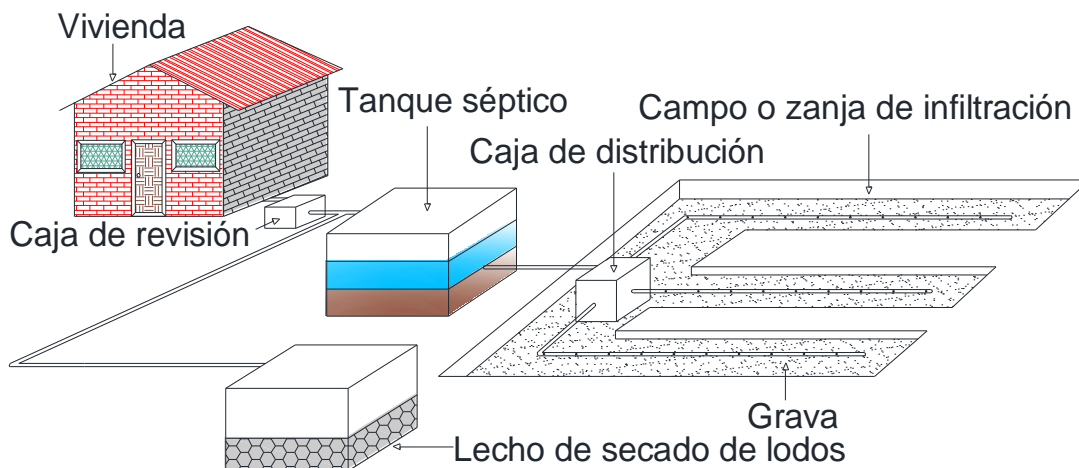


Figura 3. Componentes de la zanja de infiltración

**Elaboración:** El autor

#### **8.4.1 Tanque séptico**

El tanque séptico recibe las aguas negras provenientes del inmueble, separando los sólidos de los líquidos en dos cámaras de sedimentación. Según el (Ministerio de salud pública y asistencia social, 2009) los procesos que se efectúan dentro del tanque séptico son:

**a) Tratamiento biológico.-** Las aguas negras dentro del tanque se encuentran expuestas a la descomposición por efecto de la proliferación de bacterias anaeróbicas, las cuales se desarrollan en ausencia del aire, es decir de oxígeno libre elemental. Este tipo de descomposición que se lleva a cabo y que produce el tratamiento de aguas negras por condiciones anaeróbicas se denomina “séptico”.

**b) Almacenamiento de sólidos y natas.-** Los lodos se acumulan en el fondo del tanque, por el proceso de sedimentación; mientras que la nata flota hasta la superficie del líquido; los lodos y la nata son digeridos por las bacterias anaerobias, a través del tiempo de retención de 24 a 40 horas en el tanque séptico reduciendo su volumen.

#### **8.4.2 Caja de distribución**

(Villareal, 2000) menciona que este componente tiene como objeto distribuir el agua residual procedente del tanque séptico que facilite su repartición uniforme a cada uno de los ramales del campo de infiltración, para lo cual se colocaran todas las tuberías de salida a la misma altura que permita la inspección de las tuberías en caso de mal funcionamiento o de revisiones periódicas del sistema.

#### **8.4.3 Campo de infiltración**

Para (Crites y Tchobanoglous, 2000), citado por (Pastran y Millán, 2010) la zanja de infiltración, llamadas también campos de infiltración o de absorción, es uno de los sistemas de hidratación en el suelo, que constan de una serie de zanjas de poca profundidad, conformadas por:



grava, tubos perforados y tierra orgánica, más comunes de disposición in-situ de aguas residuales, las cuales son usadas desde principios del año 1900; son un elemento opcional utilizado para descargar el efluente de agua residual proveniente del tanque séptico u otro sistema de tratamiento previo. Dependiendo su eficiencia de la tasa de infiltración del subsuelo.

Según (Metcalf y Eddy, 1995) citado por (Pastran y Millán, 2010) el tratamiento en el medio permeable de las zanjas se produce por la combinación de una serie de mecanismos físicos, químicos y biológicos, porque aprovechan la actividad bacteriana del suelo e incrementan la oportunidad de absorción de fósforo (P), metales y patógenos (virus, bacterias, protozoos), además mayores remociones de demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS) y nitrógeno (N).

(Mariñelarena, 2006) manifiesta que las zanjas de infiltración no requieren de ningún tipo de mantenimiento y su vida útil dependerá de la granulometría del suelo, de la capacidad de infiltración, de la altura y variaciones del nivel freático y del correcto funcionamiento y limpieza del tanque séptico utilizado como tratamiento previo, que evitara el paso de sólidos a las zanjas de infiltración.

#### **8.4.4 Lecho de secado de lodos**

Para el Instituto ecuatoriano de normalización (INEN, 1992) los lechos de secado de lodo son generalmente el método más simple y económico de deshidratación de lodos estabilizados aeróbicamente por filtración y evaporación o anaeróbicamente (digestión anaeróbica). Previo al dimensionamiento de los lechos se calcula la masa y el volumen de lodos estabilizados, por año.

(Orozco, 2005) menciona que los lechos de secado de lodos son áreas cuadradas o rectangulares, construidos de mampostería, de concreto o de tierra (con diques), con una pendiente de 1 a 3% hacia el

canal central de drenaje, constituido por un macizo de piedra triturada de 0,20 a 0,30 metros de espesor formando tres capas, de granulometría decreciente desde abajo hacia arriba.

## **8.2. Recomendaciones al ubicar la zanja de infiltración**

Según (Mariñelarena, 2006) al ubicar la zanja de infiltración en un terreno es necesario tener en cuenta las siguientes pautas:

- Escoger una zona alta, donde la separación mínima entre el fondo de la zanja y el nivel freático sea de uno punto veinte metros (1,20 m) y no se formen charcos o se inunde cuando llueve.
- Mantener la mayor distancia posible desde la zanja de infiltración a cuerpos de agua superficiales (como lagunas o arroyos), a perforaciones de extracción de agua, a los límites del terreno y a las edificaciones propias y de los vecinos (ver tabla 5).
- Prever futuras construcciones o ampliaciones de la vivienda (como galpones o garajes). Aunque la cámara séptica y el terreno de infiltración están ubicados bajo tierra, hay que tener en cuenta que no se pueden hacer construcciones ni transitar con vehículos sobre ellos. El espacio ocupado por la zanja de infiltración podrá incorporarse al parque de la casa, ya que sobre ellos se puede caminar, circular en bicicleta, instalar un tendedero de ropa o cultivar un jardín.
- Dejar previsto, un área de reserva, para poder ampliar el campo de infiltración, por si este llegara a perder permeabilidad. Esta área de reserva también deberá respetar las distancias de seguridad recomendadas (ver tabla 5).

Tabla 5. Distancias mínimas de seguridad recomendables

<b>Distancia a:</b>	<b>Cámara séptica</b>	<b>Campo de infiltración</b>
Curso de agua superficial	15 m	15 m
Pozo de agua potable privado	15 m	30 m
Pozo de agua potable público	150 m	150 m
Líneas de aguas	3 m	8 m
Límites del terreno	1,5 m	1,5 m
Edificaciones	4,5 m	9 m

**Fuente:** (Mariñelarena, 2006)

### **8.2.1 Superficies de infiltración del campo de infiltración**

(Villareal, 2000) manifiesta que en las zanjas de infiltración, las superficies de infiltración son las dos paredes laterales y el fondo de la zanja. Sin embargo, antes de que las paredes laterales sean efectivas, es necesario que el desarrollo de la biopelícula en la superficie del fondo sea el suficiente como para provocar el encharcamiento de la zanja.

Esta biopelícula o también llamada capa biológica, se forma mientras que el efluente fluye continuamente hacia el suelo y los microorganismos digieren los componentes de las aguas residuales; esta biopelícula funciona como un filtro biológico y crece a medida que los microorganismos metabolizan la materia orgánica presente en el efluente. La capa biológica suele ser muy efectiva en la eliminación de virus y patógenos.

### **8.3. Prueba de Infiltración para el diseño del campo de infiltración**

Según (Mariñelarena, 2006) para determinar la capacidad de infiltración del terreno elegido, se realiza las siguientes actividades:

- Excavar como mínimo 6 pozos de 30 centímetros de diámetro y 60 centímetros de profundidad. No es muy importante que la forma y el diámetro de los pozos sean exactamente iguales, pero si la

profundidad, y deben estar distribuidos cubriendo el lugar destinado al ensayo de infiltración.

- Raspar las paredes de los pozos con un elemento filoso para eliminar la superficie compactada que deja la pala. Luego sacar la tierra suelta y colocar 5 centímetros de arena en el fondo del pozo y a 20 centímetros por encima de la arena, clavar una pequeña cuña de madera que servirá como marca de referencia para las mediciones de infiltración; llenar los pozos de agua y mantenerlos con agua por encima de la cuña durante 12 horas, para ello colocar una caneca con la tapa floja, que gotee y mantenga un aporte permanente de agua durante una noche.
- Armar un pequeño arco de madera, donde la varilla horizontal debe quedar fija, cruzada sobre la boca del pozo, a unos 35 centímetros por encima del nivel del terreno y por lo tanto a unos 70 centímetros por encima de la cuña clavada en la pared del pozo.
- Llenar el pozo de agua hasta la cuña de madera y medir con una cinta métrica leyendo los centímetros y milímetros, la distancia entre la superficie del agua y la varilla con la mayor precisión posible; anotar en una planilla la hora y la medida inicial del nivel de agua. Esperar 30 minutos, durante ese periodo de espera hacer lo mismo en los otros pozos, en forma sucesiva y ordenada.
- Cumplidos los 30 minutos medir otra vez en el pozo la distancia entre la varilla y la superficie del agua, anotamos en la planilla la hora y la medida 2 y llenar el pozo con agua hasta la cuña, repetir este procedimiento con el resto de los pozos y continuar hasta realizar seis (6) mediciones en cada pozo y completar la planilla; si las últimas tres medidas no difieren en más de medio centímetro (5 mm) entre sí (filtración constante), damos por terminado el ensayo, de lo contrario seguimos midiendo hasta lograr infiltración constante.

- Al final para llegar a la capacidad de infiltración del terreno, calcular las diferencias de cada medida con la medida inicial y anotarlas en una planilla, seguido calcular el promedio de las tres últimas diferencias; los 30 minutos transcurridos entre las mediciones se dividen por el promedio obtenido en cada pozo, esos resultados será el tiempo que tarda el suelo en absorber un cm de agua (min/cm) en cada pozo. Por último promediar los valores obtenidos en todos los pozos; ese promedio es el resultado del ensayo de infiltración. El terreno se considera apto si el tiempo para absorber 1 cm de agua está entre 2 a 24 minutos; si el resultado está fuera de ese intervalo, no se puede realizar este sistema de tratamiento de aguas residuales.

#### **8.4. Dimensionamiento de la zanja de infiltración**

Son los métodos de cálculo que se emplea, para dimensionar cada uno de los componentes de la zanja de infiltración.

##### **8.5.1 Método de cálculo del tanque séptico**

(González, s.f.) manifiesta que en los tanques sépticos de dos cámaras, la capacidad en volumen de la primera cámara debe ser igual a la mitad o dos terceras partes de la segunda; las partículas más ligeras en suspensión que han rebasado el primer compartimiento encuentran condiciones favorables en el segundo compartimiento para la sedimentación, sobre todo la descomposición anaerobia es muy rápida y la cantidad de sólidos sedimentables en la primera cámara es muy grande. La masa de lodos en la cámara suplementaria es más homogénea y tiene un mayor grado de floculación, por lo que se sedimentara más fácilmente; además, se genera menor cantidad de espuma. El efluente de un tanque séptico de doble cámara tiene menor cantidad de sólidos suspendidos, lo que hace favorable para los sistemas de infiltración y absorción.

(Rosales, 2008) manifiesta que la capacidad mínima del tanque séptico debe ser calculada para cinco habitantes por inmueble. El

método racional para calcular el apropiado funcionamiento de un tanque séptico en lugares de clima tropical establece, los medios analíticos para lograr la magnitud de cada uno de los volúmenes que son definibles del proceso que se lleva dentro de un tanque séptico, de esta manera se presenta: volumen para sedimentación, volumen para biodigestión, volumen para el almacenamiento de lodos y volumen total de líquidos para el tanque y dimensiones internas del tanque séptico.

**a) Volumen para sedimentación**

$$V_s = 10^{-3} (P) (Q) t_h$$

Dónde:

P = Población total de personas a atender

Q = Caudal de aguas a tratar (Lt/ha – día)

$t_h$  = Tiempo de retención hidráulica a considerar en este proceso (1 día)

**b) Volumen para biodigestión**

$$V_d = (0.5) (10^{-3}) (P * t_d)$$

Dónde:

P = Población total de personas a atender

$t_d$  = Tiempo de retención requerido para la biodigestión de la materia orgánica, que se calcula por la siguiente expresión:  $\{t_d = 28 (1.035)^{35-T}\}$ , en función de la temperatura en grados Celsius estimada del agua a tratar.

**c) Volumen para el almacenamiento de lodos digeridos**

$$V_a = 10^{-3} * r * P [n - (t_d / 365)]$$

Dónde:

r = factor que caracteriza las aguas y en consecuencia los lodos que producirán (cuando se enviaran todos los desechos líquidos de una vivienda  $r = 40 \text{ lt/ ha} - \text{año}$ ).

P = Población total de personas a atender.

n = Periodo entre limpieza o remoción de lodos que se desea definir en años.

$t_d$  = Tiempo de retención requerido para la biodigestión de la materia orgánica, se calcula con la misma fórmula anterior y en función de la temperatura estimada en grados Celsius del agua a tratar.

#### **d) Volumen total de líquidos en este tanque**

$$V_{TL} = V_s + V_d + V_a$$

Dónde:

$V_{TL}$  = Volumen total de líquido

$V_s$  = Volumen para sedimentación

$V_d$  = Volumen para biodigestión

$V_a$  = Volumen para el almacenamiento de lodos digeridos

De acuerdo al volumen total de líquido, obtenido en el cálculo se revisa la (tabla 6) y se toma el valor del ancho interno que esta dado; el resto de medidas sirven como referencia para comparar los valores obtenidos en los cálculos que se realice a continuación.

#### **e) Determinación de las dimensiones internas del tanque séptico**

- Se fija el ancho "a"
- Se deduce el valor de la longitud "l" =  $3 \times a$
- Obteniendo en consecuencia la profundidad de líquidos "h" =  $V_{TL}/(a * l)$ , definiéndola en un valor no menor a un metro (1 m)

Con estos datos se determina las dimensiones externas del tanque

- La losa inferior de concreto reforzado será de 15 cm de espesor.
- Las paredes de ladrillo de 15 cm de espesor; La tapa del tanque estará formada por placas de loza de 5 – 7 cm de espesor.
- El espacio libre sobre el nivel de los líquidos será entre 20 y 30 cm, para la formación de la costra de grasa.
- La tubería debe ser de PVC de 100 mm y la tubería de entrada debe estar 7 cm por encima del nivel de la tubería de salida; ambas tuberías de entrada y salida llevan piezas T's de PVC en posición vertical.
- En las T's, hacia arriba debe colocarse un pedazo de Tubería de 15 cm para permitir la ventilación y hacia abajo de 40 cm; el caño de salida debe contener un tapón y perforaciones de 3 mm o ranuras fabricadas con un serrucho.

Tabla 6. Dimensiones de tanques tipo que se proponen

<b>Características</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>
<b>MEDIDAS INTERNAS</b>							
Ancho: "a" (m)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,90	0,90	0,90
Largo "l" (m)	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,70	2,70
Profundidad líquidos: "h" (m)	<b>1,00</b>	<b>1,05</b>	<b>1,25</b>	<b>1,40</b>	<b>1,00</b>	<b>1,05</b>	<b>1,20</b>
Altura interna total (m)	1,30	1,30	1,50	1,70	1,30	1,30	1,50
<b>VOLUMEN LÍQUIDOS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,470</b>	<b>1,544</b>	<b>1,838</b>	<b>2,058</b>	<b>2,430</b>	<b>2,552</b>	<b>2,916</b>
<b>MEDIDAS EXTERNAS</b>							
Ancho: "A" (m)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,20
Largo "L" (m)	2,40	2,40	2,40	2,40	3,00	3,00	3,00
Altura "H" (m)	1,55	1,55	1,75	1,95	1,55	1,55	1,75
<b>OTRAS DIMENSIONES</b>							
Prolongación T's: "e"(m)	0,40	0,40	0,50	0,55	0,40	0,40	0,50
Espacio sobre agua. "s" (m)	0,30	0,25	0,25	0,30	0,30	0,25	0,30
Diferencia, entrada/salida "Δ" (m)	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075

**Fuente:** (Rosales, 2008)



### 8.5.2 Método de cálculo de la caja de distribución

El Instituto ecuatoriano de normalización (INEN, 1992) sostiene que las cajas de distribución pueden ser de forma rectangular, cuadrada o circular, siempre que la menor dimensión transversal no sea inferior a sesenta centímetros (60 cm).

### 8.5.3 Método de cálculo del campo de infiltración

(Rosales, 2008) manifiesta que con la tasa de infiltración (T) obtenida (min/cm) de la prueba de infiltración del terreno se deduce, la velocidad máxima de aplicación de aguas (m/s). Se procede a realizar la relación, la tasa de infiltración con la velocidad de infiltración, de acuerdo a los valores contenidos en la (tabla 7).

Tabla 7. Velocidad de infiltración

TASA DE INFILTRACIÓN T (min/cm)	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN Vp (m/seg)
2	$1,00 \times 10^{-6}$
3	$8,20 \times 10^{-7}$
4	$7,10 \times 10^{-7}$
5	$6,35 \times 10^{-7}$
6	$5,80 \times 10^{-7}$
7	$5,37 \times 10^{-7}$
8	$5,02 \times 10^{-7}$
9	$4,73 \times 10^{-7}$
10	$4,49 \times 10^{-7}$
11	$4,28 \times 10^{-7}$
12	$4,10 \times 10^{-7}$
14	$3,80 \times 10^{-7}$
16	$3,55 \times 10^{-7}$
18	$3,35 \times 10^{-7}$
20	$3,18 \times 10^{-7}$
22	$3,03 \times 10^{-7}$
24	$2,90 \times 10^{-7}$
25	$2,84 \times 10^{-7}$

Fuente: (Rosales, 2008)

**a) Área de infiltración (Ai)**

Con la comparación de los datos anteriores, se deduce el área de infiltración (Ai) requerida en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), según la siguiente ecuación.

$$A_i = \frac{Q_d}{V_p}$$

Dónde:

**Ai** = Área de infiltración que se requiere en zanjas (m<sup>2</sup>)

**Q** = Aporte de agua residual (m<sup>3</sup>/s)

**Vp** = Velocidad máxima de aplicación de agua (m/s)

**b) Área verde requerida (Ac)**

Adicionalmente, en este proceso de cálculo para definir el área del campo de infiltración requerido, se aplican otros factores; estos son coeficientes que se toman en consideración el efecto de la precipitación y el tipo de cobertura que tendrá la superficie donde estará colocada el área de infiltración. La aplicación de estos coeficientes, incrementa el valor anterior calculado como área de absorción, para obtener en consecuencia como nuevo dato, el valor de la superficie del terreno requerida para el campo de infiltración.

$$A_c = \frac{A_i \times F_p}{1 - r_c}$$

Dónde:

**Ac** = Área verde requerida (m<sup>2</sup>)

**Fp** = Factor de precipitación; 1 a 2,5

**rc** = Revestimiento superior; donde 0 con nada de cubrimiento la superficie del terreno y 1 al cubrirse (no puede ser 1, ya que la ecuación se indetermina).

### c) Perímetro efectivo (Pe)

La geometría de ese campo de infiltración calculado, se obtiene al fijarse características como: el ancho de la zanja y la profundidad de material filtrante graduado bajo las tuberías de drenaje. Según ese ancho y esa profundidad de material bajo los drenes, se obtiene un factor de corrección con el que se fija un nuevo parámetro, conocido como el perímetro efectivo (Pe). Para el (Conagua, 2013), la profundidad (D) de una zanja de infiltración es de 24" (60 cm) y el ancho (W) de la zanja de 12" (30 cm), el objetivo es el de obtener una área más grande en las paredes de los lados que en la base de la zanja, donde la posibilidad de que las paredes de la zanja se obstruyan es menor.

$$Pe = \frac{0,77 (W + 56 + 2D)}{W + 116}$$

Dónde:

Pe = Perímetro efectivo (m)

W = Ancho de la zanja (m)

D = Profundidad de la zanja (m)

### d) Longitud total de zanjas (Lz)

Rosales (2008), sostiene que la longitud total de las zanjas (Lz), se obtiene de la relación entre el área de absorción calculada (Ai) y el perímetro efectivo (Pe)

$$Lz = \frac{Ai}{Pe}$$

Dónde:

Lz = Longitud total de las zanjas (m)

Ai = Área de infiltración que se requiere en zanjas (m<sup>2</sup>)

Pe = Perímetro efectivo (m)

(Mariñelarena, 2006) menciona que el diseño de la zanja de infiltración se basa en los siguientes criterios técnicos:

- Se diseña de acuerdo a prueba de infiltración.
- El número mínimo de líneas de tubería será de dos, la longitud máxima de línea será de 30 metros y la separación mínima entre líneas de tubería es de uno punto ochenta metros (1,80 m).
- La pendiente de las tuberías será de 0.01- 0.025 metros por cada 10 metros.

También deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones de instalación:

- Debe respetarse las propiedades de absorción del suelo.
- Las tuberías deben ser de PVC, 4 pulgadas (4 ") y deberán ser perforadas con dos hileras laterales de orificios de 12-15 mm de diámetro, a cada 50 centímetros.
- No deben excavarse las zanjas cuando el suelo esté húmedo.
- El tamaño de grava a utilizar es de 0.6 - 6 centímetros. La altura mínima de grava a colocar bajo los tubos es de 0.30 metros.
- Se recomienda realizar de forma manual la excavación y la compactación sobrellenada con tierra de 0.10 a 0.15 metros.

#### **8.5.4 Método de cálculo del lecho de secado de lodos**

(Rosales, 2008) presenta las ecuaciones para calcular el volumen total del tanque séptico y en una de ellas la ecuación para calcular el volumen de almacenamiento de lodos digeridos, volumen de lodos que ira al lecho de secado. Convirtiendo este volumen ( $m^3$ ) a metros (m), se tiene las dimensiones (largo, ancho y altura) del lecho de secado de lodos.

Para el Instituto ecuatoriano de normalización (INEN, 1992) en los detalles de diseño del medio filtrante para la deshidratación de un lecho de secado de lodos, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El macizo de piedra triturada es de 0,3 metros de espesor; donde la arena es el medio filtrante y debe tener un tamaño efectivo entre 0,3 mm a 1,3 mm; de 0,10 m de espesor y un coeficiente de uniformidad menor que 5; debajo de la arena se debe colocar un estrato de grava graduada entre 1,6 mm y 51 mm (1/16” y 2”), de 0,2 m de espesor. Los drenes deben estar constituidos por tubos de 100 mm colocados debajo de la grava.
- Alternativamente se pueden diseñar lechos pavimentados con losas de hormigón o losetas prefabricadas, con una pendiente de 1,5% hacia un canal central de drenaje. La forma de estos lechos es de 5 m a 15 m de ancho, por 20 m a 45 m de largo.

## **8.5. Mantenimiento de la zanja de infiltración**

### **8.5.1 Mantenimiento del tanque séptico**

Según (Mariñelarena, 2006) debe realizarse mantenimiento preventivo al tanque séptico mediante la inspección periódica. Esto se hará a través de los registros (T's) que se dejan en la tapa superior; por ahí, e introduciendo una vara con “mechas” o pedazos de tela atadas en su extremo, es posible medir la cantidad de lodos acumulados en el fondo del tanque y el espesor de la capa de natas, esta actividad debe ejecutarse una vez al año.

(Rosales, 2008) menciona que debe realizarse la limpieza del tanque séptico al final del periodo de diseño (número de años para el almacenamiento de lodos) y en época de verano, por dos personas, con las precauciones y protecciones del caso, para esto quitar las tapas

superiores y mezclar el contenido del tanque para poder luego extraer material viejo más material fresco y natas simultáneamente. Esto es cuando las natas o los lodos estén muy cerca de la boca de la T's de salida y se esté corriendo el riesgo de que los lodos o natas se vayan hacia los drenajes. Del tanque séptico se debe extraer solamente el 80% de su contenido, dejando dentro de él un volumen equivalente al 20% del total, este material se deja como semilla de bacterias activas, para que el funcionamiento del sistema continúe con material biológico adaptado.

### **8.5.2 Mantenimiento del campo de infiltración**

Según (Mariñelarena, 2006) el terreno de infiltración no requiere mantenimiento, mientras no se vea aflorar agua en el terreno, si se ha seguido adecuadamente las instrucciones de diseño, esto solo ocurrirá en caso de obturación o rotura de la tubería PVC.

### **8.5.3 Mantenimiento del lecho de secado de los lodos**

El Instituto ecuatoriano de normalización (INEN, 1992) sustenta que en época de verano es conveniente, ubicar los lodos en el lecho de secado de lodos para su deshidratación con el propósito de eliminar el agua que contienen; el periodo de secado es entre tres y cuatro semanas para climas cálidos y entre cuatro y seis semanas para climas más fríos. (Rosales, 2008), manifiesta que luego de haber pasado la fase de secado, se recogerá y se utilizará como complemento para la preparación del suelo orgánico o en el acondicionamiento de cultivos domésticos. Esta acción agrícola es permitida siempre y cuando, no se determinen en los lodos secos elementos tóxicos o metales en cantidades significativas.

## **8.6. Ventajas y desventajas de la zanja de infiltración**

(Crites y Tchobanoglous, 2000) citado por (Yépez, 2010) menciona las ventajas que se obtiene al implementar una zanja de infiltración son: Rendimientos altos de depuración de demanda bioquímica

de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ) entre el 90 al 95 por ciento (%), demanda química de oxígeno (DQO) entre el 70 al 80 por ciento (%), patógenos (bacterias, virus, protozoos) entre el 70 al 95 por ciento (%), fósforo superior al 50 por ciento (%) y nitrógeno entre el 30 al 95 por ciento (%), bajo costo de operación y mantenimiento de las operaciones, no obliga el empleo de aditivos, no existen limitaciones climáticas, segura desde un punto de vista ambiental siempre y cuando se cumplan con las restricciones propias del método, reducida producción de fangos y el agua tratada es apta para riego.

Para (Moreno, 2002) las desventajas que presenta una zanja de infiltración son: Mantenimiento periódico de la superficie de aplicación, no es un buen sistema para la eliminación de contaminantes procedente de la actividad industrial, disposición del terreno de alta permeabilidad y no son operativos cuando existen pendientes mayores del 20%.

## **9. EXPERIENCIAS EN ZANJAS DE INFILTRACIÓN**

Se presenta una visión global de los trabajos más relevantes, en depuración de aguas residuales urbanas mediante infiltración directa sobre el terreno que se han llevado a cabo a lo largo de los últimos treinta años en el mundo.

### **9.1. Experiencia en otros países**

Según (Moreno, 2002) algunas experiencias datan ya desde la década de los años 1960. Los países en los que más ampliamente han experimentado esta técnica ha sido, Estados Unidos, el cual no tiene problemas de espacio para la ubicación de grandes instalaciones de infiltración. Los estudios realizados, han demostrado viabilidad tanto en efluentes primarios como secundarios.

(Bouwer et al., 1974 a, b) desarrollaron el proyecto conocido como “Flushing Meadows Project” en el que se investigaba el funcionamiento de una gran planta piloto de infiltración rápida (IR). Como

resultado se obtuvo un agua depurada de alta calidad, prácticamente sin demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), sólidos en suspensión ni coliformes fecales, así como una importante eliminación de fosfato y metales pesados, acompañada de la conversión de amonio a nitrato.

(Bouwer et al., 1980) demostraron que al hacer pasar un efluente secundario a través de 3,3 m de zona no saturada se conseguían reducciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) casi del 100%, de nitrógeno sobre el 30 - 65% y del fosfato sobre 40-80%. La eliminación de virus y coliformes fecales fue total. La carga hidráulica media del sistema fue de 121 m<sup>3</sup>/año con periodos de inundación y desecado de 2 a 3 semanas y de 10 a 20 días respectivamente.

(Kanarek et al., 1993) presentan un proyecto realizado en la región de Dan (Israel), que consistió en un sistema de tratamiento suelo-acuífero para la depuración y posterior reutilización de agua residual depurada. El sistema de tratamiento consistió en controlar el paso del efluente a través de la zona no saturada y del acuífero. Los datos de funcionamiento del proyecto mostraron que tras el tratamiento suelo-acuífero se consiguió la completa eliminación de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y sólidos suspendidos (SS), mientras que la reducción observada de fósforo (P) y de nitrógeno (N) fue del 50 y 99% respectivamente. El efluente depurado no contenía coliformes, bacterias (*Escherichia-coli*), ni virus y su calidad se reconoció como apta para el riego sin restricciones, para usos industriales, así como para otras aplicaciones no urbanas.

(Kanarek y Michail, 1996) llevaron a cabo un proyecto de tratamiento suelo-acuífero en la región de Dan (Israel). Los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios, tanto respecto a rendimiento en la depuración como económicamente. El agua depurada mediante este tipo de tratamiento cumplía los requisitos para uso agrícola y recreativo.



(Nema et al., 2001) realizaron un estudio piloto en Ahmedabad (India) para la depuración de efluentes primarios de agua residual urbana a través de un sistema de tratamiento suelo-acuífero. Los datos de funcionamiento indicaron que este sistema tenía un buen potencial para la eliminación de contaminantes orgánicos, nutrientes, así como bacterias y virus.

(Moreno Merino et al., 2000; 2001; 2002); (Murillo et al., 2001); (Fernández et al., 2001) realizaron un proyecto de investigación titulado: “Investigación del impacto sobre el medio ambiente de la técnica de depuración de aguas residuales urbanas mediante infiltración directa sobre el terreno. Empleo de un modelo experimental a escala real y simulación matemática”, financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Se determinó que la infiltración directa sobre el terreno es un sistema eficaz para la depuración de aguas residuales urbanas procedentes de pequeñas poblaciones, siempre que no contengan elementos no biodegradables. Desde un punto de vista ambiental se observa que todos los valores de impacto ambiental son compatibles, el impacto ambiental total de este tipo de proyectos se encuentra dentro de los moderados o bajos, el efecto sobre el paisaje y los usos del suelo son prácticamente nulos debido a la reducida dimensión de las instalaciones y además la aptitud agrícola del suelo mejora con la aplicación del agua residual tratada.

## **10. MARCO LEGAL PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ECUADOR**

Para estructurar el marco legal se ha revisado la Constitución de la República del Ecuador, Ley orgánica de salud, Ley de aguas, Ley de prevención y control de la contaminación ambiental y el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), libro VI anexo I.

## **10.1. Constitución de la república del Ecuador**

La Constitución vigente a partir del año 2008, rige como máxima Ley del Estado ecuatoriano; menciona en el **capítulo segundo derechos del buen vivir, sección primera agua y alimentación artículo 12**, el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. **En la sección segunda ambiente sano, artículo 14** manifiesta, se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*; de igual forma se declara de interés público la preservación del ambiente, conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la preservación del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. **El artículo 15** sustenta que el estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. **La sección séptima salud artículo 32 y el capítulo sexto derechos de libertad** indican, la salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación y nutrición, saneamiento ambiental, educación, la cultura física, vestido, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos. Y el **capítulo noveno responsabilidades artículo 83** menciona, que son deberes, responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos: Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

## **10.2. Ley orgánica de salud**

La ley orgánica de salud vigente a partir del año 2006, de manera general prohíbe la eliminación o descarga hacia el aire, el suelo o las aguas los residuos gaseosos, sólidos o líquidos sin que hayan tenido un tratamiento previo y esto a su vez sea causal para el deterioro de la

condición sanitaria de las personas que fueran afectadas por dichas descargas. En el **libro II salud y seguridad ambiental; capítulo II de los derechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes; artículo 103** menciona que, se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, con forme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias.

### **10.3. Ley de aguas**

La codificación de la ley de aguas vigente a partir del año 2004, manifiesta en el **título II capítulo I de la conservación artículo 21**, el usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizara las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio. **El capítulo II de la contaminación artículo 22** indica, se prohíbe toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna; de igual forma se concede acción popular para denunciar los hechos que se relacionen con contaminación del agua. La denuncia se presentará en la defensoría del pueblo.

### **10.4. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental**

La ley de prevención y control de la contaminación ambiental vigente a partir del año 1999 en el **capítulo VI de la prevención y control de la contaminación de las aguas artículo 6**, menciona que queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades. El ministerio de salud

fijara el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

**10.5. Texto unificado de la legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA), libro VI anexo I de la calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua**

Las normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua; en el **Literal 4.2.1.1** indica el regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. El **Literal 4.2.1.2** menciona que en la tabla número 12 de la presente norma, se establecen los valores de los límites máximos permisibles de los parámetros de descarga hacia el cuerpo de agua dulce (ver anexo 1). El **Literal 4.2.1.6** manifiesta que las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Y el **literal 4.2.3.2** indica que se prohíbe todo tipo de descarga en: Las cabeceras de las fuentes de agua, aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinara el concejo nacional de recursos hídricos (CNRH), concejo provincial o municipio local y todos aquellos cuerpos de agua que el municipio local, ministerio del ambiente, concejo nacional de recursos hídricos (CNRH) o concejo provincial declaren protegidos.

## **E. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1. MATERIALES**

Los materiales que se utilizaron para el presente proyecto de investigación fueron los siguientes:

#### **Materiales de campo**

Mascarilla, libreta de apuntes, apoya manos, bolígrafos, botellas plásticas de 3 litros, balde plástico de 4 litros, vasos plásticos de 100 ml, guantes quirúrgicos, fundas plásticas, botas de caucho, mochila.

#### **Equipo de campo**

Cronometro, cámara digital, GPS, recipiente hermético, celular

#### **Material de oficina**

Lápices, libreta de apuntes, tinta de impresión, papel A4

#### **Equipo de oficina**

Computadora, Internet, impresora, calculadora, cámara fotográfica, CD y USB.

#### **Materiales de Construcción**

Cemento, piedra, arena, graba de  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$ ", agua, ladrillo, duela de 0.05x0.20x2.80 m, clavos de 2 y 3", malla plástica 2 mm de abertura, geo membrana, tubo Pvc 4", codo Pvc 4", Tee Pvc 4", pega tubo  $\frac{1}{2}$  litro, hierro, alambre de amarre, canecas plásticas 40 litros, baldes plásticos 20 litros.

#### **Herramientas de Construcción**

Flexómetro de 5 m, 3 palas de punta, 1 barreta, tubo de piola fina, segueta, escuadra, vailejo, nivel, lápiz de albañilería, plomada, martillo, 2 carretillas, guantes, machete y taladro.

## 2. MÉTODO

### 2.1. Ubicación política y geográfica del área de estudio

Este proyecto de investigación se desarrolló en la cabecera parroquial de Chicaña del cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchi, Ecuador. El área de estudio geográficamente se encuentra localizado en las coordenadas UTM 750646 – 9587437, con una altitud promedio de 854 metros sobre el nivel del mar (msnm) (ver figura 4), en la parte Norte de la provincia de Zamora Chinchi, a una distancia de 15 Km y 20 minutos de recorrido en vehículo desde el cantón Yantzaza.

Nº	COORDENADAS UTM		ALTITUD msnm
	X	Y	
1	0750646	9587437	854

Figura 4. Coordenadas geográficas de localización del área de estudio  
Fuente: El autor

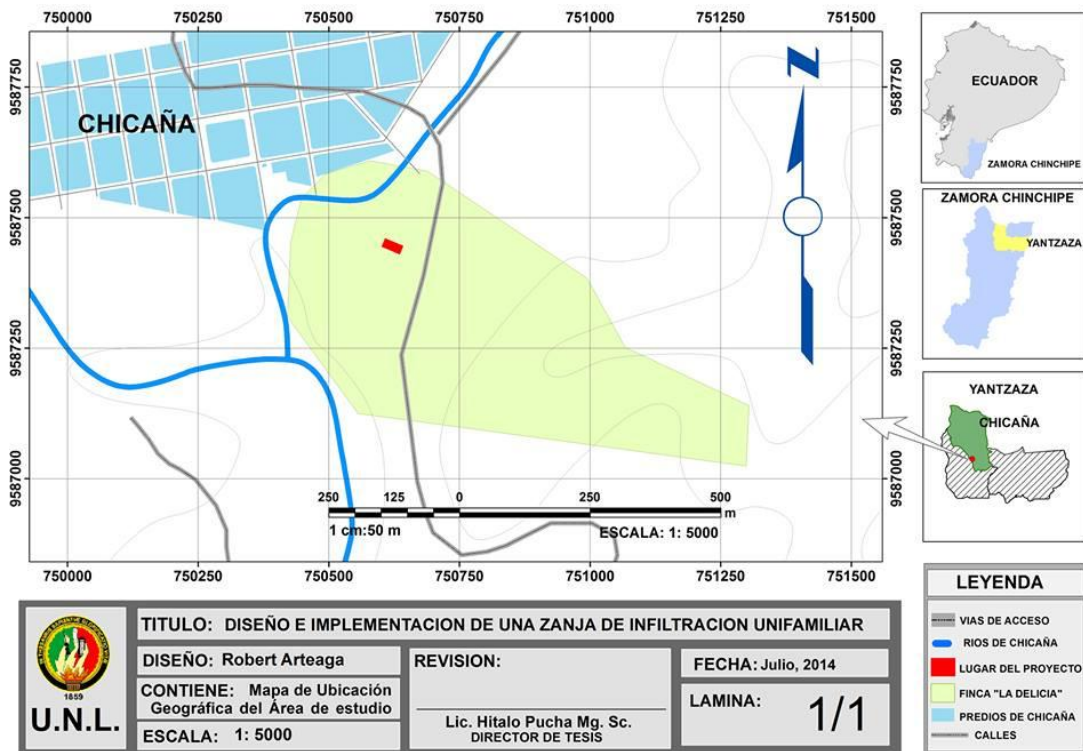


Figura 5. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio  
Fuente: PDOTP - Chicaña, 2011

## **2.2. Aspectos biofísicos y climáticos**

### **2.2.1 Topografía**

La parroquia Chicaña en la gran mayoría de las partes altas y medias presentan una topografía altamente irregular con pendientes que varían desde el 20 al 70% y en las partes bajas presenta una topografía plana con bajos relieves de mínima altitud (PDOTP Chicaña, 2011).

### **2.2.2 Suelo**

De acuerdo al Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquial de Chicaña (PDOTP Chicaña, 2011) la parroquia en las partes altas y medias presenta un suelo de textura arcilloso limoso de color rojizo y de consistencia dura en espacio intervenido; en tiempos de lluvia se toma pegajoso y en temporal de verano se forman grietas, lo cual dificulta obtener una buena producción agrícola; mientras que en las áreas planas se encuentra un suelo de textura franco arenoso de color café oscuro que se caracteriza por ser rico en materia orgánica y nutrientes, su consistencia es más suave por la humedad de la zona, lo hace propicio para la agricultura. El destino actual del uso del suelo es distribuido de la siguiente manera: Habitacional, agrícola, ganadera, turismo y reserva territorial.

### **2.2.3 Hidrología**

En la parroquia Chicaña la mayoría de los barrios cuenta con micro cuencas que se desplazan desde las alturas de las montañas, además se encuentra cercado por dos majestuosos microcuencas que es el río Chicaña, que está ubicado al oeste de la parroquia y que se desplaza desde las alturas del barrio La Unión denominado cordillera de Mankaurku, cruzando por los barrios: Anguash y San Vicente desembocando en el río Zamora y al este de la parroquia el río Kunki, que se desplaza desde la cordillera El Oso, atravesando los barrios: El Tayo, San Luis, Chanzas y la Orquídea desembocando en el río Zamora (PDOTP Chicaña, 2011).

## 2.2.4 Flora

El Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquial (PDOTP Chicaña, 2011) muestra que existe en la parroquia una diversidad vegetal debido a la enorme humedad natural del suelo, en las partes altas se puede encontrar bosques que están densamente poblados de una gran diversidad de especies de árboles que son organismos fuertes de oxígeno que ayudan a mantener el equilibrio ecológico de la zona; en las partes medianas y bajas se encuentra especies de árboles en pequeño porcentaje. A continuación se muestra una lista de las especies maderables endémicas de la parroquia.

Tabla 8. Especies maderables de la parroquia Chicaña

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Arabisco	Jacaranda copaia	Blgnonaceae
Aguacatillo	Beilschmedia SP	Lauraceae
Bella maría	Vochysia SP	Vochysiaceae
Balsa	Ochroma piramidal	Mombacácea
Canelo	Nectandra aromatica	Lauraceae
Copal	Dacroydes occidentalis	Burserácea
Chimi	Pseudolmedia SP	Moraceae
Cedro	Cedrela SP	Meleaceae
Higuerón	Ficus SP	Moráceae
Macairo	Trichilia SP	Meleaceae
Maní de árbol	Caryodendron SP	Euphorbiaceae
Guayacán	Tabebuia chrysantha	Bignonaceae
Almendro	Platymiscium pinnatum	Fabaceae
Pituca	Claricia racemosa	Moraceae
Sangre	Croton mutizianus	Euphorbiaceae
Yarazo	Pouteria AFF	Zaptaceae
Yumbingue	Terminalia amazonia	Combretaceae
Gualtaco	Tabebuia SP	Bignonaceae
Forastero	Endlicheria Formosa	Lauraceae
Laurel	Cordia alliodora	Boraginaceae
Seique	Cedrelinga cateniformes	Caesalpinaceae

**Fuente:** (PDOTP Chicaña, 2011)



### 2.2.5 Fauna

El Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquial de Chicaña (PDOTP Chicaña, 2011) sustenta que junto a la exuberante vegetación conviven una gran cantidad de especies, animales y aves, muchos de ellos en peligro de extinción. Debido a la diversidad biológica que existe en esta parroquia la ha convertido en una de las parroquias más ricas en ecosistemas y especies animales (megadiverso). A continuación se presenta una lista de especies animales.

Tabla 9. Especies de animales silvestres de la parroquia Chicaña

CLASES DE MAMÍFEROS	
NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTÍFICO
Mono aullador	<i>Alouatasemiculum</i>
Mono chorito	<i>Logothrysspp</i>
Armadillo	<i>Dasypusnovemcinctus</i>
Conejo silvestre	<i>Sylvilagusbrasiliensis</i>
Ardilla	<i>Preuechimissemispinosus</i>
Guanta	<i>Agouti paca</i>
Guatusa	<i>Dasypractapunctata</i>
Sajino	<i>Coencluvicular</i>
Danta de oriente	<i>Tapirusterrestris</i>
Tigrillo	<i>Feligpardalis</i>
Amingo	<i>Glironiacriniger</i>
Oso hormiguero	<i>Myrmecophogatridentata</i>
Cuchucho	<i>Saginusilligeritripartitus</i>
Tigre	<i>Phonteraonca</i>
León de oriente	<i>Feliswiedic</i>
Venado (chontillo)	<i>Muzanarufina</i>
Puma	<i>Felisconcolor</i>
Guanchaca	<i>Didelphys marsupiales</i>

**Fuente:** (PDOTP Chicaña, 2011)

Las aves son importantes porque ayudan a la dispersión de semillas y a la polinización de las plantas, controlan plagas y cumplen una importante función sanitaria limpiando los desechos orgánicos, ayudando con el cuidado de la salud ambiental; las mismas que son buenas

indicadoras del estado de conservación de un sitio. A continuación se lista los nombres de algunas aves endémicas de la parroquia Chicaña.

Tabla 10. Especies de aves de la parroquia Chicaña

NOMBRE COMÚN	GENERO	ESPECIE
Tijereta	Elanoides	Elanoides forficatus
Carpintero carminoso	Dryocopus	Dryocopus lineatus
Loro verde	Pionus	Pionus menstruus
Golondrina	Notiochelidon	Notiochelidon
Bucchas	Psaracolius	Psaracolius decumanus
Colibríes	Amazilia	Amazilia fimbriata
Quilico	Buteo	Buteo magnirostris
Gallinazo negro	Coragyps	Coragyps atratus
Garrapatero piquiliso	Crotophaga	Crotophaga ani
Búho	Pulsatrix	Pulsatrix melanota
Trepatroncos oliváceo	Stittasomus	Stittasomus griseicapillus
Semillero pinquinegro	Oryzoborus	Oryzoborus atrirostris
Tirano colilarga	Colonia	Colonia colonus
Tangara urraca	Cissopis	Cissopis leveriana
Tangara azuleja	Thraupis	Thraupis episcopus
Tangara paraíso	Tangara	Tangara chilensis
Tangara concho de vino	Ramphocelus	Ramphocelus
Tangara capuchiazul	Tangara	Tangara cyanicollis

**Fuente:** (PDOTP Chicaña, 2011)

### 2.2.6 Biodiversidad

El Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquial de Chicaña (PDOTP Chicaña, 2011) señala que la parroquia cuenta con un potencial de recurso forestal como riqueza natural y una diversidad de especies maderables y algunas de ellas se encuentran en estado de extinción: Almendro, laurel, guayacán, yumbingue, forastero, payanchillo, palma, entre otros, extendidas a lo largo del territorio, utilizados en gran parte para la construcción de viviendas, muebles y otros.

### **2.2.7 Temperatura**

EL (PDOTP Chicaña, 2011) demuestra que la superficie de la parroquia está ubicada dentro de una región bioclimática, presentando una temperatura media anual de 20 a 24 °C.

### **2.2.8 Precipitación**

El (PDOTP Chicaña, 2011) muestra que la parroquia presenta lluvias abundantes y distribuidas durante todo el año, los meses de mayor precipitación son de marzo a julio, presentando una precipitación media anual de 2000 a 2500 mm.

### **2.2.9 Velocidad y dirección del viento**

El Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Yantzaza (PDOT Yantzaza, 2008) manifiesta que el promedio de velocidad mínima de viento en todo el cantón es de 2,3 m/s y la dirección de los vientos es más hacia el Noroeste.

## **2.3. Tipo de Investigación**

Esta investigación, fue no experimental porque no manipulo variables; cualitativa porque se realizó la recolección de datos sin medición numérica y sin un análisis estadístico; bibliográfica porque permitió la construcción del conocimiento a partir de la revisión, el análisis y la síntesis de la información científica recolectada en libros, folletos y artículos; de laboratorio porque se realizó la caracterización de muestras de agua y suelo para determinar el grado de comportamiento con su entorno; de campo porque se realizó una entrevista, prueba de permeabilidad del suelo, recolección de muestras de agua y suelo en el área de estudio; proyectista porque se propuso una solución al problema existente.

## **2.4. Metodología para el primer objetivo específico:**

### **Caracterizar la calidad del agua residual doméstica, a través de un análisis físico, químico y microbiológico en la comunidad de Chicaña**

Para el cumplimiento de este objetivo, se analizó la composición física, química y microbiológica del agua residual doméstica en el lugar seleccionado y se realizó la caracterización mediante la determinación de los parámetros más representativos de su composición.

#### **2.4.1 Aspectos de seguridad para la toma de la muestra**

Para la toma de la muestra se utilizó guantes, mascarilla y botas, con la finalidad de evitar el contacto directo con el agua contaminada y la aspiración de malos olores.

#### **2.4.2 Recolección de la muestra**

El lugar ideal para el muestreo fue antes que la descarga ingrese al sistema de tratamiento. El material utilizado para el muestreo fue: Recipiente de plástico esterilizado de dos litros, etiqueta para etiquetar la muestra (ver anexo 2) y equipo de refrigeración apropiado para el transporte de la muestra.

El método de muestreo fue desarrollado siguiendo el procedimiento de la norma Mexicana NMX-AA-003-1980 Aguas Residuales-Muestreo, al no haber una norma ecuatoriana establecida. El procedimiento fue el siguiente:

- Se Limpió previamente el lugar de muestreo elegido para eliminar sedimentos, barro, película bacteriana, etc., que pueda alterar la muestra.
- Se Introdujo el recipiente muestreador en el pozo y se llenó hasta obtener un volumen de dos litros.

- Se identificó correctamente la muestra, indicando: El código, fecha, hora de muestreo, nombre de la persona recolectora de la muestra, lugar de muestreo, datos climáticos.
- Se colocó la muestra en un recipiente hermético de refrigeración, donde se mantuvo a una temperatura de 4 °C.

Recolectada la muestra, el mismo día fue trasladada al laboratorio de aguas y suelos CIESSA, para la realización de los análisis respectivos.



Fotografía 1. Recolección y refrigeración de la muestra de agua residual

### 2.4.3 Análisis de la muestra

En el laboratorio se determinaron los parámetros físicos como son: Temperatura, color, turbiedad, sólidos totales, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables; parámetros químicos tales como: Aceites y grasas, potencial hidrógeno (pH), nitrógeno, fósforo, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO) y parámetros microbiológicos: Coliformes fecales y totales. El método empleado en el laboratorio, se indica en el (anexo 5).

**2.5. Metodología para el segundo objetivo específico:  
Determinar los parámetros de dimensionamiento  
para el diseño de una zanja de infiltración unifamiliar en la  
comunidad de Chicaña**

Para el cumplimiento de este objetivo, se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

**2.5.1 Aspectos demográficos y servicios básicos**

Se realizó una entrevista (ver anexo 8) a la familia elegida, donde se recogió la siguiente información: Nombre de la familia, ubicación, los años de residencia en la vivienda, el número de personas que residen permanentemente en la vivienda, cuentan con el servicio de agua potable y como realizan la eliminación de las aguas residuales domésticas.



Fotografía 2. Entrevista a la familia elegida

**2.5.2 Profundidad de la capa freática**

Para determinar este parámetro se realizó una calicata de un metro cuadrado ( $1 \text{ m}^2$ ) de ancho y dos metros (2 m) de profundidad con la ayuda de una pala y barreta.



Fotografía 3. Determinación de la profundidad de la capa freática

### **2.5.3 Capacidad de infiltración del terreno**

Para llevar a cabo la determinación de este parámetro se realizó el desmonte de ciento cincuenta metros cuadrados ( $150\text{m}^2$ ) de maleza en el lugar elegido.



Fotografía 4. Limpieza de la maleza del área de estudio

### **2.5.3.1 Excavación de seis pozos**

Se excavó con una pala de punta, seis pozos de 30 cm de diámetro y 60 cm de profundidad a una distancia de 7 m entre cada pozo, luego se raspó las paredes con un elemento filoso para eliminar la superficie compactada que deja la pala de punta, posterior se sacó la tierra suelta y se colocó 5 cm de arena en el fondo. Por último, en la pared del pozo, a 20 cm por encima de la arena, se clavó una pequeña cuña de madera que nos sirvió como marca de referencia para las mediciones.



Fotografía 5. Colocación de una cuña de madera en el pozo

### **2.5.3.2 Saturación del suelo**

Se llenó de agua al pozo hasta el nivel de la cuña de madera, seguido se colocó una caneca llena agua en forma horizontal, se le aflojo la tapa, con la finalidad de inyectar agua al pozo y mantener una saturación de agua en el suelo durante 12 horas.





Fotografía 6. Saturación del suelo, durante 12 horas

### **2.5.3.3 Medir la capacidad de infiltración del agua en el suelo**

Para ello en la boca de cada pozo se armó un pequeño arco de madera donde la varilla horizontal quedo bien fija cruzada sobre la boca del pozo, a unos 35 cm por encima del nivel del terreno y por lo tanto a unos 70 cm por encima de la cuña clavada en la pared del pozo. Se numeró los pozos y se procedió de la siguiente manera:

Se comenzó con el pozo número uno, ajustando el nivel de agua hasta la cuña, seguido se midió con un flexómetro la distancia entre la superficie del agua y la varilla horizontal con la mayor precisión posible, leyendo los centímetros y milímetros (ver fotografía 8). Se anotó en la planilla la hora y la medida inicial del nivel.



Fotografía 7. Ajustado del nivel de agua hasta cuña de madera



Fotografía 8. Medición de la capacidad de infiltración del agua en el suelo

Luego se esperó 30 minutos, durante este lapso de tiempo de espera se hizo lo mismo en los otros pozos, en forma sucesiva y ordenada, lo que se realizó en el pozo número uno.

Al término de los 30 minutos se midió nuevamente en el pozo número uno, la distancia entre la varilla horizontal y la superficie del agua, se anotó en la planilla la hora y la medida dos, y se completó el pozo con agua hasta el nivel de la cuña; se repitió este procedimiento en el resto de los pozos y se continuó hasta realizar seis mediciones en cada pozo y completar la planilla.

#### **2.5.3.4 Cálculo de la capacidad de infiltración del terreno**

Una vez concluido el ensayo, se calculó las diferencias de cada medida con la medida inicial y se anotó en la planilla, seguido se calculó el promedio de las tres últimas diferencias en cada pozo; los 30 minutos transcurridos entre las mediciones se dividió por el promedio obtenido en cada pozo, este resultado fue el tiempo que tarda el suelo en absorber un centímetro (1 cm) de agua en cada pozo. Al final se promedió los valores obtenidos en todos los pozos; ese promedio es el resultado del ensayo de infiltración (min/cm).

#### **2.5.4 Caracterización física y química del suelo**

Para cumplir este aspecto se procedió a realizar un análisis de los parámetros físicos y químicos más representativos de su composición.

##### **2.5.4.1 Toma de muestra de suelo**

El lugar ideal para la toma de la muestra de suelo fue en el terreno escogido para construir el campo de infiltración. El equipo utilizado fue botas de caucho, barreta, pala de punta, etiqueta para etiquetar la muestra (ver anexo 3), fundas plásticas.

El procedimiento para la recolección de la muestra de suelo fue el siguiente: Se excavó una calicata de un metro cuadrado (1 m<sup>2</sup>), de ancho y de 1, 80 m de profundidad; se recolectó 3

muestras de 2 kg de material a diferentes profundidades (primera muestra a 0,60 m, segunda muestra a 1,20 m y tercera muestra a 1,80 m); las muestras recolectadas se colocaron en fundas plásticas y se las etiquetó indicando el código, profundidad, fecha, hora, datos del muestreador, datos climáticos y lugar del muestreo. Recolectada la muestra, el mismo día fue trasladada al laboratorio de aguas y suelos CIESSA, para la realización de los análisis respectivos.



Fotografía 9. Recolección de las muestras de suelo

#### 2.5.4.2 Análisis de la muestra

En el laboratorio se determinó los parámetros físicos como son: textura y parámetros químicos tales como: Potencial hidrógeno (pH) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) (ver anexo 7).

**2.6. Metodología para el tercer objetivo específico:  
Diseñar e implementar la zanja de infiltración  
unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales  
domésticas en la comunidad de Chicaña**

Para el diseño de la zanja de infiltración unifamiliar, se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

**2.6.1 Aforo del agua residual**

La medición del caudal se efectuó desarrollando el método volumétrico, el cual consiste en utilizar un cronómetro y un recipiente de volumen conocido para aforar (Franquet, 2005). Se tomó un volumen de muestra (V) en un tiempo (t) desde que se introduce a la descarga hasta que se retira de ella; la relación de estos dos valores permite conocer el caudal (Q). El caudal se determina con la siguiente ecuación:

$$Q = V/t \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Dónde:

Q = Caudal

V = Volumen

t = tiempo



Fotografía 10. Aforo del agua residual doméstica

Para comparar el resultado del aforo del agua residual con el consumo per cápita de agua en la vivienda, se utilizó cuatro comprobantes de pago de los meses de febrero a mayo del consumo mensual de agua potable en la vivienda, registrados por el Gobierno autónomo parroquial de Chicaña. Se promedió el valor de los comprobantes de pago y se obtuvo el consumo neto mensual de agua potable en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) en la vivienda; este valor se lo dividió para 31 días, que son los que tiene un mes y este valor resultante se lo dividió para el número de habitantes de la vivienda, donde se obtuvo un valor de consumo per cápita.

### **2.6.2 Periodo de diseño**

Según el Instituto ecuatoriano de normalización (INEN, 1992) en ningún caso se proyectaran obras definitivas con periodos menores a 15 años. Para el diseño de la zanja de infiltración unifamiliar se tomó en cuenta una población futura en 20 años.

### **2.6.3 Población de diseño**

Para determinar este parámetro se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

**a) Estimación de la población actual.-** Para la estimación de la población actual, se procedió a tomar en cuenta el número de personas que habitan en la vivienda.

**b) Estimación de la población futura.-** Para determinar este valor, se procedió a revisar el fascículo provincial de Zamora Chinchipe, el Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC), la tasa de crecimiento registrada en el censo del año 2010 y a tomar este valor establecido.

**c) Método de proyección geométrica.-** Para el cálculo de la población futura se utilizó el método IEOS; es uno de los métodos más recomendados, ya que considera que el índice de crecimiento de una población es en forma geométrica y viene dado por la siguiente ecuación:

$$Pf = Pa(1 + r)^n \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

$$r = (Pf/Pa)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Dónde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Tasa de crecimiento (%)

n = Número de años

**e) Caudal de diseño (Qd).**- El caudal de diseño se lo consideró para poder dimensionar la zanja de infiltración unifamiliar. Donde viene dado por la siguiente ecuación:

$$Qd = P \cdot D \cdot C_r \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Dónde:

Qd = caudal de diseño (l/s)

P = Población futura

D = Dotación de agua potable (l/hab – día)

C<sub>r</sub> = Coeficiente de aporte de agua residual

Los aspectos antes mencionados sirvieron de base para el diseño de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la vivienda elegida.

#### **2.6.4 Diseño de los componentes de la zanja de infiltración unifamiliar**

Para el diseño de los componentes de la zanja de infiltración unifamiliar, se procedió a revisar los manuales: Tanques sépticos conceptos teóricos base y aplicaciones (Rosales, 2008); manual de Inspección en fosas sépticas y letrinas (González, s.f.); manual de

autoconstrucción de sistemas de tratamiento de aguas residuales domiciliarias (Mariñelarena, 2006); código ecuatoriano de construcción (INEN, 1992) y el manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón (CONAGUA, 2013), luego se procedió a elaborar un plano arquitectónico del diseño de la zanja de infiltración unifamiliar (ver anexo 15).

#### **2.6.4.1 Diseño del tanque séptico**

Para determinar las dimensiones del tanque séptico (sedimentador, biodigestor), se procedió a utilizar las fórmulas propuestas por el investigador (Rosales, 2008).

##### **2.6.4.1.1 Cálculo del volumen del tanque séptico**

Para efectos de cálculo se consideró, que el volumen está compuesto por:

**a) Volumen para sedimentación:** El volumen para la sedimentación se determina con la siguiente ecuación:

$$V_s = 10^{-3} (P) (Q) t_h \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Dónde:

P = Población total de personas a atender

Q = Caudal de aguas a tratar (Lt/hab – día)

$t_h$  = Tiempo de retención hidráulica a considerar en este proceso (1 día)

**b) Volumen para la biodigestión:** El volumen para la biodigestión se calcula con la siguiente ecuación.

$$V_d = (0.5) (10^{-3}) (P * t_d) \quad (\text{Ecuación 2.5})$$



Dónde:

P = Población total de personas a atender

td = Tiempo de retención requerido para la biodigestión de la materia orgánica, que se calcula por la siguiente expresión:  $\{td = 28 (1.035)^{35 - T}\}$ , en función de la temperatura en grados Celsius estimada del agua a tratar.

**c) Volumen para el almacenamiento de los lodos digeridos:** El volumen para el almacenamiento de los lodos digeridos se calcula con la siguiente ecuación.

$$V_a = 10^{-3} * r * P [n - (t_d / 365)] \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

Dónde:

R = Factor que caracteriza las aguas y en consecuencia los lodos que producirán (cuando se enviaran todos los desechos líquidos de una vivienda

r = 40 Lt/ hab – año.

P = Población total de personas a atender.

n = Periodo entre limpieza o remoción de lodos que se desea definir en años.

td = Tiempo de retención requerido para la biodigestión de la materia orgánica, se calcula con la misma fórmula anterior y en función de la temperatura estimada en grados Celsius del agua a tratar.

**d) Volumen total de líquido para el tanque:** El volumen total de líquido para el tanque se determina con la siguiente ecuación.

$$V_{TL} = V_s + V_d + V_a \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

Dónde:

VTL = Volumen total de líquido

Vs = Volumen para sedimentación

Vd = Volumen para biodigestión

Va = Volumen para el almacenamiento de lodos digeridos

#### **2.6.4.1.2 Dimensiones del tanque séptico**

Una vez calculado el volumen del tanque séptico, se procedió a revisar las medidas internas, externas y otras dimensiones (ver tabla 6), propuesta en la guía técnica: Tanques sépticos conceptos teóricos base y aplicaciones (Rosales, 2008).

##### **Ancho interno del tanque séptico (a)**

Se revisó la tabla 6 y de acuerdo al volumen total de líquido para el tanque séptico, se tomó el valor dado respectivamente.

##### **Ancho externo del tanque séptico (A)**

$A = \text{Ancho del tanque séptico} + 2 * \text{ancho de la pared (ladrillo)}$

##### **Largo interno del tanque séptico (l)**

$l = 3 * \text{ancho interno del tanque séptico}$

##### **Largo externo del tanque séptico (L)**

$L = 3 * \text{ancho interno del tanque séptico} + 2 * \text{ancho de la pared (ladrillo)}$

##### **Altura interna del tanque séptico (h)**

$h = V_{TL} / (a * l) + \text{espacio libre sobre el nivel de los líquidos}$  (Ecuación 2.8)

Dónde:

$h$  = Altura del tanque séptico

$V_{TL}$  = Volumen total de líquidos

$a$  = Ancho del tanque séptico

$l$  = Largo del tanque séptico

### **Altura externa del tanque séptico (H)**

$H$  = Altura interna del tanque séptico + espesor de la losa inferior de concreto

#### **2.6.4.1.3 Diseño de dos cámaras en el tanque séptico**

Tomando en cuenta las indicaciones propuestas por (González, s.f.) en el manual: Inspección en fosas sépticas y letrinas, manifiesta que en los tanques sépticos con doble cámara existe mayor porcentaje de sedimentación generando menor cantidad de formación de espuma. La capacidad en volumen ( $m^3$ ) de la primera cámara debe ser igual a dos terceras partes de la segunda cámara.

#### **Dimensión de la primera cámara**

La dimensión de la primera cámara es dos tercios del volumen total.

$$L = (2/3 l) \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

#### **Dimensión de la segunda cámara**

La dimensión de la segunda cámara es un tercio del volumen total.

$$L = (1/3 l) \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

#### **2.6.4.1.4 Medidas de colocación de tubería en el tanque séptico**

De acuerdo a las investigaciones realizadas por (Mariñelarena, 2006), detalla en el Manual de autoconstrucción de sistemas de tratamiento de aguas residuales domiciliarias, que la cámara séptica retiene el agua residual por lo menos un día. El tubo PVC de 100 mm de diámetro que va a la salida del tanque séptico debe ir a una altura de un metro (1 m) desde el fondo, de igual manera el tubo de entrada, debe ir a ocho centímetros (8 cm) por encima del nivel del tubo de salida, de manera que los líquidos no se regresen a la vivienda. Ambos tubos en la parte interior del tanque séptico lleva una T's de PVC, de 100 mm en posición vertical.

En la T's del tubo de entrada y salida se coloca en la parte superior un pedazo de tubo PVC de 15 cm de largo y en la parte inferior un pedazo de tubo de 40 cm. Al tubo de salida en la parte inferior a los costados, se le hace unas ranuras con un serrucho para permitir la salida del agua y se ubica un tapón en la boca, para impedir el paso de los sólidos (ver anexo 15).

#### **2.6.4.2 Diseño de la caja de distribución**

Según el Instituto ecuatoriano de normalización (INEN, 1992), sostiene que las dimensiones largo por ancho de una caja de revisión mínimo deben ser de 0,60 m x 0,60 m y la altura va a criterio del constructor.

#### **2.6.4.3 Diseño del campo de infiltración**

Para determinar las dimensiones del campo de riego, se determinó la capacidad de infiltración del terreno del área elegida para dicho fin. Y de acuerdo a las fórmulas propuestas por (Escalante, 2008), se tiene:

#### 2.6.4.3.1 Velocidad de infiltración (Vp)

Con la tasa de infiltración de 9 min/cm que se obtuvo de la prueba de percolación del terreno en el área elegida, se deduce la velocidad máxima de aplicación de aguas (m/s), la misma que se indica (ver tabla 7). La velocidad máxima de aplicación en 9 min/cm es  $4,73 \times 10^{-7}$  m/s.

#### 2.6.4.3.2 Área de infiltración que se requiere en zanjas (Ai)

El área de infiltración se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_i = \frac{Q_d}{V_p} \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

Dónde:

Ai = Área de infiltración que se requiere en zanjas (m<sup>2</sup>)

Q = Aporte de agua residual (m<sup>3</sup>/s)

Vp = Velocidad máxima de aplicación de agua (m/s)

#### 2.6.4.3.3 Área verde requerida (Ac)

Se calcula con la siguiente ecuación.

$$A_c = \frac{A_i \times F_p}{1 - r_c} \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

Dónde:

Ac= Área verde requerida (m<sup>2</sup>)

Fp = Factor de precipitación; 1 a 2,5

rc = Revestimiento superior; donde 0 con nada de cubrimiento la superficie del terreno y 1 al cubrirse (no puede ser 1, ya que la ecuación se indetermina).

#### 2.6.4.3.4 Perímetro efectivo (Pe)

Para el cálculo del perímetro efectivo, se tomó el resultado de la investigación realizada por (CONAGUA, 2013) la misma que se encuentra detallada en el Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón. Donde se manifiesta que la profundidad (D) de una zanja de infiltración es de 24" (60 cm) y el ancho (W) de la zanja de 12" (30 cm). Se calcula con la siguiente ecuación:

$$Pe = \frac{0,77 (W+56+2D)}{W+116} \quad (\text{Ecuación 2.12})$$

Dónde:

Pe = Perímetro efectivo (m)

W = Ancho de la zanja (m)

D = Profundidad de la zanja (m)

#### 2.6.4.3.5 Longitud total de las zanjas (Lz)

La longitud total de las zanjas se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Lz = \frac{Ai}{Pe} \quad (\text{Ecuación 2.13})$$

Dónde:

Lz = Longitud total de las zanjas (m)

Ai = Área de infiltración que se requiere en zanjas (m<sup>2</sup>)

Pe = Perímetro efectivo (m)

Como mínimo de zanjas debe ser 2, distribuimos esta longitud en tres zanjas.

Lz = 36 m / 3

**Lz = 12 m**

#### **2.6.4.3.6 Separación entre zanjas**

Según (Mariñelarena, 2006), menciona que se puede disponer hasta 30 m de largo de zanja como máximo y cuando son más de una, deben estar separadas entre sí, uno coma ochenta metros (1,80 m).

#### **2.6.4.4 Diseño del lecho de secado de lodos**

Mediante la determinación del volumen del tanque séptico, se calculó que en tres años de almacenamiento de lodos digeridos, habrá una acumulación de 0,804 m<sup>3</sup>; donde se estableció un lecho de secado de lodos de las siguientes dimensiones: Dos metros de largo, un metro coma veinte centímetros de ancho y cero coma cuarenta metros de altura (2 x 1,20 x 0,40 m), que multiplicando estas tres distancias nos da el valor de 0,96 m<sup>3</sup>.

El Instituto ecuatoriano de normalización (INEN, 1992) sustenta que el medio filtrante de deshidratación de un lecho de secado de lodos generalmente es de 0,30 m de espesor y debe tener los siguientes componentes: Una capa de arena de tamaño efectivo de (0,3 mm a 1,3 mm) de 0,10 m de espesor; debajo de la arena se debe colocar un estrato de grava graduada entre (1,6 mm a 51 mm) de 0,20 m de espesor y el drenaje debe estar constituido por tubos de 100 mm colocados debajo de la grava con una pendiente de uno punto cinco por ciento (1,5 %).

## **2.6.5 Presupuesto de construcción**

Una vez calculado y conocido el dimensionamiento de la zanja de infiltración unifamiliar y las cantidades de obra se procedió, al análisis de precios unitarios para luego calcular el costo total de la obra (ver anexo 9).

## **2.6.6 Construcción de los componentes de la zanja de infiltración unifamiliar**

### **2.6.6.1 Construcción del tanque séptico**

Primero se excavó una calicata de 3 m de largo por 1,5 m de ancho y 1,50 m de profundidad. Seguido se colocó en el fondo de la calicata piedra mediana de cuatro pulgadas (4”), una área de 2,50 m<sup>2</sup> y se colocó un mortero de (arena, grava, cemento y agua), formando una losa de hormigón simple de 0,15 m de espesor.

Luego se levantó paredes de ladrillo de 0,15 m de espesor, dejando un espacio libre interno a lo ancho 0,70 m y a lo largo 2,10 m, formando dos cámaras; donde una cámara es 2 veces más grande a la otra (ver anexo 15). Se hizo la colocación de tubos PVC de 100 mm, a la altura de 1 m, medida desde la base del tanque séptico y se revistió las paredes internas y externas con una pasta de (arena, cemento y agua).

### **2.6.6.2 Construcción de la caja de distribución**

Se hizo una calicata de 0,80 m de ancho por 0,80 m de largo y 0,60 m de profundidad; en el fondo de la calicata se ubicó piedra mediana de cuatro pulgadas (4”) y seguido se colocó un mortero de (grava, arena, cemento y agua), formando una losa de hormigón simple de 0,15 m de espesor. Luego se levantó las paredes con ladrillo de 0,10 m de espesor, dejando un espacio libre interno de 60 cm a lo largo y 60 cm a lo ancho a una altura de 0,45 m; seguido se hizo la colocación de la tubería PVC de 100 mm desde el tanque séptico a la caja de revisión con



una pendiente de uno punto cinco por ciento (1,5 %) y finalmente se procedió a revestir las paredes internas y externas con una pasta de (arena, cemento y agua).

#### **2.6.6.3 Construcción del campo de infiltración**

Se excavó 3 zanjas de 0,30 m de ancho por 12 m de largo y 0,60 m de profundidad. Seguido utilizando un nivel, se niveló el fondo de las zanjas. Luego en el fondo de cada una de las zanjas se colocó geomembrana HDPE de 1,00 mm de espesor de 0,60 cm de ancho de manera que a cada lado lateral de la zanja alcance una altura de 0,15 m la geomembrana; seguido se ubicó una capa de 0,15 m de arena de río de 1 mm de diámetro y una capa de 0,15 m de grava de tres cuartos de pulgada (3/4") de diámetro; en seguida utilizando un nivel se nivela la superficie de la grava y se colocó los tubos de PVC de 100 mm, los cuales llevan dos hileras laterales de perforaciones de 12 mm, cada 50 cm hechas con un taladro. Los tubos van colocados entre sí, con pegamento formando una red y cada red de tubos lleva un tapón en el extremo final.

Se llenó totalmente la red de tubería PVC de 100 mm con grava de tres cuartos de pulgada (3/4") y sobre la grava se ubicó una malla fina plástica de 2 mm de espesor para evitar que el suelo se mezcle con la grava. Se tapó las zanjas con tierra sin apisonarla, dejando una pequeña lomada que se compactó en cuatro semanas, pasado este tiempo se niveló el terreno con un rastrillo.

#### **2.6.6.4 Construcción del lecho de secado de lodos**

Se excavó una calicata de 1,40 m de ancho por 2,20 m de largo y 0,50 m de profundidad, seguido se colocó piedra mediana de 4 pulgadas (4") en el fondo de la calicata y se agregó un mortero de (arena, grava, cemento y agua), formando un losa de hormigón simple de 0,15 m de espesor, con una pendiente de uno punto cinco por ciento (1,5 %)

hacia el centro y a uno de los extremos, (ver anexo 15). Luego se levantó las paredes con ladrillo de 10 cm de espesor una altura de 80 cm, dejando un espacio libre interno de 2 m a lo largo y 1,20 m a lo ancho. En el fondo del lecho se ubicó un tubo PVC de 100 mm, el cual lleva dos hileras laterales de perforaciones de 12 mm, cada 10 cm de distancia hechas con un taladro y un tapón en el extremo para impedir el ingreso de materiales sólidos. Se procedió a revestir las paredes internas y externas con una pasta de (arena, cemento y agua). Se ubicó en la parte interna del lecho de secado de lodos una capa de 15 cm de grava de tres cuartos de pulgada (3/4"); luego se agregó una capa de 5 cm de grava de media pulgada (1/2") y por último una capa de 10 cm de arena de 1,3 mm.

#### **2.6.6.5 Construcción de las tapas para el tanque séptico y caja de distribución**

Se armó un molde de madera de las siguientes medidas: Ochenta centímetros de largo por ochenta centímetros de ancho y siete centímetros de espesor (0,80 x 0,80 x 0,07 m), luego se armó una parrilla de hierro de las mismas dimensiones del molde de madera utilizando varilla de hierro de 8 mm de espesor cada 10 centímetros de espaciado entre varilla y varilla atadas con alambre de amarre y se colocó dentro del molde, seguido se agregó un mortero de (arena, grava, cemento y agua) construyendo tres tapas para el tanque séptico y una tapa para la caja de distribución de hormigón armado.

#### **2.6.7 Recolección de la muestra de agua residual tratada**

Para determinar el grado de tratamiento que se ha obtenido del agua residual doméstica en la zanja de infiltración, se procedió a tomar una muestra al término del proceso de depuración. El procedimiento consistió en escavar una calicata de dos metros de profundidad, a una distancia de 1,20 m debajo del fondo de la zanja de infiltración; se realizó un túnel traspasando dos zanjas de infiltración y se colocó un pedazo de

geomembrana de cincuenta centímetros (50 cm) de ancho y 1,50 m de largo en forma de canal, en la caída de los canales se colocó un recipiente de cuatro litros (4 l), para la recolección del agua residual tratada. El material utilizado para el muestreo fue un recipiente plástico esterilizado de dos litros (2 l), etiqueta para etiquetar la muestra (ver anexo 2) y equipo de refrigeración apropiado para el transporte de la muestra. Recolectada la muestra, el mismo día fue trasladada al laboratorio de aguas y suelos CIESSA, para la realización de los análisis respectivos.



Fotografía 11. Excavación de una calicata y recolección de la muestra de agua residual tratada

### **2.6.7.1 Análisis de la muestra**

En el laboratorio se determinaron los parámetros físicos, como son: Temperatura, color, turbiedad, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables; parámetros químicos tales como: Aceites y grasas, potencial hidrogeno (pH), nitrógeno, fósforo, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO) y parámetros microbiológicos los mismos que son: Coliformes fecales y coliformes totales. El método empleado en el laboratorio, se indica en el (anexo 6).

## **2.7. Metodología para el cuarto objetivo específico:**

### **Socializar a los habitantes de la comunidad de Chicaña el diseño e implementación de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas**

Para el cumplimiento de este objetivo se elaboró un tríptico divulgativo de la zanja de infiltración unifamiliar estructurado de la siguiente forma: Título del proyecto de investigación, ubicación geográfica del proyecto de investigación, problemática, propósito, marco legal referente al proyecto de investigación; componentes, funcionamiento y mantenimiento de la zanja de infiltración unifamiliar; herramientas, materiales y presupuesto necesario para la construcción de la zanja de infiltración unifamiliar (ver anexo 10). También se elaboró una agenda de socialización, la misma que contiene: Tipo de evento, tema, responsable, lugar, fecha, hora y actividades (ver anexo 11); de igual forma se elaboró una hoja para el registro de asistencia de los participantes en la socialización (ver anexo 12).

## **F. RESULTADOS**

### **1. Resultados para el Primer Objetivo específico**

#### **Caracterizar la calidad del agua residual doméstica, a través de un análisis físico, químico y microbiológico en la comunidad de Chicaña**

La información obtenida sobre las características físicas, químicas y microbiológicas del agua residual de la vivienda elegida de la comunidad de Chicaña que se vertía al ambiente se expone a continuación.

Cuadro 1. Resultado del análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultado del análisis	Límite máximo permisible
<b>Análisis Físico</b>				
Temperatura	°C		19,7	< 35
Color real	Color real	UC	15	Inapreciable en dilución
Turbiedad		N.T.U.	65	100
Sólidos Totales		mg/l	333	1600
Sólidos Suspendidos		mg/l	110	100
Sólidos Sedimentables		mg/l	6,1	1
<b>Análisis Químico</b>				
Potencial Hidrógeno	pH		7,30	5 – 9
Aceite y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	Presencia	0,3
Nitrógeno Total	N	mg/l	3,40	15
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub> .	mg/l	150	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/l	39	250
Fósforo Total	P	mg/l	3,20	10
<b>Análisis Microbiológico</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml		4,1E+03	1000
Coliformes Fecales	NMP/100 ml		2,1E+03	Remoción > 99%

**Fuente:** TULSMA Libro VI, anexo I tabla 12 y Resultado Laboratorio CIESSA

Los resultados (cuadro 1), demuestran que el color, sólidos suspendidos (SS), sólidos sedimentables (SS), aceites y grasas, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), coliformes totales y coliformes fecales, están fuera del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce; de acuerdo a la norma TULSMA Libro VI, anexo I tabla 12. Mientras que la temperatura, turbiedad, sólidos totales (ST), nitrógeno total (N), fósforo total (P), potencial hidrógeno (pH) y demanda química de oxígeno (DQO), están dentro del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce según la norma del TULSMA libro VI, anexo I tabla 12.

### a) Características físicas del agua residual doméstica

La información relativa a las características físicas como son: temperatura, color turbiedad, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables del agua residual doméstica es la siguiente:

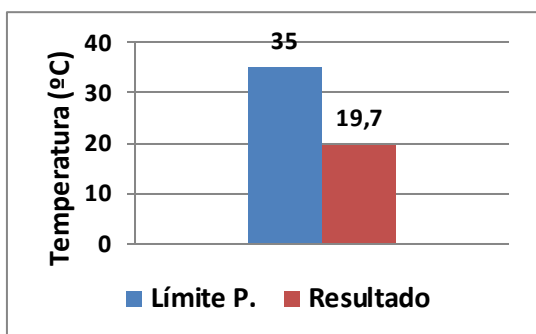


Fig. 6. Temperatura del agua residual

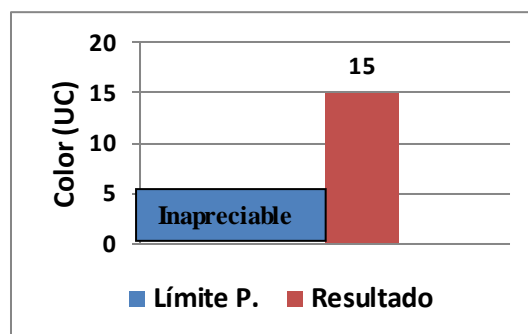


Fig. 7. Color del agua residual

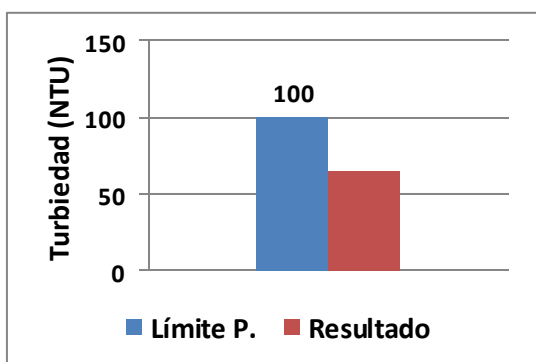


Fig. 8. Turbiedad del agua residual

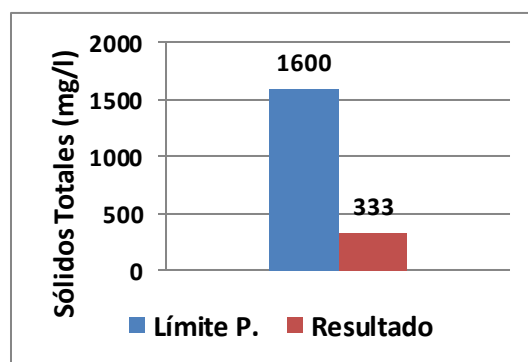


Fig. 9. Sólidos Totales del agua residual

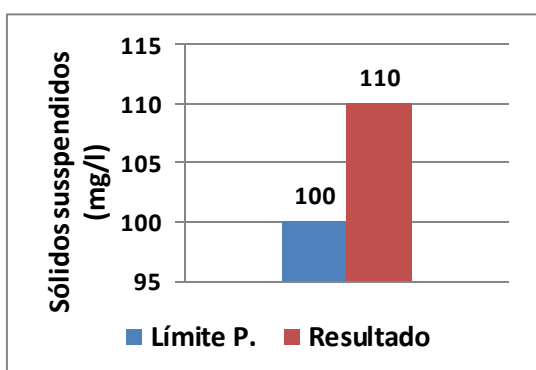


Fig. 10. Sólidos suspendidos del agua R.

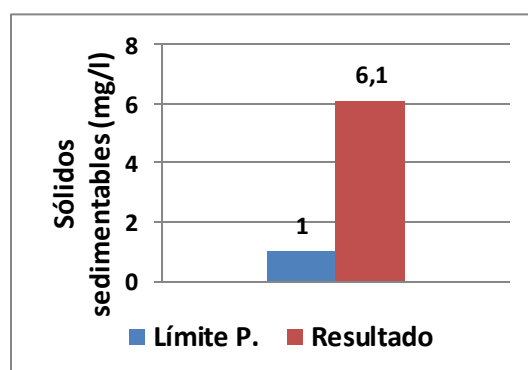


Fig.11. Sólidos sedimentables del A.R.

En la figura seis se ilustra el valor de la temperatura, la misma que presenta un valor de 19,7 °C, por tal razón se encuentra bajo el límite máximo permisible de < 35 °C de acuerdo a la norma TULSMA Libro VI,

anexo I tabla 12; mientras la figura siete presenta al color con un valor alto de 15 unidades de color (UC) que esta fuera del límite máximo permisible que es inapreciable en dilución. La figura ocho exhibe a la turbiedad con 65 unidades nefelométricas de turbidez (NTU), que se encuentra dentro del límite máximo permisible, de 100 NTU; de igual forma la figura nueve presenta a los sólidos totales con un valor de 333 mg/l, que se ubica dentro del límite máximo permisible de 1600 mg/l. La figura diez muestra a los sólidos suspendidos con una concentración fuerte de 110 mg/l, que se encuentra fuera del límite máximo permisible de 100 mg/l y la figura once presenta a los sólidos sedimentables con una concentración fuerte de 6,1 mg/l, motivo por el cual está fuera del límite máximo permisible de 1 mg/l.

### b) Características químicas del agua residual doméstica

Los datos relativos a las características químicas como: pH, aceites y grasas, nitrógeno total, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), fósforo total son los siguientes:

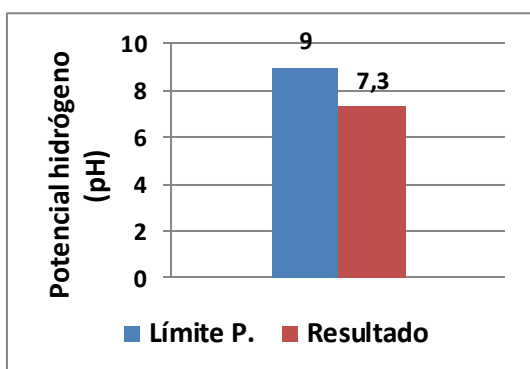


Fig. 12. pH del agua residual

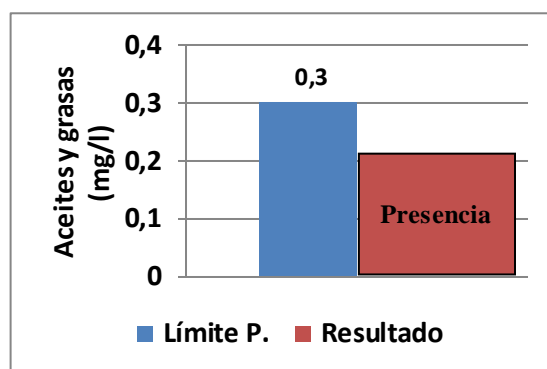


Fig.13. Aceites y grasas del agua residual

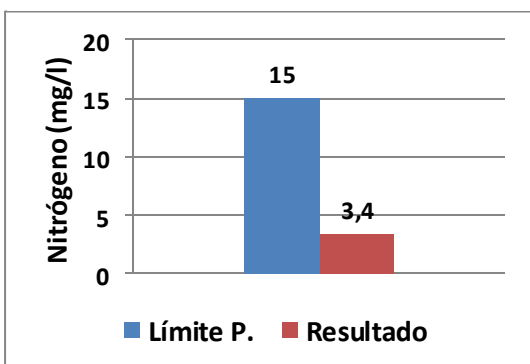


Fig. 14. Nitrógeno total del agua residual

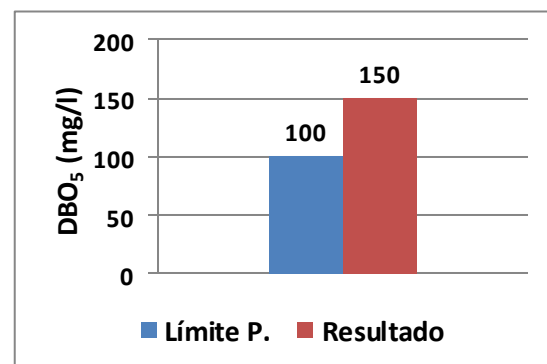


Fig. 15. DBO<sub>5</sub> del agua residual

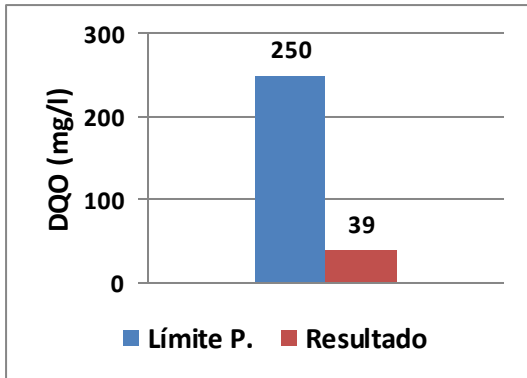


Fig. 16. DQO del agua residual

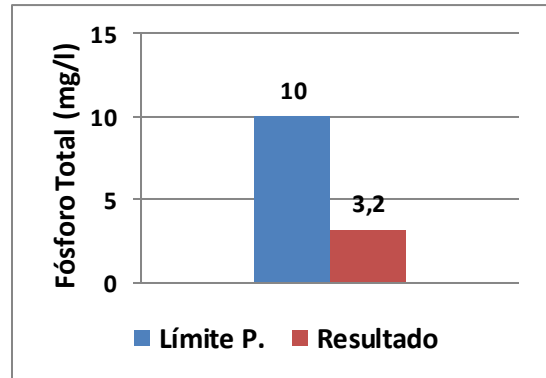


Fig. 17. Fósforo total del agua residual

La figura doce exhibe al pH con un valor de 7,30 que se encuentra dentro del límite máximo permisible que es 9. La figura trece muestra a los aceites y grasas con presencia en el agua residual, cuyo límite máximo permisible es de 0,3 mg/l; mientras la figura catorce presenta al nitrógeno total con un valor débil de 3,40 mg/l que se encuentra dentro del límite máximo permisible de 15 mg/l. La figura quince muestra a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) con un valor de 150 mg/l que excede el límite máximo permisible de 100 mg/l. La figura dieciséis demuestra a la demanda química de oxígeno (DQO) con una concentración débil de 39 mg/l estando dentro del límite máximo permisible de 250 mg/l. La figura diecisiete presenta al fósforo total con un valor de 3,20 mg/l que se encuentra dentro del límite máximo permisible que es 10 mg/l, de acuerdo a la norma.

### c) Características microbiológicas del agua residual

Los datos relativos a las características microbiológicas del agua residual como: coliformes totales, coliformes fecales se detallan:

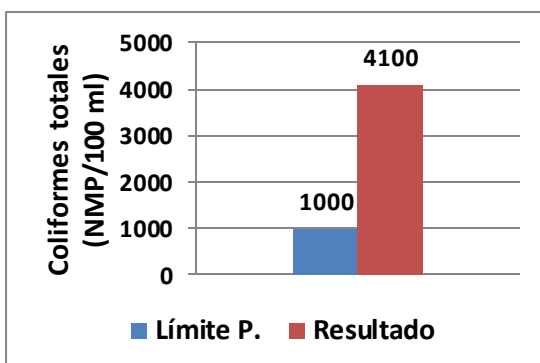


Fig. 18. Coliformes totales del agua R.

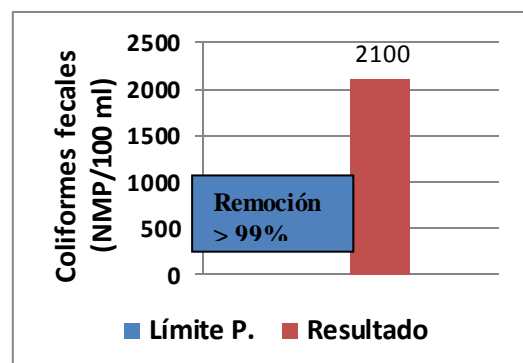


Fig. 19. Coliformes fecales del agua R.



La figura dieciocho presenta a los coliformes totales con una concentración fuerte de 4100 NMP/100 ml que sobrepasa el límite máximo permisible de 1000 NMP/100 ml; mientras la figura diecinueve muestra a los coliformes fecales con una concentración fuerte de 2100 NMP/100 ml, los mismos que deben ser removidos mayor al 99% para estar dentro del límite máximo permisible, de acuerdo al TULSMA Libro VI, anexo I tabla 12.

## **2. Resultados para el Segundo Objetivo Especifico**

### **Determinar los parámetros de dimensionamiento para el diseño de una zanja de infiltración unifamiliar en la comunidad de Chicaña**

#### **2.1. Aspectos demográficos y servicios básicos**

Cuadro 2. Resultado de los aspectos demográficos y servicios básicos

<b>ASPECTOS</b>	<b>RESULTADO</b>
Nombre de la familia	Delgado Romero
Ubicación	Cabecera parroquial de Chicaña
Años de residencia	32 años
Número de personas	5 personas
Servicio de agua potable	Si
Eliminación de aguas residuales domésticas	Vertido al ambiente

**Fuente:** El autor

Los resultados (cuadro 2), demuestran que el nombre de la familia es Delgado Romero, se encuentra ubicada en la cabecera parroquial de Chicaña, llevan residiendo en este lugar 32 años, se compone la familia de 5 miembros, cuentan con el servicio de agua potable y la eliminación de las aguas residuales domésticas es el vertido hacia el ambiente.

#### **2.2. Profundidad de la capa freática**

A la profundidad de 2 m de longitud vertical se observó que no afloró agua; lo que se demostró que el nivel de la capa freática se encuentra mayor profundidad de dos metros (2 m). Donde se concluyó que este lugar

presenta la aptitud necesaria para la implementación de una zanja de infiltración unifamiliar.

### 2.3. Capacidad de infiltración del terreno

Cuadro 3. Medición y cálculo de la capacidad de infiltración del terreno

POZO	HORA	MEDIDA DEL NIVEL (cm)		CÁLCULO DE CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL TERRENO		
				Diferencia entre mediciones	Promedio de las 3 últimas diferencias	Infiltración (min/cm)
1	10:30	Inicial	74			
	11:00	2	97	(Medición 2)-(Inicial) = 23	$(23)+(23)+(23) = 69$ $69 \div 3 = 23$	Promedio $30 \div 23 = 1,3$
	11:30	3	97	(Medición 3)-(Inicial) = 23		
	12:00	4	97	(Medición 4)-(Inicial) = 23		
	12:30	5	97	(Medición 5)-(Inicial) = 23		
	13:00	6	97	(Medición 6)-(Inicial) = 23		
2	10:34	Inicial	80,3			
	11:04	2	89,5	(Medición 2)-(Inicial) = 9,2	$(9)+(9)+(8,9) = 26,9$ $26,9 \div 3 = 9$	Promedio $30 \div 12 = 3,3$
	11:34	3	89,4	(Medición 3)-(Inicial) = 9,1		
	12:04	4	89,3	(Medición 4)-(Inicial) = 9		
	12:34	5	89,3	(Medición 5)-(Inicial) = 9		
	13:04	6	89,2	(Medición 6)-(Inicial) = 8,9		
3	10:38	Inicial	85			
	11:08	2	87,9	(Medición 2)-(Inicial) = 2,9	$(2,4)+(2,1)+(2) = 6,5$ $6,5 \div 3 = 2,2$	Promedio $30 \div 2,2 = 13,6$
	11:38	3	87	(Medición 3)-(Inicial) = 2		
	12:08	4	87,4	(Medición 4)-(Inicial) = 2,4		
	12:38	5	87,1	(Medición 5)-(Inicial) = 2,1		
	13:08	6	87	(Medición 6)-(Inicial) = 2		
4	10:40	Inicial	87,4			
	11:10	2	90,7	(Medición 2)-(Inicial) = 3,3	$(2)+(1,5)+(1,4) = 4,9$ $4,9 \div 3 = 1,6$	Promedio $30 \div 1,6 = 18,8$
	11:40	3	89,5	(Medición 3)-(Inicial) = 2,1		
	12:10	4	89,4	(Medición 4)-(Inicial) = 2		
	12:40	5	88,9	(Medición 5)-(Inicial) = 1,5		
	13:10	6	88,8	(Medición 6)-(Inicial) = 1,4		

Fuente: El autor

Continuación.....

Cuadro 3. Medición y cálculo de la capacidad de infiltración del terreno

POZO	HORA	MEDIDA DEL NIVEL (cm)		CÁLCULO DE CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL TERRENO		
				Diferencia entre mediciones	Promedio de las 3 últimas diferencias	Infiltración (min/cm)
5	10:42	Inicial	91			
	11:12	2	106,6	(Medición 2)-(Inicial) = 15,6	(14)+(13,9)+(13,9) = 41,8 (41,8) ÷ 3 = 14	Promedio 30 ÷ 14 = 2,1
	11:42	3	105,5	(Medición 3)-(Inicial) = 14,5		
	12:12	4	105	(Medición 4)-(Inicial) = 14		
	12:42	5	104,9	(Medición 5)-(Inicial) = 13,9		
	13:12	6	104,9	(Medición 6)-(Inicial) = 13,9		
6	10:45	Inicial	93			
	11:15	2	95,5	(Medición 2)-(Inicial) = 2,5	(2,3)+(2,3)+(2,3) = 6,7 (6,7) ÷ 3 = 2,2	Promedio 30 ÷ 2,2 = 13,6
	11:45	3	95,4	(Medición 3)-(Inicial) = 2,4		
	12:15	4	95,3	(Medición 4)-(Inicial) = 2,3		
	12:45	5	95,3	(Medición 5)-(Inicial) = 2,3		
	13:15	6	95,1	(Medición 6)-(Inicial) = 2,1		
<b>Sumatoria de Promedios</b>				1,3 + 3,3 + 13,6 + 18,8 + 2,1 + 13,6 = 52,7		
<b>Capacidad de Infiltración del Terreno (min/cm)</b>				(52,7) ÷ 6 = 8,78 = 9		

Fuente: El autor

El resultado (cuadro 3), muestra la capacidad de infiltración del agua en el suelo; donde se tiene que en el pozo 1, el agua tarda un tiempo de 1,3 minutos al infiltrar un centímetro de suelo; en el pozo dos (2) 3,3 minutos; pozo tres (3) 13,6 minutos; pozo cuatro (4) 18,8 minutos; pozo cinco (5) 2,1 minutos y pozo seis (6) 13,6 minutos. Realizando la sumatoria del resultado de infiltración de cada pozo y promediando este valor se obtuvo que la capacidad de infiltración del agua en el suelo en esta área, es de 9 minutos por centímetro de suelo (9 min/cm).

## 2.4. Caracterización física y química del suelo

Cuadro 4. Resultado del análisis físico y químico del suelo

Muestra	Profundidad (m)	Textura	pH	C.I.C.
1	0,60	Arenoso franco	5,4	8,20
2	1,20	Arenoso franco	6,23	11,9
3	1,80	Franco Arenoso	6,30	14,4
pH: Potencial hidrógeno; C.I.C.: Capacidad de intercambio catiónico				

**Fuente:** Resultado Laboratorio CIESSA

El resultado (cuadro 4), presenta la muestra de suelo a una profundidad de 60 centímetros y enseña una textura arenoso franco, con un pH ácido de 5,4 y capacidad de intercambio catiónico limitada de 8,20; mientras que la muestra 2 y 3 a profundidades de (1,20 y 1,80 m) respectivamente exhibe una textura arenoso franco y franco arenoso, con un pH ligeramente ácido de 6,23 y 6,30 y la capacidad de intercambio catiónico moderado con valores de 11,9 y 14,4 respectivamente.

### 3. Resultados para el Tercer Objetivo Especifico

**Diseñar e implementar la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de Chicaña**

#### 3.1. Aforo del agua residual

Cuadro 5. Caudales del agua residual doméstica

<b>CAUDAL DE AGUA RESIDUAL (l/min)</b>				
Nº muestreo	Hora	1M	2M	3M
1	08H00	0,12	0,12	0,13
2	12H00	0,16	0,17	0,15
3	18H00	0,21	0,20	0,21
<b>Caudales Medio</b>		<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>
<b>CAUDAL MÁXIMO: 0,21 l/min CAUDAL MÍNIMO: 0,12 l/min</b> <b>CAUDAL MEDIO: 0,16 l/min</b>				

Continuación.....

Cuadro 5. Caudales del agua residual doméstica

CAUDAL DE AGUA RESIDUAL (l/min)				
Nº muestreo	Hora	1M	2M	3M
1M: Primer muestreo (sábado, 28 de junio de 2014)				
2M: Segundo muestreo (domingo, 29 de junio de 2014)				
3M: Tercer muestreo (sábado, 05 de julio de 2014)				

Fuente: El autor

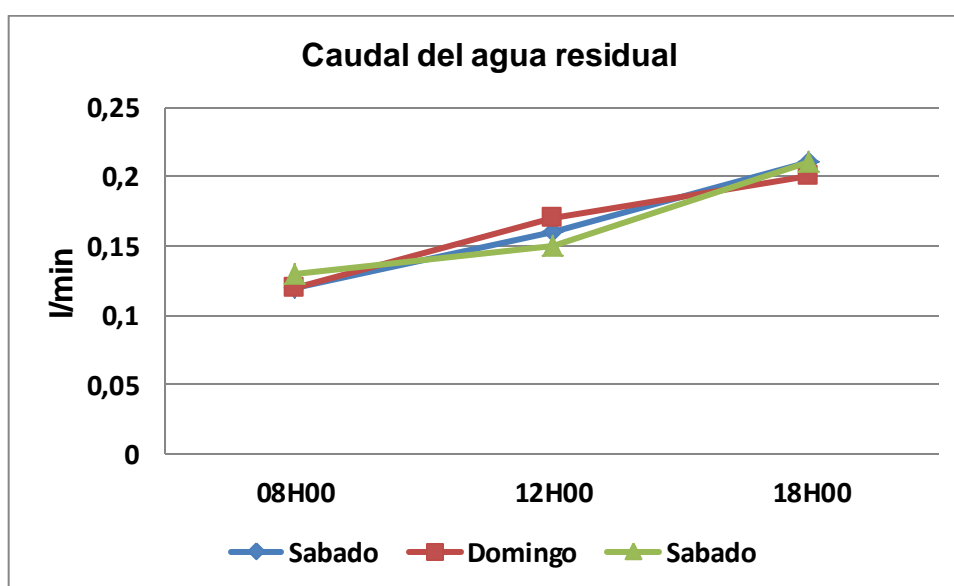


Fig. 20. Evolución del caudal del agua residual doméstica

El resultado de la (figura 20), muestra la evolución que ha experimentado el caudal del agua residual doméstica a lo largo de todo el proceso de muestreo. El caudal máximo registrado durante los aforos es de 0,21 l/min, el caudal mínimo de 0,12 l/min y el caudal medio es de 0,16 l/min.

Cuadro 6. Consumo mensual de agua potable

Nº	Mes	Consumo (m <sup>3</sup> )
1	Febrero	11
2	Marzo	9
3	Abril	11
4	Mayo	8
<b>Promedio</b>		<b>9,75</b>

Fuente: El autor

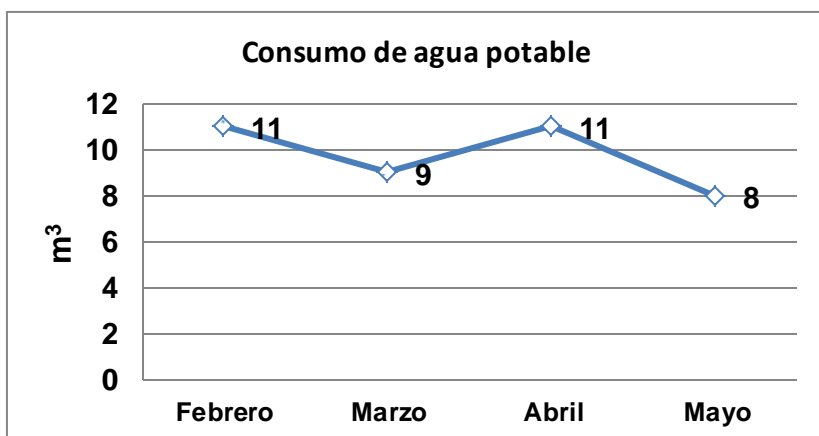


Fig. 21. evolución del consumo mensual de agua potable

### Cálculo del consumo de agua potable por persona al día

$$\frac{9,75 \text{ m}^3}{31 \text{ días}} = 0,315 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \quad 0,315 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min}} = 0,22 \text{ l/min}$$

$$\frac{0,315 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{5 \text{ personas}} = 0,063 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \quad 0,315 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} = 0,0036 \text{ l/s}$$

Resolviendo la ecuación se determinó un consumo de 63 litros (l) por persona al día y un consumo neto de  $3,6 \times 10^{-3}$  l/s en la vivienda.

El resultado (figura 21), muestra la evolución del consumo del agua potable, obteniendo un mayor consumo en los meses de febrero y abril y un menor consumo en el mes de mayo.

### 3.2. Parámetros que se tomaron en cuenta en el diseño de la zanja de infiltración

Cuadro 7. Parámetros de diseño

Aspectos	Unidad	Medida
Periodo de diseño	Años	20
Población actual	Habitantes	5
Tasa crecimiento poblacional	%	2
Población futura	Habitantes	7
Caudal de diseño	m <sup>3</sup> /s	$6,48 \times 10^{-6}$

Fuente: El autor

El resultado (cuadro 7), da a conocer los parámetros que se tomaron en cuenta al momento de diseñar la zanja de infiltración unifamiliar, donde la población actual es de 5 personas con una tasa de crecimiento del 2 por ciento (2 %), obteniendo una población futura en 20 años de 7 personas, generando un caudal de agua residual de seis coma cuarenta y ocho por diez a la menos seis metros cúbicos por segundo ( $6,48 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ ).

### 3.2.1 Cálculo de la población futura

$$Pf = Pa(1 + r)^n$$

$$Pf = 5 \text{ hab}(1 + 2\%)^{20 \text{ años}}$$

$$Pf = 5 \text{ hab}\left(1 + \frac{2\%}{100\%}\right)^{20 \text{ años}}$$

$$Pf = 5 \text{ hab}(1 + 0,02)^{20 \text{ años}}$$

$$Pf = 5 \text{ hab}(1,02)^{20 \text{ años}}$$

$$Pf = 5 \text{ hab}(1,486)$$

$$Pf = 7.43 \text{ hab}$$

$$Pf = 7 \text{ hab}$$

Resolviendo la ecuación, con un crecimiento poblacional del dos por ciento (2 %), en veinte años se obtiene una población futura de 7 personas.

### 3.2.2 Cálculo del caudal de diseño

$$Qd = P \cdot D \cdot C_r$$

$$Qd = 7 * 100 \text{ L/hab - día} * 0,8$$

$$Qd = 560 \text{ L/día}$$

$$Qd = 560 \text{ L/día} * 1 \text{ m}^3/1000\text{L} * 1 \text{ día}/ 86400\text{s}$$

$$Qd = 6,48 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Del cálculo del caudal de diseño como resultado se llegó a obtener que en veinte años se obtendrá un caudal de seis coma cuarenta y ocho por diez a la menos seis metros cúbicos por segundo.

### 3.2.3 Cálculo del volumen del tanque séptico

#### a) Cálculo del volumen para sedimentación

$$V_s = 10^{-3} (P) (Q) t_h$$

$$V_s = 10^{-3} * 7 \text{ hab} * \left(100 \frac{\text{Lt}}{\text{hab} - \text{dia}}\right) * 1 \text{ dia}$$

$$V_s = 0,7 \text{ m}^3$$

#### b) Cálculo del volumen para biodigestión

$$V_d = (0.5) (10^{-3}) (P * t_d)$$

$$V_d = (0,5)(10^{-3}) (7 \text{ hab}) \{28 (1,035)^{35-20}\}$$

$$V_d = (0,5)(10^{-3}) (7 \text{ hab}) \{28 (1,035)^{15}\}$$

$$V_d = 0,164 \text{ m}^3$$

#### c) Cálculo del volumen para el almacenamiento de lodos digeridos

$$V_a = 10^{-3} * r * P [n - (t_d / 365)]$$

$$V_a = (10^{-3}) \left(40 \frac{\text{Lt}}{\text{hab} - \text{año}}\right) (7 \text{ hab}) \{3 \text{ años} - [28 (.035)^{35-20}] / 365\}$$

$$V_a = (10^{-3}) \left(40 \frac{\text{Lt}}{\text{hab} - \text{año}}\right) (7 \text{ hab}) \{3 \text{ años} - [28 (1,035)^{15}] / 365\}$$

$$V_a = 0,804 \text{ m}^3$$

#### d) Cálculo del volumen total de líquido para el tanque séptico

$$V_{TL} = V_s + V_d + V_a$$

$$V_{TL} = 0,7 \text{ m}^3 + 0,164 \text{ m}^3 + 0,804 \text{ m}^3$$

$$V_{TL} = 1,67 \text{ m}^3$$

Con la generación de 100 litros de agua residual por persona al día en un número de 7 personas, con un tiempo de retención hidráulica de 1 día en el tanque séptico se genera un volumen para sedimentación de 0,7 m<sup>3</sup>; de igual manera con una población de 7 personas, en un tiempo de retención hidráulica de 1 día en el tanque séptico a una temperatura de veinte grados



Celsius (20 °C) del agua residual, se genera un volumen de la biodigestión de la materia orgánica de 0,164 m<sup>3</sup>; por otro lado en un número de siete personas a atender, con un periodo de limpieza de tres años del tanque séptico, en un tiempo de retención hidráulica de 1 día y a una temperatura de veinte grados Celsius (20 °C) del agua residual, se generara un volumen de almacenamiento de lodos digeridos de 0,804 m<sup>3</sup>; por último la sumatoria de todos los volúmenes que se generaran en el tanque séptico dan un total de líquido de 1,67 m<sup>3</sup>.

### 3.2.4 Diseño del tanque séptico

#### a) Cálculo del ancho interno del tanque séptico

Con el valor de volumen total de líquido (1,67 m<sup>3</sup>), se revisó la tabla 6 y se tomó el valor del ancho del tanque séptico que fue de 70 cm.

#### b) Cálculo del ancho externo del tanque séptico (A)

$A = \text{Ancho del tanque séptico} + 2 * \text{ancho de la pared (ladrillo)}$

$A = 0,70 \text{ m} + 2(0,15 \text{ m})$

**A = 1 m**

#### c) Cálculo del largo interno del tanque séptico (I)

$I = 3 * \text{ancho interno del tanque séptico}$

$I = 3 * 0,70 \text{ m}$

**I = 2,10 m**

#### d) Cálculo del largo externo del tanque séptico (L)

$L = 3 * \text{ancho interno del tanque séptico} + 2 * \text{ancho de la pared (ladrillo)}$

$L = 3 (0,70 \text{ m}) + 2 (0,15 \text{ m})$

$L = 2,1 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$

**L = 2,40 m**

### e) Cálculo de la altura interna del tanque séptico (h)

$$h = V_{TL} / (a * l) + \text{espacio libre sobre el nivel de los líquidos (0,30 m)}$$

$$h = [1,659 \text{ m}^3 / (0,70 * 2,10) \text{ m}] + (0,30 \text{ m})$$

$$h = [1,659 \text{ m}^3 / (1,47 \text{ m}^2)] + (0,30 \text{ m})$$

$$h = 1 \text{ m} + 0,30 \text{ m}$$

$$h = 1,30 \text{ m}$$

### f) Cálculo de la altura externa del tanque séptico (H)

H = altura interna del tanque séptico + espesor de la losa inferior de concreto (0,15 m) + espesor de la losa superior de concreto (0,10 m)

$$H = 1,30 \text{ m} + 0,15 \text{ m} + 0,10 \text{ m}$$

$$H = 1,55 \text{ m}$$

Cuadro 8. Dimensiones del tanque séptico

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MEDIDA
<b>Medidas Internas</b>		
Ancho (a)	m	0,70
Largo (l)	m	2,10
Profundidad de líquidos (h)	m	1,00
Altura total (h)	m	1,30
<b>Medidas Externas</b>		
Ancho (A)	m	1,00
Largo (L)	m	2,40
Altura (H)	m	1,55
Espesor de losa inferior de concreto	m	0,15
Espesor de la tapa de concreto	m	0,10
<b>Otras Dimensiones</b>		
Prolongación T's (e)	m	0,40
Espacio sobre el agua (s)	m	0,30
Diferencia, entrada/salida ( $\Delta$ )	m	0,08

**Fuente:** El autor

El resultado (cuadro 8), muestra las dimensiones internas del tanque séptico, el mismo que tiene un ancho de 0,7 metros, largo de 2,10 metros y una altura de 1,30 metros. El espesor de cada pared es de 0,15 m, donde las

dimensiones externas del tanque séptico son: Ancho 1 metro, largo 2,40 m, espesor de la losa inferior de concreto 0,15 m, espesor de la tapa de concreto 0,10 m y una altura de 1,55 m.

De igual forma el tubo de salida del tanque séptico está a 8 cm debajo del tubo de entrada; el espacio que existe sobre el nivel del agua y la tapa de concreto es de 30 centímetros y la prolongación de los tubos en las T's hacia abajo es de 0,40 centímetros (Ver anexo 7).

### 3.2.5 Diseño de las cámaras del tanque séptico

#### a) Cálculo de la primera cámara

$$L = (2/3 * l \text{ interno})$$

$$L = 2/3 (2,10 \text{ m})$$

$$L = 1,40 \text{ m}$$

#### b) Cálculo de la segunda cámara

$$L = (1/3 * l \text{ interno})$$

$$L = 1/3 (2,10 \text{ m})$$

$$L = 0,70 \text{ m}$$

Cuadro 9. Dimensiones de las cámaras del tanque séptico

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MEDIDA
Tanque séptico	m	2,10
Primera cámara	m	1,40
Segunda cámara	m	0,70
Espesor de pared	m	0,15

**Fuente:** el autor

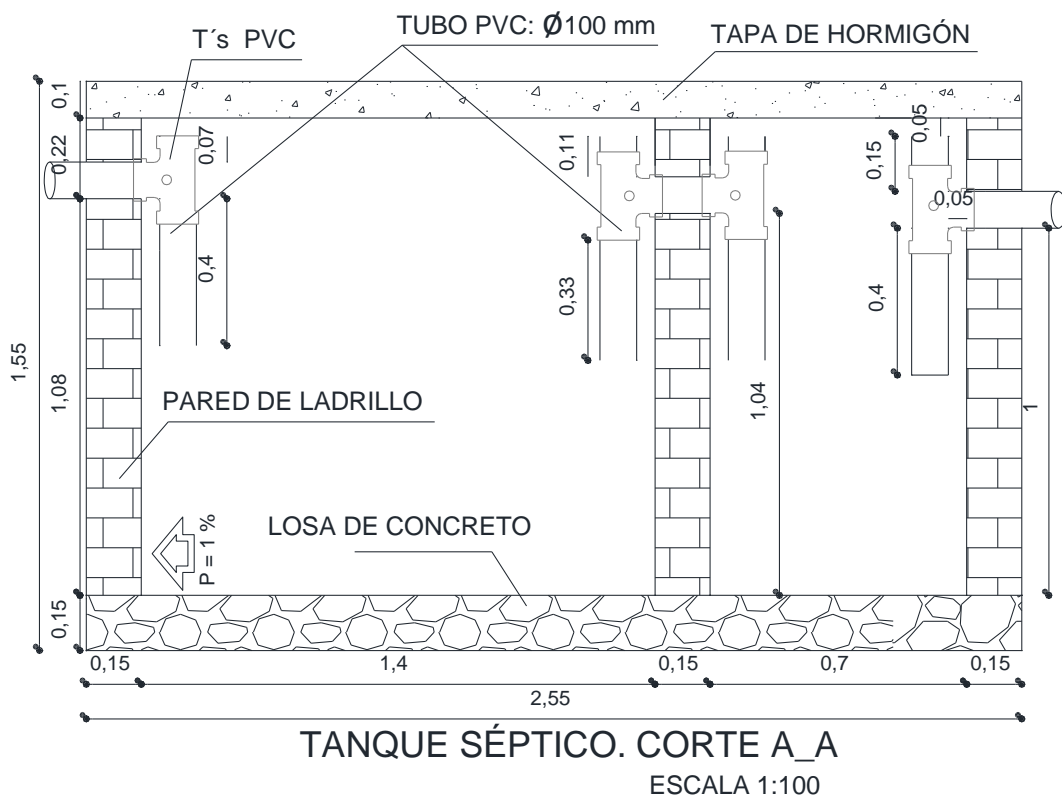
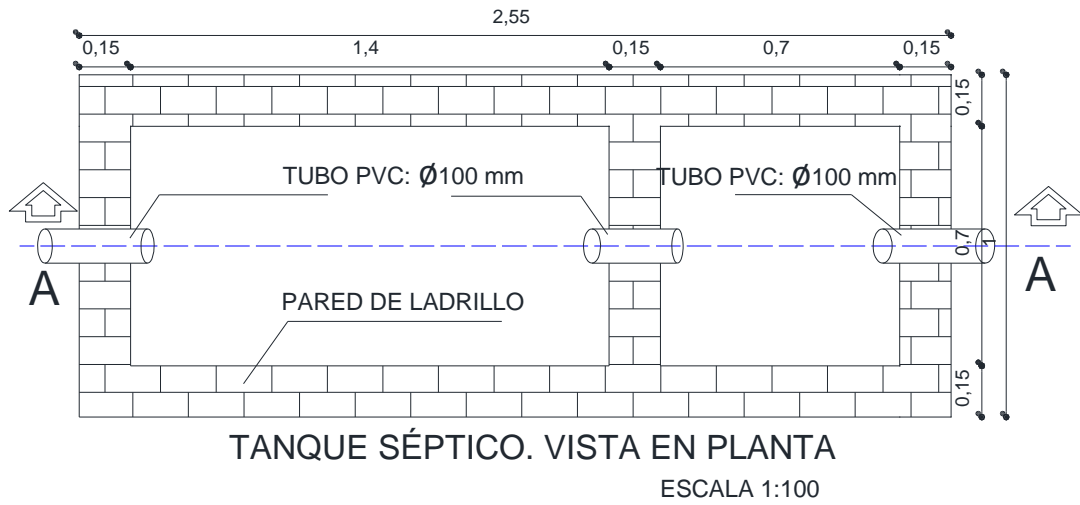


Figura 22. Dimensiones de las cámaras del tanque séptico  
**Fuente:** El autor

El resultado (cuadro 9), da a conocer las dimensiones de las cámaras, donde la primera cámara tiene una longitud de 1,40 m, la segunda cámara una longitud 0,70 m; con un espesor de pared de 0,15 m.

### 3.2.6 Diseño de la caja de distribución

Cuadro 10. Dimensiones de la caja de distribución

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MEDIDA
Ancho	m	0,60
Largo	m	0,60
Profundidad	m	0,45
Espesor de pared	m	0,10

Fuente: El autor

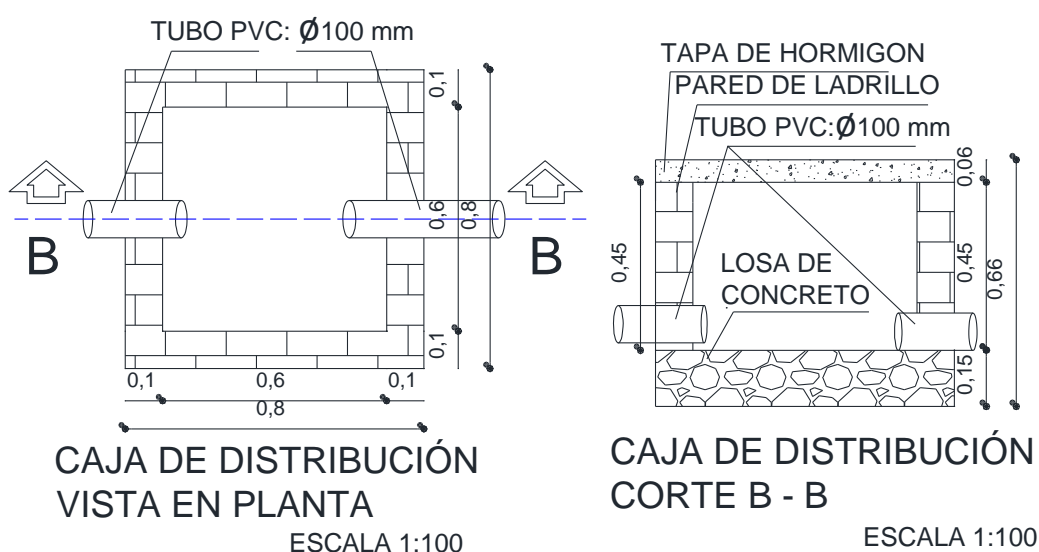


Figura 23. Dimensiones de la caja de revisión

Fuente: El autor

El resultado (cuadro 10), contiene las dimensiones de la caja de revisión, donde el ancho es de 0,60 m; el largo de 0,60 m, la profundidad de 0,45 m y el espesor de pared de 0,10 m.

### 3.2.7 Diseño del campo de infiltración

#### a) Cálculo del área de infiltración que se requiere en zanjas ( $A_i$ )

$$A_i = \frac{Qd}{V_p}$$

$$A_i = \frac{6,48 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{4,73 \times 10^{-7} \text{ m/s}} \quad A_i = 13,7 \text{ m}^2$$

**b) Cálculo del área verde requerida (Ac)**

$$Ac = \frac{Ai \times Fp}{1 - rc}$$

$$Ac = \frac{13,7 \frac{m^2}{s} \times 2,5}{1 - 0}$$

$$Ac = \frac{34,25 m^2}{1}$$

$$Ac = 34,25 m^2$$

**c) Ac = 34 m<sup>2</sup>**

**d) Cálculo del perímetro efectivo (Pe)**

$$Pe = \frac{0,77 (W + 56 + 2D)}{W + 116}$$

$$Pe = \frac{0,77 (0,3 m + 56 + 2 \times 0,3 m)}{0,3 m + 116}$$

$$Pe = \frac{0,77 (0,3 m + 56 + 0,6 m)}{0,3 m + 116}$$

$$Pe = \frac{0,77 (56,9 m)}{116,3 m}$$

$$Pe = \frac{43,813 m}{116,3 m}$$

**Pe = 0,38 m**

**e) Cálculo de la longitud total de las zanjas (Lz)**

$$Lz = \frac{Ai}{Pe}$$

$$Lz = 36 m / 3$$

**Lz = 12 m**

Cuadro 11. Dimensiones del campo de infiltración

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MEDIDA
Ancho de la zanja	m	0,3
Profundidad de la zanja	m	0,6
Longitud total de la zanja	m	36
Número de zanjas	U	3
Longitud de cada zanja	m	12
Separación entre zanjas	m	2

Fuente: El autor

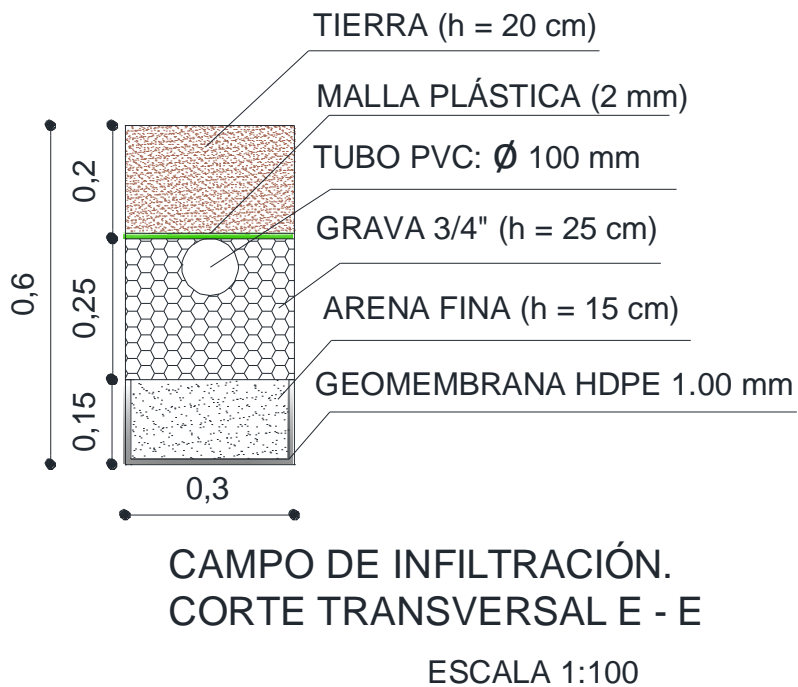
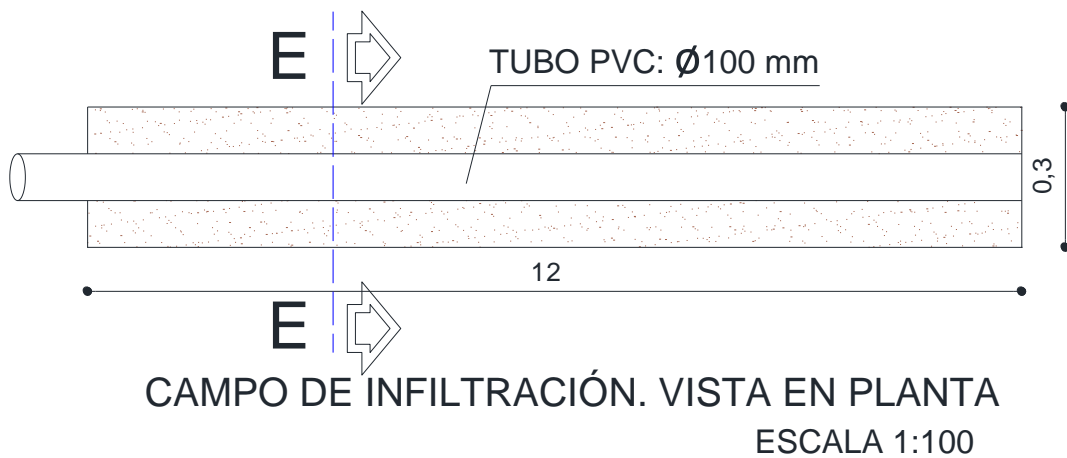


Figura 24. Dimensiones del campo de infiltración

Fuente: El autor

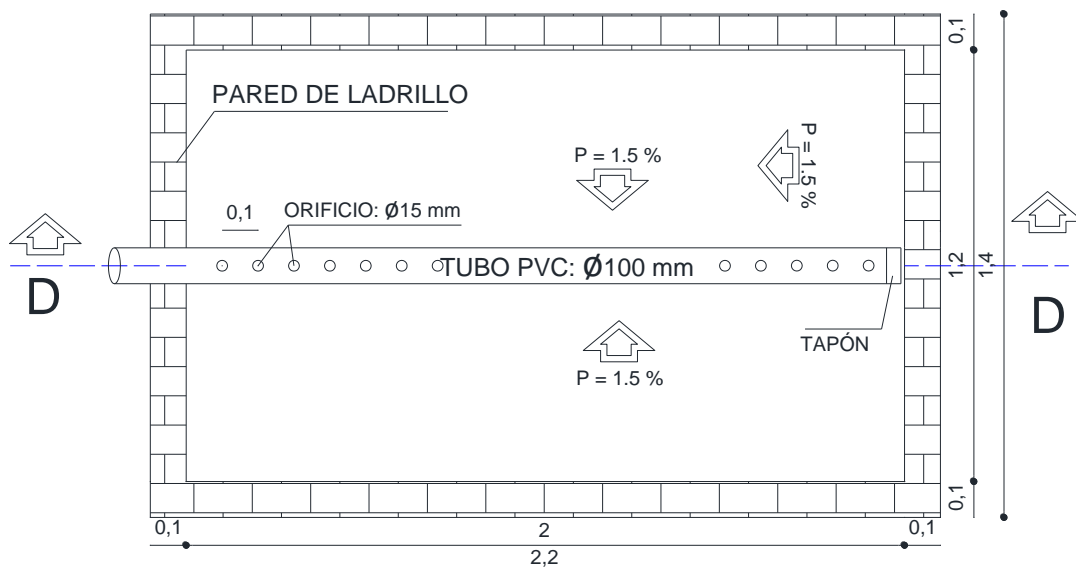
El resultado (cuadro 11), muestra las dimensiones del campo de infiltración, el mismo que se compone de 3 zanjas de 12 metros cada una, con un ancho de 0,3 m, una profundidad de 0,6 m y la separación entre ellas de 2 m.

### 3.2.8 Diseño del lecho de secado de lodos

Cuadro 12. Dimensiones del lecho de secado de lodos

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MEDIDA
<b>Medidas Internas</b>		
Ancho (a)	m	1,20
Largo (l)	m	2,00
Altura total (h)	m	0,80
<b>Medidas Externas</b>		
Ancho (A)	m	1,40
Largo (L)	m	2,20
Altura (H)	m	0,95
Espesor de losa inferior de concreto	m	0,15

Fuente: El autor



LECHO DE SECADO DE LODOS. VISTA EN PLANTA  
ESCALA 1:100



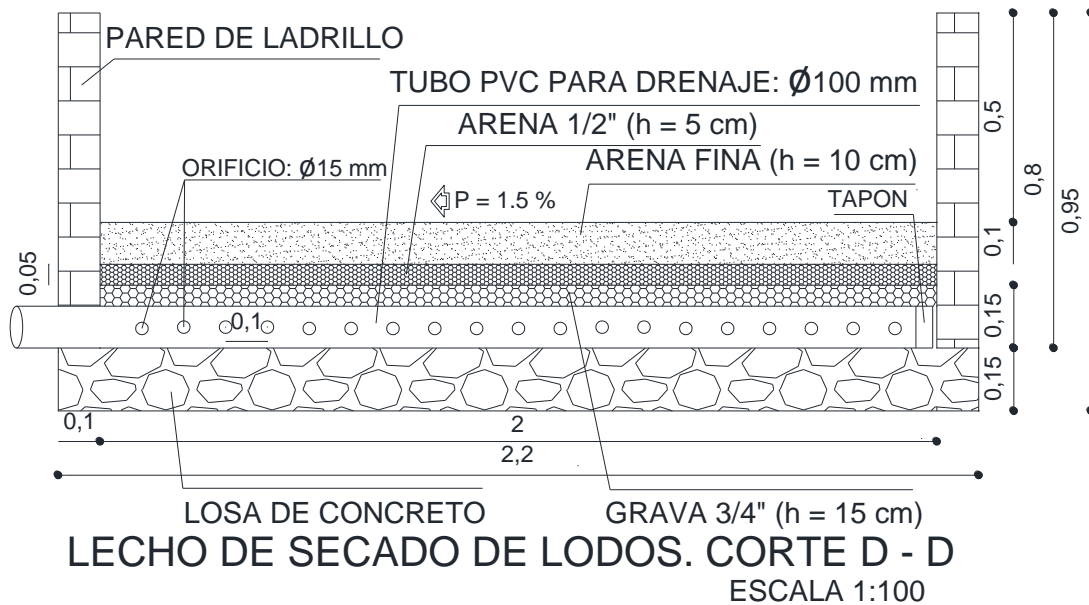


Figura 25. Dimensiones del lecho de secado de lodos

**Fuente:** El autor

El resultado (cuadro 12) demuestra las dimensiones del lecho de secado de lodos, donde las medidas internas son: Ancho 1,20 metros, largo 2 metros y altura 80 centímetros. Mientras que las medidas externas son: Ancho 1,40 metros, largo 2,20 metros, espesor de la losa inferior de concreto 15 centímetros y una altura de 95 centímetros.

Para la deshidratación de los lodos posee un tubo PVC de cuatro pulgadas (4") con pendiente de uno punto cinco por ciento (1,5%) ubicado en la parte central del lecho, sobre este un estrato de grava de tres cuartos de pulgada (3/4") de quince centímetros de espesor (15 cm), encima de este un estrato de grava de un medio de pulgada (1/2") de cinco centímetros de espesor (5 cm) y finalmente una capa de arena de uno punto tres milímetros (1,3 mm) de diez centímetros (10 cm) de espesor.

### 3.2.9 Presupuesto de construcción de la zanja de infiltración unifamiliar

El presupuesto de construcción de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de Chicaña, se lo realizó haciendo el análisis de precios unitarios, en el cuadro 13, se presenta el resumen del presupuesto de construcción que asciende a mil novecientos treinta coma setenta y cinco dólares americanos (1930,75 USD).

El presupuesto de construcción se reducirá, en el caso que la vivienda donde se vaya a implementar este sistema de tratamiento natural, cuente con las herramientas de construcción, mano de obra por parte del propietario y los materiales pétreos sean facilitados por el gobierno parroquial, de igual manera los análisis de agua y suelo no se los realizará. En este proyecto de investigación se realizó los análisis de agua y suelo, porque en base a los resultados de los análisis de laboratorio se justifica y se respalda el proyecto. En este caso el presupuesto estrictamente necesario para la construcción de obra será de seiscientos treinta y cuatro dólares americanos (634,00 USD).

Cuadro 13. Resumen del presupuesto de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de las aguas residuales domésticas

RUBRO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	PRECIO TOTAL
1	Herramientas de construcción	221,00
2	Materiales de construcción	869,75
3	Mano de obra	660,00
4	Análisis de laboratorio de agua y suelo	180,00
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>1930,75</b>

Fuente: El autor

### 3.2.10 Construcción de la zanja de infiltración

Se presenta un esquema fotográfico de cada una de las actividades realizadas durante la construcción del proyecto de investigación.

#### a) Construcción del tanque séptico



Fotografía 12. Excavación del pozo para construir el tanque séptico



Fotografía 13. Construcción de la losa de concreto de 0,15 m de espesor



Fotografía 14. Armado de las cámaras con paredes de ladrillo



Fotografía 15. Revestido del tanque séptico

## b) Construcción de la caja de distribución



Fotografía 16. Cimentación de la losa de concreto de 0,15 m de espesor



Fotografía 17. Armado, colocación de tubería y revestido de la caja de distribución

**c) Construcción de las tapas del tanque séptico y caja de distribución**



Fotografía 18. Construcción de tapas de hormigón armado de 0,80 x 0,80 m de dimensión x 0,07 m de espesor

**d) Construcción del campo de infiltración**



Fotografía 19. Excavación y nivelación de las zanjas



Fotografía 20. Colocación de geomembrana y arena de río en la zanja



Fotografía 21. Colocación de grava de  $\frac{3}{4}$ " y tubería de 100 mm en la zanja



Fotografía 22. Llenado con grava la red de tubería y colocación de una malla plástica



Fotografía 23. Llenado de la zanja con tierra orgánica formando un montículo



**e) Construcción del lecho de secado de lodos**



Fotografía 24. Cimentación de la loza de concreto del lecho de secado de lodos



Fotografía 25. Armado, colocación de tubo PVC y revestido del lecho de secado de lodos





Fotografía 26. Colocación de una capa de grava de  $\frac{3}{4}$ " y  $\frac{1}{2}$ " y arena de 1,3 mm en el lecho de secado de lodos

#### f) Puesta en funcionamiento



Fotografía 27. Puesta en marcha y funcionamiento la zanja de infiltración

### 3.2.11 Resultado del análisis de la muestra de agua residual tratada

Cuadro 14. Resultado del análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual tratada

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultado del análisis de la muestra de agua residual	Resultado del análisis de la muestra de agua residual tratada
<b>Análisis Físico</b>				
Temperatura	°C		19,7	18,4
Color real	Color real	UC	15	0
Turbiedad		N.T.U.	65	6
Sólidos Totales		mg/l	333	78,2
Sólidos Suspendidos		mg/l	110	6
Sólidos Sedimentables		mg/l	6,1	0
<b>Análisis Químico</b>				
Potencial Hidrógeno	pH		7,30	6,16
Aceite y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	Presencia	Ausencia
Nitrógeno Total	N	mg/l	3,40	1,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O <sub>5</sub>	mg/l	150	2
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/l	39	2
Fósforo Total	P	mg/l	3,20	0,09
<b>Análisis Microbiológico</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml		4,1E+03	30
Coliformes Fecales	NMP/100 ml		2,1E+03	2

**Fuente:** TULSMA Libro VI, anexo I tabla 12 y Resultado Laboratorio CIESSA

Los resultados (cuadro 14), muestra la remoción de sólidos suspendidos (SS), demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO) y fósforo en un noventa y cinco por ciento (95%); el nitrógeno en un sesenta y cinco por ciento (65%) y los coliformes totales y fecales en un noventa y nueve por ciento (99%). Los demás parámetros como la temperatura, color, turbiedad, sólidos totales, sólidos sedimentables, potencial hidrógeno (pH), aceites y grasas están dentro del límite permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce.

### a) Características físicas del agua residual doméstica tratada

La información relativa a las características físicas como: temperatura, color turbiedad, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables del agua residual doméstica tratada es la siguiente:

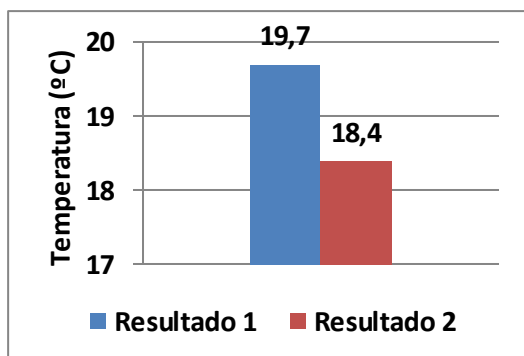


Fig. 26. Temperatura del agua residual

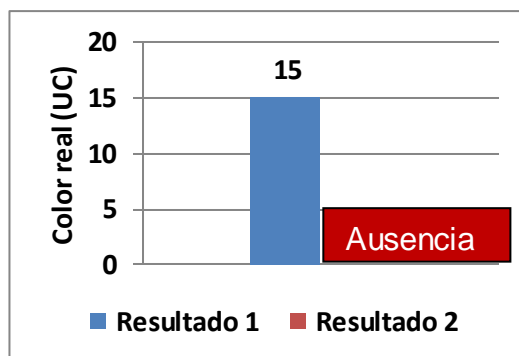


Fig. 27. Color del agua residual

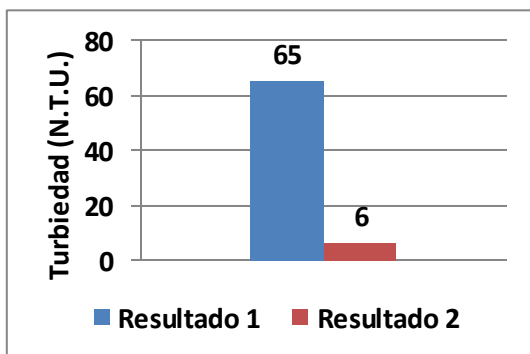


Fig. 28. Turbiedad del agua residual

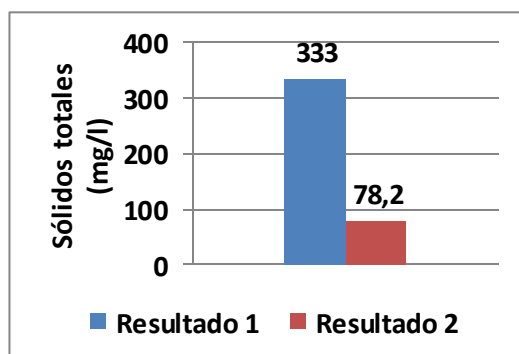


Fig. 29. Sólidos totales del agua residual

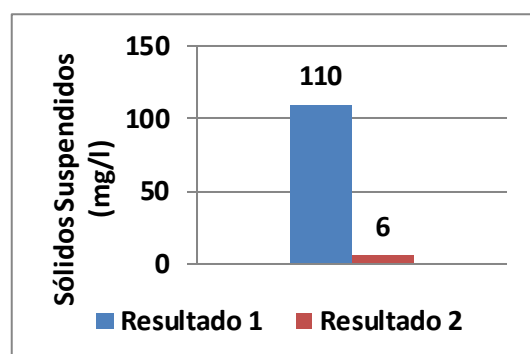


Fig. 30. Sólidos suspendidos del agua R.

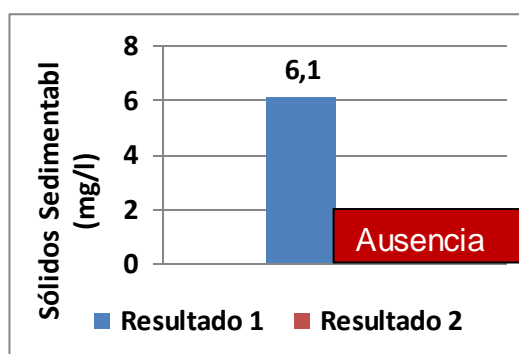


Fig. 31. Sólidos sedimentables del A. R.

El resultado 1, representa al resultado de laboratorio de la muestra de agua residual doméstica sin tratar y el resultado 2 representa al resultado de laboratorio de la muestra de agua residual doméstica tratada.

En la figura veinte y seis (26) se ilustra el valor de la temperatura, la misma que presenta un valor de 18,4 °C, menos 1,3 °C en referencia al resultado uno; mientras la figura veinte y siete (27) presenta al color con ausencia de unidades de color (UC), reduciendo en su totalidad las unidades de color en referencia al resultado uno. La figura veinte y ocho (28) exhibe a la turbiedad con 6 unidades nefelométricas de turbidez (NTU), demostrando una reducción de 59 (NTU) en comparación al resultado uno; de igual forma la figura veinte y nueve (29) presenta a los sólidos totales con un valor de 78,2 mg/l, presentando una reducción de 254,8 mg/l en relación al resultado uno. La figura treinta (30) muestra los sólidos suspendidos con una concentración débil de 6 mg/l, mostrando una reducción alta de 104 mg/l en relación al resultado uno y la figura treinta y uno presenta la ausencia de sólidos sedimentables, presentando una reducción total en comparación al resultado uno.

#### **b) Características químicas del agua residual doméstica tratada**

Los datos relativos a las características químicas como: pH, aceites y grasas, nitrógeno total, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total, fósforo total del agua residual doméstica tratada son los siguientes:

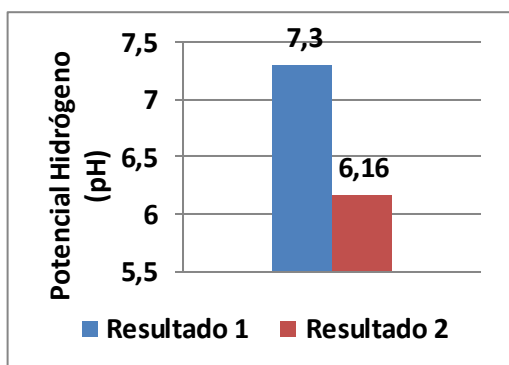


Fig. 32. pH del agua residual

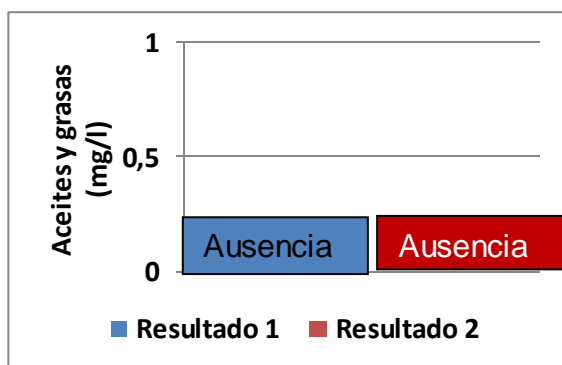


Fig. 33. Aceites y grasas del agua residual

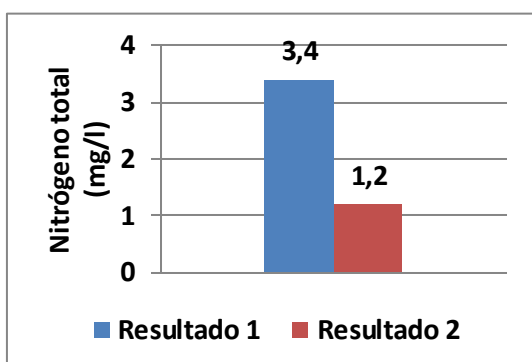


Fig.34. Nitrógeno total del agua residual

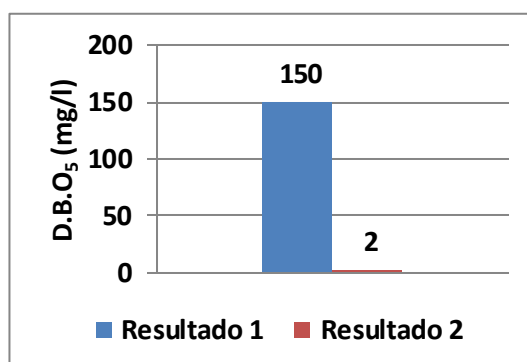


Fig. 35. D.B.O<sub>5</sub> del agua residual

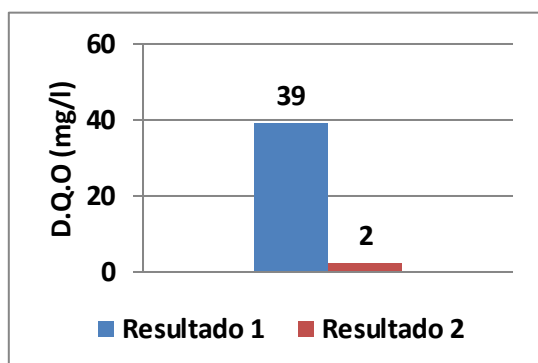


Fig. 36. D.Q.O del agua residual

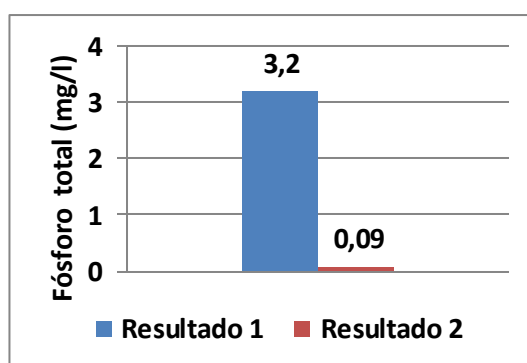


Fig. 37. Fósforo total del agua residual

La figura treinta y dos (32) exhibe al pH con un valor de 6,16; presentando una reducción de 1,14 en comparación al resultado uno. La figura treinta y tres (33) muestra una reducción total de aceites y grasas; mientras la figura treinta y cuatro (34) presenta al nitrógeno total con un valor débil de 1,2 mg/l mostrando una disminución de 2,2 mg/l en relación al resultado uno. La figura treinta y cinco (35) muestra a la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) con un valor de 2 mg/l, demostrando una reducción alta de 148 mg/l

en comparación al resultado uno; en cambio la figura treinta y seis (36) presenta a la demanda química de oxígeno (DQO) con una concentración débil de 2 mg/l, mostrando una reducción de 37 mg/l en relación al resultado uno. La figura treinta y siete (37) muestra al fósforo total con una concentración débil de 0,09 mg/l, demostrando una disminución de 3,11 mg/l en relación al resultado uno.

### c) Características microbiológicas del agua residual doméstica tratada

Los datos relativos a las características microbiológicas del agua residual doméstica como: coliformes totales, coliformes fecales del agua residual doméstica tratada se detallan a continuación:

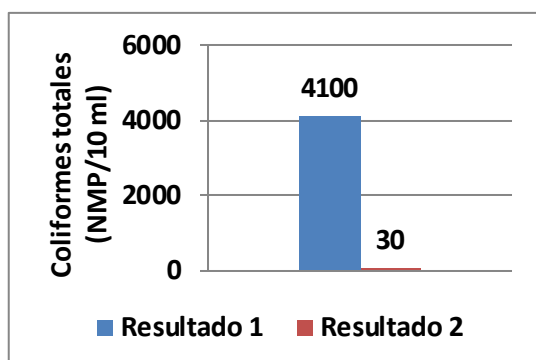


Fig. 38. Coliformes totales del agua R.

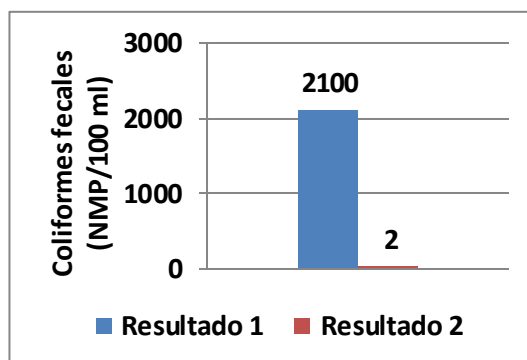


Fig.39. Coliformes fecales del agua R.

La figura treinta y ocho (38) presenta a los coliformes totales con una concentración débil de 30 número más probable (NMP)/100 ml, mostrando una alta reducción de 4070 NMP/100 ml en comparación al resultado uno; mientras la figura treinta y nueve (39) muestra a los coliformes fecales con una concentración débil de 2 NMP/100 ml, indicando una alta disminución de 2098 NMP/100 ml en relación al resultado uno.

#### 4. Resultados para el cuarto objetivo específico

##### **Socializar a los habitantes de la comunidad de Chicaña el diseño e implementación de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas**

La socialización de este proyecto de investigación se realizó en el salón de actos sociales de la casa comunal del Gobierno Parroquial de Chicaña, en el que participaron las autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Yantzaza (concejales), autoridades del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Chicaña (presidente y vocales) y autoridades de la parroquia Chicaña (representante del subcentro de salud, representantes de la escuela Padre Juan Gonzales) y compañeros estudiantes de la Universidad Nacional de Loja. Se dio inicio a la socialización con el saludo de bienvenida a todos los presentes y se dio a conocer la agenda preparada para la respectiva socialización que contuvo la siguiente temática: Tema, problemática, propósito, objetivos, metodología, resultados, conclusiones y recomendaciones; se hizo la entrega de un tríptico divulgativo, al final de la socialización se dio respuesta a todas las preguntas e inquietudes realizadas por los participantes, se registró su asistencia y se agradeció por su asistencia y participación; luego con todas las autoridades presentes se movilizó hasta el lugar del proyecto de investigación y se realizó una explicación del funcionamiento del mismo.



Fotografía 28. Socialización teórica y visita al proyecto de investigación

## **G. DISCUSIÓN**

### **1. Caracterizar la calidad del agua residual doméstica, a través de un análisis físico, químico y microbiológico en la comunidad de Chicaña**

El resultado obtenido de la caracterización física, química y microbiológica del agua residual doméstica de la vivienda elegida que se descargaba a un cuerpo de agua dulce se expone a continuación:

#### **a) Características físicas del agua residual doméstica**

La temperatura del agua residual doméstica, presenta un valor de 19,7 °C (anexo 5). Debido a que el contenido de materia orgánica de las aguas residuales incrementa la actividad microbiológica y por tanto se eleva la temperatura; esto concuerda con Metcalf y Eddy (1995), quien afirma “que el aumento de temperatura afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de oxígeno disuelto y la velocidad de reacciones bacterianas”. Cabe mencionar que en la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12, existe el límite máximo permisible para descarga a un cuerpo de agua dulce que es ( $< 35^{\circ}\text{C}$ ), por lo tanto la temperatura se encuentra dentro del límite permisible.

El color del agua residual doméstica, muestra una concentración fuerte de 15 unidades de color (UC) (anexo 5), debido a la incorporación de materia orgánica y heces humanas. Esto coincide con Contreras y Molero (2009), quien manifiesta “que el oxígeno disuelto en el agua residual se reduce a cero y el color cambia gradualmente de gris a gris oscuro para finalmente adquirir color negro”. Cabe recalcar que en la norma TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12, en los límites máximos permisibles el color es inapreciable, por lo tanto el color se encuentra fuera del límite permisible.

El valor de la turbiedad del agua residual doméstica es de 65 unidades nefelométricas de turbiedad (NTU) (anexo 5), esto con seguridad



se debe a la presencia de sólidos coloidales, representados por materia orgánica e inorgánica finamente dividida. Esto concierne con Jiménez (2001), quien manifiesta “que la turbiedad es debida a la existencia en el agua materia en suspensión de pequeño tamaño y organismos planctónicos”. De acuerdo al TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12, el límite máximo permisible de turbiedad es 100 NTU, de esta manera la turbiedad está dentro del límite permisible.

Los sólidos totales del agua residual doméstica presenta un valor de 333 mg/l (anexo 5), esto se debe al aporte de materia sólida (sólidos disueltos, en suspensión y sedimentables). Esto concuerda con lo mencionado por Metcalf y Eddy (2003), quien sostiene “que generalmente los sólidos totales en las aguas residuales constituyen los sólidos orgánicos (excretas humanas, desechos de productos alimentarios, carbohidratos) e inorgánicos (arenas, tierras, sales minerales)”. Este parámetro está dentro del límite permisible (1600 mg/l) establecido por la norma TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

Los sólidos en suspensión del agua residual doméstica presentan una concentración alta de 110 mg/l (anexo 5), debido a que esta contiene mayor cantidad de sólidos orgánicos y menor cantidad de sólidos inorgánicos. Esto concuerda con lo mencionado por Seoanez (2004), quien menciona que “estos sólidos se encuentran tanto en las aguas superficiales como residuales ya que son partículas sólidas orgánicas e inorgánicas (partículas flotantes, como trozos de vegetales, animales, basuras, arcillas, arenas, etc.) que se mantienen en suspensión dentro del agua”. Cabe señalar que este parámetro se encuentra fuera del límite permisible (100 mg/l) de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12, descarga de efluente a un cuerpo de agua dulce.

Los sólidos sedimentables que se encuentran en el agua residual doméstica presentan una concentración alta de 6,1 mg/l (anexo 5), esto se debe a que en el agua residual se encuentra sólidos tanto orgánicos

como inorgánicos. Esto coincide con Jiménez (2005), quien manifiesta que “estos sólidos contienen diversas cantidades de sustancias inertes no biodegradables que sedimentan en el fondo de un tanque, tales como: arenas, tierras, sales minerales, etc.” Este parámetro se encuentra fuera del límite máximo permisible (1 mg/l) de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12, descarga de un efluente a un cuerpo de agua dulce.

#### **b) Características químicas del agua residual doméstica**

En el agua residual doméstica se registró un valor de 7,30 pH correspondiendo a una solución alcalina (anexo 5), debido a que el agua residual contiene iones disueltos: carbonatos ácidos, carbonatos e hidróxidos. De acuerdo con Sánchez y Gándara (2011) quien menciona que “cuando el pH aumenta, predomina la alcalinidad por carbonatos e hidróxidos y por ende se produce la precipitación de carbonato de calcio, lo cual impide que el pH siga aumentando”. Este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible (5 – 9) de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12, descarga de un efluente a un cuerpo de agua dulce.

Para la medición en unidades de las grasas y aceites se requiere de un proceso largo y costoso, para este análisis solo se realizó la determinación de existencia o ausencia de este parámetro en el agua residual; donde se determinó la existencia de grasas y aceites, debido al uso de manteca, aceites vegetales en la cocina. Esto concuerda con Sainz (2007), quien manifiesta “que las grasas son los compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal”.

El nitrógeno total en el agua residual doméstica, presenta una concentración débil de 3,40 mg/l (anexo 5), debido a que el agua residual es de origen doméstico, donde existe la aportación de nitrógeno orgánico (excretas humanas, orinas, materia orgánica) y no compuestos nitrogenados utilizados en la agricultura e industria química. Esto concuerda con Orozco

(2005), quien manifiesta “que el nitrógeno normalmente está presente como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) su presencia se debe a los compuestos nitrogenados utilizados en la agricultura y en la industria química como por ejemplo el uso de fertilizantes y detergentes; nitrógeno orgánico es aportado a través de las excretas humanas”. Según Ramos et al. (2003), los datos del nitrógeno son necesarios para poder evaluar la tratabilidad de las aguas residuales por tratamiento biológico. Este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible (15 mg/l) de acuerdo a la norma TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12, descarga de un efluente a un cuerpo de agua dulce.

La demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ) en el agua residual doméstica presenta una concentración alta de 150 mg/l (anexo 5), debido a la presencia de materia orgánica en altas cantidades, no permite que los microorganismos puedan estabilizar la materia orgánica biodegradable, por la insuficiente cantidad de oxígeno; coincide con lo mencionado por Gil (2006), “que la cantidad de oxígeno consumida es proporcional a la materia orgánica metabolizada, pudiendo cuantificar la masa orgánica que existe en un determinado desecho y que hará posible el posterior dimensionamiento de las unidades de tratamiento, así como la determinación de su eficiencia”. Este parámetro está fuera del límite máximo permisible (100 mg/l) de acuerdo a la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

La demanda química de oxígeno (DQO) presente en el agua residual doméstica tiene una concentración débil de 39 mg/l (anexo 5), se debe a la presencia de materia orgánica presente en una muestra líquida mediante oxidación química; esto concuerda con el INEN (1992) quien indica que “la materia orgánica necesita una cantidad necesaria de oxígeno para su oxidación mediante la utilización de un fuerte oxidante químico en un medio ácido, se usa dicromato de potasio como oxidante”. Este parámetro se encuentra dentro del límite permisible (250 mg/l) de acuerdo a la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

En el agua residual doméstica el fósforo total presenta una concentración débil de 3,20 mg/l (anexo 5) debido a los desechos humanos y utilización de detergentes sintéticos en la limpieza del hogar. Esto concuerda con Romero (2000), quien manifiesta “que en aguas residuales domésticas la concentración de fósforo es de 1 a 15 mg/l”. Este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible (10 mg/l) de acuerdo a la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

### **c) Características bacteriológicas del agua residual doméstica**

Los coliformes totales presentes en el agua residual doméstica muestra una concentración fuerte de 4100 NMP/100 ml (anexo 5). Los coliformes son indicadores de la existencia de organismos productores de enfermedades, por tanto su presencia puede detectarse con facilidad y utilizarse como norma de control sanitario. Este parámetro sobrepasa el límite máximo permisible (1000 NMP/100 ml) e acuerdo a lo establecido por la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

Los coliformes fecales presentes en el agua residual doméstica presentan una fuerte concentración de 2100 NMP/100 ml (anexo 5), se debe a que las bacterias presentes en las aguas residuales provienen de excretas humanas de personas enfermas, las bacterias se colonizan en el tracto intestinal del hombre y son frecuentemente expulsadas en las heces fecales, contaminando las aguas, son indicadores de la existencia de organismos productores de enfermedades; concuerda con lo mencionado por Pascual (1992), quien menciona que “estos microorganismos presentes en las aguas residuales provienen de desechos humanos y animales, son causantes de enfermedades parasitarias y se considera el género *Escherichia*, especie *coli*, como la población más representativa de contaminación fecal”. Este parámetro sobrepasa el límite máximo permisible (remoción > 99%) de acuerdo a lo establecido en la norma TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

## **2. Determinar los parámetros de dimensionamiento para el diseño de una zanja de infiltración unifamiliar en la comunidad de Chicaña**

En la entrevista realizada a la familia elegida, se determinó que la vivienda pertenece a la familia Delgado Romero, está integrada por cinco miembros, los mismos que llevan treinta y dos años (32) de residencia en el lugar, ubicada en la cabecera parroquial de Chicaña, cuentan con servicio de agua potable y la eliminación de las aguas residuales domesticas las vierten al ambiente.

Se determinó la profundidad de la capa freática que se encuentra mayor a dos metros de altura; esto concuerda con Mariñelarena (2006), quien manifiesta que “la altura entre el fondo de la zanja y el nivel freático debe ser mínimo de uno punto veinte metros (1,20 m)”.

En la prueba de infiltración del terreno se determinó que la capacidad de absorción de agua en el suelo es de nueve minutos por centímetro de suelo (9 min/cm). Esto concierda con Mariñelarena (2006), quien menciona que “un terreno se considera apto si el tiempo de absorber un centímetro (1 cm) de agua está entre dos a veinte y cuatro minutos (2 – 24 min)”.

En la caracterización física del suelo se determinó que la textura a una profundidad de sesenta centímetros (60 cm), uno punto veinte metros (1,20 m) es arenoso – franco y a una profundidad de uno punto ochenta metros (1,80 cm) es franco – arenoso. Esto concierda con Moreno (2002), quien menciona que “los suelos que se consideran aptos para la infiltración rápida son los suelos con texturas arenosas o arenosas – limosas”. Cabe recalcar que la determinación de la textura del suelo se realizó solo en el centro del campo de infiltración, razón por la cual existen variaciones de textura entre una zanja y otra por que la textura del suelo no es uniforme en toda el área del campo de infiltración. En la caracterización química del suelo

a una profundidad de sesenta centímetros (60 cm) se obtuvo un pH de 5,4; a profundidades de uno punto veinte y uno punto ochenta metros (1,20 – 1,80 m) se obtuvo un pH de seis punto veinte y tres y seis punto treinta (6,23 – 6,30). Esto concuerda con Seoanez (2004), quien sustenta que “el pH más apropiado para que la naturaleza tenga nutrientes disponibles, debe ser ligeramente ácido de cinco coma seis a seis coma cuatro (5,6 – 6,4 pH) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) a una profundidad de sesenta centímetros presenta un valor de ocho coma veinte (8,20), a profundidades de uno punto veinte y uno punto ochenta metros (1,20 – 1,80 m) muestra una capacidad de intercambio catiónico de once coma nueve y catorce coma cuatro (11,9 – 14,4). Esto coincide con lo mencionado por Romero (2000), quien menciona que “la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, a mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su capacidad de intercambio catiónico (CIC). Existe una capacidad limitada de intercambio catiónico (CIC) si los miligramos equivalentes de hidrógeno por cada cien gramos de coloide (meq/100g) se encuentra en un rango de uno a diez (1 – 10), una capacidad de intercambio moderada si se encuentra los (meq/100g) dentro de un rango de once a veinte (11 – 20).” De esta forma se ha determinado que existe una moderada acción de los microorganismos del suelo con el agua residual, aumentando la eficiencia de remoción de contaminantes.

### **3. Diseñar e implementar la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de Chicaña**

El resultado obtenido del aforo del agua residual presenta un valor máximo de  $3,5 \times 10^{-3}$  l/s y el consumo neto mensual de agua potable por la familia de  $3,6 \times 10^{-3}$  l/s, determinando de esta forma que cierta cantidad de agua se consume en el cocido de alimentos, bebida y usos similares; por tal

razón la cantidad de agua residual que sale de la vivienda es menor a la cantidad de agua potable que se consume en la vivienda.

Para el diseño de la zanja de infiltración se tomó en cuenta una población de cinco personas, crecimiento poblacional del dos por ciento (2%) valor que ha sido tomado del INEC (2010), con una vida útil de veinte años. Esto concuerda con Rosales (2008), quien menciona “que la capacidad mínima de la zanja de infiltración debe ser calculada para cinco personas”. De igual manera coincide con el INEN (1992), donde se establece que “en ningún caso se proyectaran obras definitivas con periodos de diseño menores a quince (15) años”. Tomando en cuenta estos parámetros y desarrollando las ecuaciones matemáticas se calculó el caudal de diseño y se obtuvo un caudal de  $6,48 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ .

La zanja de infiltración está integrada por los siguientes componentes: tanque séptico, caja de distribución, campo de infiltración y lecho de secado de lodos; se procedió a calcular las dimensiones de cada uno de los elementos. Para el cálculo de las dimensiones del tanque séptico se revisó las ecuaciones matemáticas propuestas en la investigación denominada: Tanques sépticos conceptos teóricos base y aplicaciones realizada por Rosales (2008); donde el largo del tanque séptico es de dos punto cuarenta metros (2,40 m), el ancho de setenta centímetros (70 cm) y el alto de uno punto treinta metros (1,30 m) con un espesor de paredes de quince centímetros (15 cm); para mejorar la eficiencia de funcionamiento del tanque se lo dividió en dos cámaras, donde la primera cámara es de uno punto cuarenta metros (1,40 m) y la segunda de setenta centímetros (70 cm); esto coincide con González (s.f.), quien menciona “que en los tanques con doble cámara existe menor cantidad de sólidos suspendidos y la sedimentación en la primera cámara es mayor, las partículas más finas que hayan rebasado la primera cámara, encuentran condiciones favorables en la segunda cámara”; el tanque séptico está diseñado para un volumen de uno coma sesenta y siete metros cúbicos ( $1,67 \text{ m}^3$ ). El INEN (1992), sostiene

que las dimensiones de la caja de distribución no deben ser inferiores a sesenta centímetros (60 cm); por otro lado el campo de infiltración tiene un ancho de zanja de treinta centímetros (30 cm), profundidad de sesenta centímetros (60 cm), longitud de doce metros (12 m), con un número de tres (3) zanjas y la separación entre ellas de dos metros (2 m). Esto concierne con el Conagua (2013), quien manifiesta que “la profundidad de una zanja de infiltración es de sesenta centímetros (60 cm) y el ancho de zanja de treinta centímetros (30 cm)”, mientras Rosales (2008), muestra que “la longitud total de la zanja (Lz) se obtiene de la relación entre el área de absorción (Ac) y el perímetro efectivo (Pe)”. El lecho de secado de lodos tiene de largo dos metros (2 m), de ancho uno punto veinte metros (1,20 m) y una altura de ochenta centímetros (80 cm).

La construcción de la zanja de infiltración se la realizó en treinta días, doce días en periodo de verano y dieciocho días en periodo de invierno, debido a que en la cabecera parroquial de Chicaña la etapa de invierno es desde el mes de Marzo a Julio de acuerdo a los datos de los factores climáticos encontrados en el Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquial de Chicaña (PDOTP – Chicaña, 2011).

**a) Presupuesto de construcción de la zanja de infiltración unifamiliar**

El presupuesto de construcción de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la parroquia Chicaña es de mil novecientos treinta punto setenta y cinco dólares americanos (1930,75USD); donde las herramientas de construcción tiene un costo total de doscientos veinte y un dólares (221,00USD), los materiales de construcción tiene un costo total de ochocientos sesenta y nueve punto setenta y cinco dólares (869,75USD), la mano de obra tiene un costo total de seiscientos sesenta dólares (660,00USD) y los análisis de laboratorio de las muestras de agua y suelo tiene un costo total de ciento ochenta dólares (180,00USD). En la construcción de la zanja de infiltración



unifamiliar el costo total de las herramientas de construcción se ahorró debido a que se contó con la disponibilidad de estas herramientas. El gasto total en este proyecto de investigación fue de mil setecientos nueve punto setenta y cinco dólares americanos (1709,75 USD).

Cabe mencionar que si la vivienda cuenta con las herramientas de construcción, mano de obra por parte del propietario, donación de material pétreo por el gobierno parroquial para la implementación de este sistema de tratamiento, cuyo costo de obra se reducirá y el presupuesto estrictamente necesario será de seiscientos treinta y cuatro dólares americanos (634,00 USD).

#### **b) Características físicas del agua residual doméstica tratada**

En el agua residual doméstica tratada, la temperatura ha experimentado una reducción de diecinueve punto siete grados centígrados a dieciocho punto cuatro grados centígrados (19,7 - 18,4°C) (anexo 6). Esto concuerda con Metcalf y Eddy (1995), quienes sostienen que “la reducción de la temperatura es debido al grado de tratamiento que recibe un afluente”. Este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible según la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

En el agua residual doméstica tratada, el color presenta la ausencia de unidades de color (UC) demostrando una reducción total de quince unidades de color (15) (anexo 6) con este sistema de tratamiento natural. Esto coincide con Rigola (1989), quien manifiesta que “para eliminar el color el principal tratamiento es la filtración”. Este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible que es inapreciable en disolución según la norma del TULSMA Libro VI, anexo I, tabla 12.

La turbiedad en el agua residual doméstica tratada presenta una reducción de 100 NTU a 65 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) (anexo 6) que representa un porcentaje de treinta y cinco por ciento (35%). Esto concuerda con Jiménez (2005), quien indica que “turbiedad es debida a

la existencia en el agua de materia en suspensión finamente dividida y cuando mayor es, mayor es la contaminación del agua”. Este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce, según la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

El agua residual doméstica tratada presenta una alta reducción de sólidos totales de treientos treinta y tres a setenta y ocho punto dos miligramos por litro (333 - 78,2 mg/l) que representa un porcentaje del setenta y cinco por ciento (75%) (Anexo 6). Esto concierne con Socorro (2010), quien indica que “en una planta de tratamiento de aguas residuales en Chihuahua-México y reutilizada en riego se obtuvo una alta reducción en sólidos totales”. Este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce (1600 mg/l), según la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

Los sólidos suspendidos en el agua residual doméstica tratada han experimentado una alta reducción con el tratamiento natural de ciento diez a seis miligramos por litro (110 – 6 mg/l), representando al noventa y cinco por ciento (95%) en comparación con el resultado uno (Anexo 6). Esto concuerda con Kanarek et al. (1993) quien menciona que “en un proyecto realizado en la región de Dan (Israel) consiguió una completa eliminación de sólidos suspendidos”.

El agua residual doméstica tratada muestra una completa eliminación de sólidos suspendidos de seis coma uno a cero miligramos por litro (6,1 – 0 mg/l) (anexo 6). Esto concuerda con Orozco (2005), quien menciona que “en el fondo de un recipiente cónico se sedimentan los sólidos sedimentables en un periodo de cuarenta y cinco minutos (45 min) y representan la cantidad de lodo removible por sedimentación simple”. Este parámetro está dentro del límite máximo permisible de descarga aun cuerpo de agua dulce (1 mg/l), según la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

### **c) Características químicas del agua residual doméstica tratada**

El agua residual doméstica tratada presenta una reducción de pH de siete coma tres a seis coma dieciséis (7,3 – 6,16) (anexo 6) en relación al resultado uno. Esto coincide con Socorro (2010), quien indica que “en una planta de tratamiento de aguas residuales en Chihuahua-México y reutilizada en riego se obtuvo una reducción de pH de siete punto seis a siete punto dos (7,6 – 7,2). Este parámetro está dentro del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce (pH 5 – 9) según la norma TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

En el agua residual doméstica tratada los aceites y grasas presentaron una reducción total, demostrando la ausencia del mismo (anexo 6), debido a que en el agua residual doméstica solo existen aceites y grasas de origen vegetal y animal que son biodegradables con tratamiento biológico. Este parámetro está dentro del límite máximo permisible (0,3 mg/l) según la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

El nitrógeno en el agua residual doméstica tratada experimento una reducción de tres coma cuatro a uno coma dos miligramos por litro (3,4 – 1,2 mg/l) el cual representa un porcentaje del sesenta y cinco por ciento (65%) (Anexo 6). Esto concuerda con Bouwer et al. (1980), quien demostró que “al hacer pasar un efluente secundario a través de 3,3 metros de zona no saturada de suelo se consiguió reducciones del treinta al sesenta y cinco por ciento (30 – 65 %) de nitrógeno”.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) en el agua residual doméstica tratada experimento una reducción de ciento cincuenta a dos miligramos por litro (150 - 2 mg/l) que representa un porcentaje del noventa y cinco por ciento (95%) (Anexo 6). Esto concuerda con Bouwer et al (1980), quien demostró que “al hacer pasar un efluente secundario a través de 3,3 metros de zona no saturada de suelo se consiguió una reducción casi del

cien por ciento (100%) de DBO<sub>5</sub>. Este parámetro se encuentra dentro del límite máximo permisible de descarga a un cuerpo de agua dulce, según la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

En el agua residual doméstica tratada la demanda química de oxígeno (DQO) presento una reducción de treinta y nueve a dos miligramos por litro (39 – 2 mg/l) representando un porcentaje del noventa y cinco por ciento (95%) (Anexo 6). Esto coincide con Mantecón et al. (1991), quien indica que “la zanja de infiltración es capaz de reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DQO) entre el setenta al ochenta por ciento (70 – 80%)”.

El fósforo total en el agua residual doméstica tratada presento una reducción fuerte de tres coma veinte a cero coma cero nueve miligramos por litro (3,20-0,09mg/l) que representa un porcentaje de noventa y cinco por ciento (95%) (Anexo 6). Esto concuerda con Kanarek et al. (1993), quien menciona que “en un proyecto realizado en la región de Dan (Israel) consiguió una reducción del cincuenta al noventa por ciento (50-90%) de fósforo (P)”.

#### **d) Características bacteriológicas del agua residual doméstica tratada**

Los coliformes totales en el agua residual doméstica tratada ha experimentado una reducción de 4100 NMP/100ml a 30 NMP/100ml que representa un porcentaje de noventa y nueve por ciento (99%) (Anexo 6). Esto concierda con Nema et al. (2001), quien manifiesta que “en un estudio piloto realizado en Ahmedabad (India) a través de un sistema de tratamiento suelo – acuífero, se obtuvo una alta eliminación de bacterias y virus”.

Los coliformes fecales en el agua residual doméstica tratada presento una alta reducción de 2100 NMP/100ml a 2 NMP/100ml que representa un porcentaje de noventa y nueve por ciento (99%) (Anexo 6). El resultado concuerda con Kanarek et al. (1993), quien muestra que “en un

proyecto realizado en la región Dan (Israel) que consistió en un sistema de tratamiento suelo-acuífero se obtuvo una completa eliminación de coliformes, bacterias (*Escherichia coli*). Este parámetro está dentro del límite máximo permisible (remoción > 99%) para descarga a un cuerpo de agua dulce, según la norma del TULSMA libro VI, anexo I, tabla 12.

#### **4. Socializar a los habitantes de la comunidad de Chicaña el diseño e implementación de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas**

La socialización del proyecto de investigación se realizó el día Lunes 25 de Agosto del año 2014 a las 10H00 AM (diez de la mañana) en la Casa Comunal del Gobierno Parroquial de Chicaña, con el tema: “Diseño e implementación de una zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la comunidad de Chicaña”; la misma que contó con la presencia de autoridades del Gobierno municipal del cantón Yantzaza, Gobierno parroquial de Chicaña y autoridades de la parroquia Chicaña. Este evento se lo realizó en dos etapas, en la primera etapa se realizó una presentación teórica del mencionado proyecto de investigación y tuvo una duración de una hora, el mismo que fue un tema interesante y tuvo una buena acogida por los presentes, uno de ellos enfatizó que es necesario unificar esfuerzos entre las autoridades cantonales y parroquiales y replicar este proyecto de saneamiento básico en aquellas viviendas rurales de la parroquia que no disponen de un tratamiento de aguas residuales. Y en la segunda etapa se realizó la visita al proyecto de investigación, donde se dieron respuesta a aquellas expectativas que generaron los presentes en la presentación teórica del proyecto.

## H. CONCLUSIONES

Luego de desarrollar el presente proyecto de investigación se ha considerado pertinente plantear las siguientes conclusiones:

- La caracterización física, química y bacteriológica del agua residual generada en la vivienda elegida, ha permitido determinar que su composición corresponde a la de un agua biodegradable y de origen doméstico, siendo tratable por un método natural (zanja de infiltración)
- El resultado del ensayo de suelo in-situ y el análisis físico-químico en laboratorio muestra la presencia de un suelo arenoso-franco de buena permeabilidad, adecuado para realizar el proceso de depuración mediante una zanja de infiltración.
- La prueba de infiltración es conveniente realizarla, luego que se haya saturado el suelo, ya que esta es la condición más desfavorable del suelo para infiltrar.
- La determinación del área de absorción de un campo de infiltración depende básicamente de los resultados obtenidos en la prueba de infiltración; por esta razón es importante que los resultados obtenidos en esta prueba sean confiables.
- La selección del tratamiento natural de depuración del agua residual doméstica, zanja de infiltración ha sido escogida en función de los factores demográficos, características del agua residual, suelo y costos de construcción y mantenimiento.
- El tipo de tubería más utilizada en la zanja de infiltración son las de PVC de 100 mm de diámetro (4")
- El impacto ambiental generado en la construcción de la zanja de infiltración es mínimo, por lo que se aprovecha las características del suelo como medio depurador del agua residual.

## I. RECOMENDACIONES

Una vez concluido el presente proyecto de investigación, se ha considerado pertinente plantear las siguientes recomendaciones:

- Es fundamental que la caracterización del agua residual y del suelo este correcta porque de ellos depende el buen funcionamiento del tratamiento natural.
- Es recomendable, siempre realizar la prueba de infiltración in-situ del suelo, para conocer el grado de percolación que tiene y determinar si es apto para construir una zanja de infiltración.
- Para que la zanja de infiltración funcione correctamente en el tiempo para el cual fue diseñada, es necesario realizar las labores de limpieza de acuerdo a lo que se detalla en el ítem de mantenimiento.
- La zanja de infiltración es un tratamiento natural recomendable solamente para comunidades urbanas y rurales con poblaciones de hasta 5000 habitantes que generen una agua residual típicamente urbana, que no contenga vertidos de origen industrial, ya que si contiene alguna sustancia química adicional se debería hacer el estudio puntual para definir el tratamiento para eliminarla.
- Es fundamental el tratamiento de las aguas residuales, gracias a ello se disminuye la contaminación de los cauces naturales, que aguas abajo son utilizados para el abrevadero de animales, actividades agropecuarias e incluso el consumo humano.
- Replicar este proyecto de investigación en otras viviendas rurales, pues se ha determinado que la zanja de infiltración depura de manera eficiente el agua residual doméstica y el costo de construcción y mantenimiento es reducido.

## **J. BIBLIOGRAFÍA**

Acosta, R. 2008. Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos. 1 ed. Argentina, Editorial Brujas. P. 40, 64

Adams, M. 1995. Fundamentos de química de suelos. Caracas, V., s.e. p. 353

Aguilar, M.; Sáenz, J.; Llorens, M.; Soler, A.; Ortuño, J. 2002. Tratamiento físico - químico de aguas residuales: Coagulación - floculación. 1 ed. España, Editorial Universidad de Murcia. p. 81

Albert, F. 2012. Restauración del paisaje. España. Ediciones Paraninfo. p. 43

Arias, A. 2001. Suelos tropicales. 1 ed. Costa Rica, s.e. p. 50, 56 - 57 – 58, 94 -95

Ayala, C. 2008. Manual para el diseño de unidades de tipo biológico en plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas en el Salvador. Tesis Ing. Civil. San Salvador, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. 525 p.

Baird, C. 2001. Química ambiental. Edición original. Barcelona, E, Editorial Reverte, S.A. p. 439

Bautista, C. 2003. Aguas Guía Técnico – Jurídico. Madrid, E, Editorial Artes gráficas cuesta, S.A. p. 29

Bermeo, L; Santín, J. 2010. Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para el tratamiento de aguas residuales domesticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanamá. Tesis Ing. Civil. Loja, Ecuador, Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ingeniería Civil. 160 p.

Borja, M. 2011. Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales de la ciudad de Guaranda. Tesis Ing. Biotecnología Ambiental. Riobamba,



Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ciencias Químicas. 158 p.

Bouwer H.; Rice R.; Lance J. y Gilbert R. 1980. Rapid-infiltration research at Flushing Meadows Project, Arizona. Journal of the Water Pollution Control Federation 52(10). p. 2457 – 2470

Bouwer H.; Rice R.; y Escarcega E. (1974) a. High-rate land treatment I Infiltration and hydraulic aspects of the Flushing Meadows Project. Journal of the Water Pollution Control Federation 46(5). p. 835 – 843

Brower H.; Lance J. y Riggs M. (1974) b. High-rate land treatment II Water quality and economic aspects of the Flushing Meadows Project. Journal of the Water Pollution Control Federation 46(5). p. 844 - 859

Cabrera, F.; Ortiz, E. 2005. Propuesta de diseño de una planta de tratamiento biológico de las aguas residuales domesticas para la parroquia San Pablo de Lago. Tesis Ing. Ciencias y Ecodesarrollo. Ibarra – Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 107 p.

Campbell, N. y Reece, J. 2007. Biología. 7 ed. Madrid, E., Editorial Medica Panamericana, S.A. p. 763

Campos, I. 2003. Saneamiento ambiental. 1 ed. San José, C.R., Editorial Universidad Estatal a Distancia. p. 49

Casanova, E. 2005. Introducción a la ciencia d l suelo. 2 ed. Caracas, V, Editorial Consejo de desarrollo científico y humanístico Universidad central de Venezuela. p. 80 – 82

Casas, R. 2012. El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. España. Ediciones Paraninfo, S.A. p. 107 – 108

Comisión Nacional del Agua. 2013. Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón. México, Editorial Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 71 p.

Contreras, A y Molero, M. 2009. Ciencia y tecnología del medio ambiente. 1 ed. Madrid, E, s.e. p. 175

Crespo, C. 2004. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5 ed. México, Editorial Limusa S.A. 650 p.

Delgadillo, O.; Camacho, A.; Pérez, L.; Andrade, M. 2010. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Edición: Nelson Antequera Duran. Cochabamba, B, Editorial Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua. p. 9 – 10, 69

Domenech, X. y Peral, J. 2006. Química ambiental de sistemas terrestres. Barcelona, E., Editorial Reverte, S.A. p. 68

Ecuador, Ministerio del Ambiente. Registro oficial N° 33, 31 de julio 2013. Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente “TULSMA”, libro VI, anexo 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua. 2 ed. Quito. p. 221 – 333

FAO. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Roma, I., s.e. p. 10

Fassbender, H. 1983. Suelos y sistemas de producción agroforestales. Turrialba, C.R., Editorial Catie/Gtz. p. 115

Fernández, M.; Moreno, L. y Calaforra J. 2001. Aspectos ambientales de la eliminación de aguas residuales urbanas de pequeños núcleos de población mediante infiltración directa sobre el terreno. V Sinopsio sobre el agua en Andalucía. Almería. ISSN: 84-8249-459-8. Depósito legal: AI 209-2001.

Franquet, J. 2005. Calculo hidráulico de las conducciones libres y forzadas: Una aproximación de los métodos estadísticos. 1 ed. Cataluña, E., Editorial UIC y AIAC. p. 512

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. 2010. Fascículo provincial de Zamora Chinchipe. Zamora, E. p. 2. Recuperado en Abril 2014 de:

[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manulateral/Resultados-provinciales/Zamora\\_chinchipe.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manulateral/Resultados-provinciales/Zamora_chinchipe.pdf)

Gil, M. 2006. Depuración de aguas residuales: Modelización de procesos de lodos activados. Madrid, E, Editorial CSIC. p. 21-22, 40, 96

González, F. 2011. Diseño de una planta de tratamiento piloto de aguas residuales domesticas para el conjunto residencial Matisse utilizando un humedal artificial. Tesis Ing. Civil. Quito, Ecuador, Universidad de San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingenierías "El Politécnico". 78 p.

González, A. s.f. Inspección en fosas sépticas y letrinas. México, Editorial IMTA – CNA. p. 9 – 10

Graux, D. y Sanz, J. 1975. Fundamentos de mecánica de suelo, proyecto de muros y cimentaciones. 2 ed. Barcelona, E., Editorial Editores técnicos asociados, S.A. p. 18

Henry, J.; Glynn, H.; Gary, W. 1999. Ingeniería ambiental. 2 ed. México, Editorial ASSISTANT. p. 256 – 257, 265, 423

Ideasmares. 2008. Manual de depuración d aguas residuales urbanas. Centroamérica, Editorial Ideasmares. V. 3, p. 221 - 222

Idrovo, D. 2013. Evaluación del desempeño de los espesadores a gravedad de la planta de aguas residuales de Ucubamba. Tesis Ing. Civil. Cuenca - Ecuador, Universidad de Cuenca, Escuela de Ingeniería Civil. 62 p.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1992. Normas para el estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. 1 ed. Quito. E., Editorial CPE INEN. 288 p.

Jiménez, B. 2005. La contaminación ambiental en México: Causas, efectos y tecnología apropiada. México, D.F., Editorial Limusa, S.A. p. 138, 194

Kanarek, A. y Michail, M. 1996. Groundwater recharge with municipal effluent: Dan region reclamation project, Israel. Water Science and Technology. 34(11). p. 227 – 233

Kanarek A.; Ahoroni A. y Michail M. 1993. Municipal Wastewater reuse via soil aquifer treatment for non-potable purposes. Water Science and Technology 27(7) p. 56 – 61

Llorca, R. y Bautista, I. 2006. Prácticas de atmosfera, suelo y agua. Valencia, E, Editorial UPV. p. 94

López, J.; Rodríguez, L. 2010. Desarrollo sostenible, uso conjunto y gestión integral de recursos hídricos. Alicante, E, Editorial Tecnología de la Naturaleza. p. 88, 99, 115

Manahan, S. 2007. Introducción a la química ambiental. 1 ed. España, Reverte Ediciones, S.A. p. 13 – 18, 40 – 42

Mantecón, R.; Martín, M. y Cantos R. 1991. Depuración de aguas residuales de origen urbano mediante técnicas de infiltración rápida en el suelo. Córdoba, A. vol. 2 p. 391 – 401

Marín, R. 2003. Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de la calidad de las aguas. Madrid, E, Editorial Díaz de Santos, S.A. p. 101

Mariñelarena, A. 2006. Manual de autoconstrucción de sistemas de tratamiento de aguas residuales domiciliarias. 1 ed. Buenos Aires, A, Editorial Mariñelarena – FREPLATA. 72 p.

Martínez, F. 2010. Meteorología aplicada a la navegación. 2 ed. Barcelona, E., Edicions UPC. p. 53 – 54

Mejía, R. 2013. Diseño planta de tratamiento de aguas negras generadas por la estación N° 1 del “SOTE”. Tesis. Master Energia y Medio Ambiente. Quito, Ecuador, Escuela Politécnica del Ejército, Unidad de Gestión de Postgrados. 91 p.

Metcalf y Eddy. 1995. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. 3 ed. Madrid, E., v. 1 y 2. McGraw-Hill.

Metcalf y Eddy. 1998. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento, vertido y reutilización. 3 ed. Madrid, E. 1845 p. McGraw-Hill.

Minga, K; Coronel, F. 2008. Diseño de un pantano artificial para el mejoramiento de la calidad del agua de la microcuenca Sinincapac con fines de uso agropecuario en la ciudad de Saraguro. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Loja, Ecuador, Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renobables. 165 p.

Moreno, L.; Fernández, M. y Calaforra, J. 2001. La infiltración directa sobre el terreno, una alternativa de reducido impacto ambiental. Madrid, Editorial Hidropress N° 32. ISSN. p. 52 – 58

Moreno, L. 2002. La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno. Madrid, E, Editorial Instituto geológico y minero de España. 168 p.

Muñoz, A. 2008. Caracterización y tratamiento de aguas residuales. Monografía Ing. Industrial. Hidalgo, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto en Ciencias Básicas e Ingeniería. 286 p.

Murillo, J. y Moreno, L. 2001. El suelo como elemento depurador de aguas residuales. La técnica de la geodepuración: Retema. Medio Ambiente. Nº 84. ISSN. Madrid. p. 1130 – 9881

Navarro, G. y S. 2013. Química agrícola química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas. 3 ed. España, Editorial Mundi Prensa. p. 198 - 206

Nema P; Ojha C.; Kumar A. y Khanna P. 2001. Techno-economic evaluation of soil-aquifer treatment using primary effluent al Ahmedabad, India. Water Science and Technology. 35(9) p. 2179 – 2190

Nieto, J. 2010. Instalaciones de fontanería: Teoría y orientación práctica. España, Ediciones Paraninfo. p. 55

NMX-AA003-1980 AGUAS RESIDUALES-MUESTREO. Norma mexicana para el muestreo de aguas residuales. Recuperado el 28 de mayo del 2014 de: <https://agua.org.mx.php/biblioteca-tematica/marco-juridico-del-agua/1466-normas-mexicanas/15126-nmx-aa-003-1980-aguas-residuales-muestreo>.

Núñez, J. 2000. Fundamentos de edafología. 2 ed. San José, C., Editorial EUNED. P. 7

Orozco, A. 2005. Bioingeniería de aguas residuales. Teoría y diseño. 1 ed. Bogotá, C, Editorial Escuela colombiana de ingeniería. Acodal. p. 26 – 28

Osorio, F.; Torres Rojo J. y Sánchez Bas M. 2010. Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes 1 ed. Madrid, E, Editorial: Ediciones Díaz de Santos. v. 3, p. 7

Páez, C. 2009. Determinación de coliformes fecales y totales en expendio de alimentos en establecimientos formales en el macrodistrito centro de la ciudad de La Paz. Tesina Licda. Bioquímica. La Paz – Bolivia, Universidad

Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas.  
54 p.

Pastran, N. y Millán, R. 2010. Metodología para el dimensionamiento de zanjas de infiltración para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis Ing. Civil. Barcelona – España, Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui, Departamento de Ingeniería Civil. 95 p.

PDOTPCH (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquial de Chicaña). 2011. P 13, 16, 24 – 32

PDOTY (Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de Yantzaza). 2008. p 10 - 12

Pérez, L. 2002. Gestión de recursos hídricos. 2 ed. Barcelona, E, Editorial: Edicions UPC S.L. p. 244 – 245

Quereda, J. 2005. Curso de climatología general. Castello de la Plana. Editorial Publicaciones de la Universidad Jaume I. p. 111 – 112

Ramos, R.; Sepúlveda, R. y Villalobo, F. 2003. Agua en el ambiente: muestreo y análisis. 1 ed. Universidad Autónoma de Baja California, M, Editorial Plaza y Valdés. 189 p.

República del Ecuador. Registro oficial N° 245, 30 de Julio de 1999. Reglamento de la prevención y control de la contaminación ambiental en lo relativo al recurso agua. p. 1, 2

República del Ecuador. Registro oficial N° 346, 15 de mayo de 2008. Codificación de la ley de aguas 2004- 016. p. 3, 4

República del Ecuador. Registró oficial N° 423, 22 de diciembre de 2006. Ley orgánica de la salud. p. 17

República del Ecuador. Registro oficial N° 449, 20 de Agosto de 2008. Constitución de la república del Ecuador en lo referente a los derechos del buen vivir. p. 24, 29, 47

Restrepo, I.; Sánchez, L.; Galvis, A.; Rojas, J. y Sanabria I. 2007. Avances en investigación y desarrollo en agua y saneamiento para el cumplimiento de las metas del milenio. 1 ed. Cali, C., Editorial Universidad del valle. p. 181 - 185

Rigola, M. 1989. Tratamiento de aguas industriales: Agua de proceso y residuales. Colombia, Editorial Marcombo p. 27-28

Rodríguez, N. 2009. Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrofitas acuáticas. Tesis Doctoral. Valencia – Venezuela, Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. 501 p.

Rojas, C. 2004. El desarrollo sustentable: Nuevo paradigma para la administración pública. 1 ed. México, Editorial INAP, A.C. p. 126 – 127

Rolle, K. 2006. Termodinámica. 6 ed. México. Editorial Prentice Hall. p. 58

Romero Rojas, J. 2000. Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño. 3 ed. Bogotá, C., Editorial Escuela colombiana de ingeniería. 1232 p.

Rosales, E. 2008. Tanques sépticos conceptos teóricos base y aplicaciones. Cartago, CR, Editorial Centro de investigaciones en vivienda y construcción. 53 p.

Sainz, J. 2007. Tecnologías para la sostenibilidad: Procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales. 1 ed. Madrid, Editorial Fundación EOI Gregorio del Amo. p. 115



Sánchez, A. y Gándara. 2011. Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable. 1 ed. Tlalpan, M, Editorial INE-SEMARNAT. p. 29, 206

Sánchez, O.; Herzig, M.; Peters, E.; Márquez, R. y Zambrano, L. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. 1 ed. México, Editorial INE – SEMARNAT. p. 123

Seoáñez, M. 2004. Depuración de las aguas residuales por tecnologías ecológicas de bajo costo. Madrid, E., Editorial Mundi-Prensa. 464 p.

Socorro, M. 2010. Evaluación de la calidad del agua tratada reutilizada en Chihuahua-México. p 13. Recuperado el 25 de junio del 2014 de: [http://www.cazalac.org...../Maria\\_Socorro\\_2010....](http://www.cazalac.org...../Maria_Socorro_2010....)

Stocking, M. 2003. Manual para la evaluación de campo de la degradación de la tierra. Barcelona, E., Editorial Aedos, S.A. p. 79 – 80

Tacuri, V.; Mirko, R. y Mavel, A. 2002. Conocimiento campesino en la conservación de suelos. La Paz, B., Editorial Fundación Pieb. p. 49 – 50

Torres, J. y Torres, J. 2005. Influencia de la guadua en la depuración de aguas residuales por humedales artificiales en Sabiango. Loja, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. p. 161.

Trapote, A. 2013. Infraestructura hidráulica sanitaria II. Saneamiento y drenaje urbano. España, Editorial Universidad de Alicante. 154 p.

Valencia, A. 2013. Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis, provincia de Chimborazo. Tesis Ing. Biotecnología Ambiental. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Escuela de Ciencias Químicas. 135 p.

Valtueña, J. 2002. Enciclopedia de la ecología y la salud. 1 ed. España, Editorial SAFELZ, S. L. p. 71

Villacis, A. 2011. Estudio de un sistema de depuración de aguas residuales para reducir la contaminación del río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Tesis Ing. Civil. Ambato, Ecuador, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. 229 p.

Villacis, A. 2011. Estudio de un sistema de depuración de aguas residuales para reducir la contaminación del río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Tesis Ing. Civil. Ambato - Ecuador, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. 229 p.

Villareal, J. 2000. Cucunuba: Modelo para un desarrollo sostenible. 1 ed. Bogotá, C., Editorial Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. p. 213, 215

Villaseñor, J. 2001. Eliminación biológica de fósforo en aguas residuales urbanas. 3 ed. España, Editorial Universidad de Castilla – La Mancha. p. 7

Villatoro, C. 2012. Determinación de E. coli, colifagos y parásitos helmintos en cuatro microcuencas del lago Amatitlán. Tesis Químico Biólogo. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 48 p.

World Health Organization Pan American Health Organization. 1988. Guías para la calidad del agua potable. Washington, D.C., Editorial Organización Panamericana de Salud. v. 3 p 30 – 31

Yépez, R. 2010. Guía para la selección de tecnologías de depuración de aguas residuales por métodos naturales en poblaciones menores a 5000 habitantes. Loja, E., Editorial UTPL. p. 5, 8, 11

## K. ANEXOS

Anexo 1. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máx. permisible
Aceites y Grasas	sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2.0
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico total	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2.0
Boro total	B	mg/l	2.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN-	mg/l	0.1
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
Cloruros	cl-	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fecales	NMP/100ml		Remoción > a 99% (+)
Color real	Color real	UC(*)	Inapreciable en dilución
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica Oxígeno(5)	D.B.O.5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1.0
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fósforo total	P	mg/l	10.0
Hierro total	Fe	mg/l	10.0
Hidrocarburos tot. de petróleo	TPH	mg/l	20.0
Manganeso total	Mn	mg/l	2.0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.005
Níquel	Ni	mg/l	2.0
Nitratos+ Nitritos	Expresado como nitrógeno(N)	mg/l	10.0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	15.0

Fuente: TULSMA, 2013

Continuación.....

Anexo 1. Tabla 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máx. permisible
Órgano clorados totales (OCT)	Concentración OCT	mg/l	0.05
Órgano fosforados totales (OFT)	Concentración OFT	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.1
Potencial de hidrogeno	Ph		5-9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Solidos sedimentables		mg/l	1.0
Solidos suspendidos totales		mg/l	100
Solidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	So4=	mg/l	1000
Sulfitos	So3	mg/l	2.0
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C		<35
Tenso activos	Sustancias activas al azul de	mg/l	0.5
Tetra cloruro de carbono	Tetra cloruro de carbono	mg/l	1.0
Tri cloroetileno	Tri cloroetileno	mg/l	1.0
Vanadio		mg/l	5.0
Zinc	Zn	mg/l	5.0

Fuente: TULSMA, 2013

Anexo 2. Modelo de tarjeta para etiquetar muestras de agua residual

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>MUESTRA DE AGUA RESIDUAL</b>	
<b>CÓDIGO</b>	
<b>FECHA</b>	
<b>HORA</b>	
<b>MUESTREADOR</b>	
<b>CLIMA</b>	
<b>LUGAR</b>	

Anexo 3. Modelo de tarjeta para etiquetar muestras de suelo

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>MUESTRA DE SUELO</b>	
<b>CÓDIGO</b>	
<b>PROFUNDIDAD</b>	
<b>FECHA</b>	
<b>HORA</b>	
<b>MUESTREADOR</b>	
<b>CLIMA</b>	
<b>LUGAR</b>	

Anexo 4. Planilla del consumo mensual de agua potable en la familia  
Delgado Romero

**GOBIERNO AUTÓNOMO PARROQUIAL DE CHICAÑA**

RUC: 1960139110001  
CHICAÑA-AV. PAQUISHA  
Email: junta\_pch@yahoo.es  
Pag web:



**COMPROBANTE DE PAGO**

<b>N° COMPROBANTE:</b> 2014500096 <b>FECHA DE EMISION:</b> 14 mayo 2014 <b>FECHA DE LECTURA:</b> 03/05/2014 <b>ULTIMA LECTURA:</b> 37 <b>MES DE CONSUMO:</b> abril/2014		<b>DATOS DEL SUMINISTRO</b>	
		<b>TITULAR:</b> ROMERO LUZ BENIGNA <b>DNI/RUC:</b> 1101434668001 <b>N° MEDIDOR:</b> 1112066567 <b>DIRECCION:</b> VIA A CHICAÑA	


CANTIDAD	DETALLE	V. UNITARIO	V. TOTAL
8 m3	CONSUMO MENSUAL [8 m3] abril/2014	\$ 2.5	\$ 2.5
		<b>SUBTOTAL:</b>	<b>\$ 2.50</b>
		<b>MORA:</b>	<b>\$ 0.00</b>
		<b>DESCUENTO:</b>	<b>\$ 0.00</b>
		<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 2.50</b>

FECHA DE CADUCIDAD: 14 mayo 2015      TIPO DE SERVICIO: DOMICILIARIO

  
 F. RECAUDADOR(A)



Anexo 5. Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual doméstica



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS**

**1. INFORMACIÓN GENERAL:**

# DE ORDEN: CIESSA-ONEA Test Lab-14 - 117	SOLICITANTE: Egdo. Robert Arteaga
PROYECTO: Diseño e Implementación de una Zanja de Infiltración unifamiliar para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en la Comunidad de Chicaña.	DIRECCIÓN: Yantzaza: Barrio la Delicia
	TELEFAX: Móvil: 0992408554

**2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**

FECHA DE MUESTREO: 3 - 07 - 2014	MUESTRA: Agua Servida - Residual de Vivienda-
FECHA DE INGRESO: 3 - 07 - 2014	CODIGO: MA: 01 CANTIDAD: 2 500 ml
FECHA DE ANÁLISIS: 3 - 07 - 2014	PRESENTACIÓN: Envase plástico y Estéril
FECHA DE REPORTE: 9 - 07 - 2014	CANTON: Yantzaza PROVINCIA: Zamora Chinchipe
FECHA DE ENTREGA: 9 - 07 - 2014	PARROQUIA: Chicaña COMUNIDAD: Chicaña

**I. REFERENCIA ANALÍTICA:**  
*-Límite Máx. Permisible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según TULAS*

**3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:**

**3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Temperatura	°C	19,7	Menor	a 35	AWWA	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Presencia		0,3 mg/l	ETAS	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Color Real	U.Pt- Co	15	Inapreciable	dilución 1/20	APHA	TULAS
Color aparente	U.Pt- Co	510	-	-	APHA	USPHS-OMS
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	65	-	100	AWWA	-TULAS
Sólidos Totales	mg/l	333	-	1 600	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	220	-	1000	AOAC 920.193	-TULAS
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	22	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Disueltos Volátiles	mg/l	198	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Suspendidos	mg/l	110	-	100	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	37,0	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Susp. Volátiles	mg/l	73,6	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Sedimentables	ml/l	6,1	-	1,0	IMHOFF	M S P-TULAS


**3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	7,30	5,0	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Nitratos+Nitritos	mg/L	6,60	-	10	AWWA	TULAS
Alcalinidad Total	mg/l	125,0	-	-	AWWA	-
Manganeso Total	mg/l	0,24	-	2,0	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,74	-	10,0	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,1	pyridine - pyrazolone	TULAS
Fósforo Total	mg/l	3,20	-	10	ÁCIDO ASCÓRBICO	TULAS
Cloro	mg/l	0,00	-	0,5	AWWA	TULAS
Nitrógeno Total	mg/l	3,40	-	15,0	NESSLER	TULAS
Sulfatos	mg/l	320	-	1000	TUBIDIMETRO	TULAS
Aluminio	mg/l	0,003	-	5,0	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,005	-	2,0	1-(2Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,003	-	5,0	Zincon	TULAS
D B O <sub>5</sub>	mg/l	150	-	100	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	39	-	250	AOAC973 - 46	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	2.1E+03	= Remoción	> al 99,9% **	INEN 1 529-8	=TULAS
Coliformes Totales	NMP/100ml	4.1E+03	-	-	APHA 9221 B	-

Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles  
Telf: 072-589 913-102 707-584 594/Telefax:072-589 913/102 707/Celular:091549877/E.mail: ciessa1@hotmail.com

Continuación.....

Anexo 5. Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual doméstica


**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**  
CIESSA Cía. Ltda. ONEA Test Lab

**II. REFERENCIA ANALITICA:**

Límite Máx. Permisible para la Preservación de Flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Cálidas en Cuerpos de Agua Sup.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Temperatura	°C	19,7	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	220	-	3 000	AOAC 920.193	TULAS
+Potencial de Hidrógeno	pH	7,30	6,0	9,0	AOAC 973.41	TULAS
+Coliformes Totales	NMP/100ml	4,1E+03	-	1000	APHA 9221 B	TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	ETAS-TULAS	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	2,1E+03	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
Ácido Sulhídrico	mg/l	0,0001	-	0,0002	SULFURO DE PLOMO	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Presencia	Ausencia	0,3mg/l	ETAS-M S P	M S P-TULAS
Amoniaco	mg/l	4,22	-	0,02	NESSLER	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,01	pyridine - pyrazolone	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	-	0,01	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,84	-	0,30	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,21	-	0,10	AWWA	TULAS
Fluoruro Total	µg/l	0,00	-	4,00	SPADNS	TULAS
Aluminio	mg/l	0,003	-	0,10	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,005	-	0,025	1-(2Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,003	-	0,18	Zincon	TULAS
Boro	mg/l	0,87	-	0,75	Carmin	TULAS

**Nota 1:**

+ "Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego"; correspondiente a la Tabla 6, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del R<sub>LEA</sub> PCCA.

=TULAS Aquellos regulados con descargas de Coliformes Fecales menores o iguales a 3000 quedan exentos de tratamiento, contempla sobre el criterio de calidad en descarga a un cuerpo de agua dulce.

**Nota 2:**

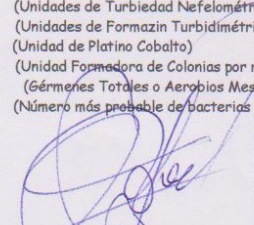
-TULAS Dentro de la Norma del Límite Deseable Permisible marcados con el signo contempla sobre el criterio de calidad Admisible en Aguas que requiere Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Doméstico u otros usos.

INEN, OMS, USPHS e IEOS Según Normas de Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano.


- Todos los resultados con el signo " - " no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible.

**NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:**

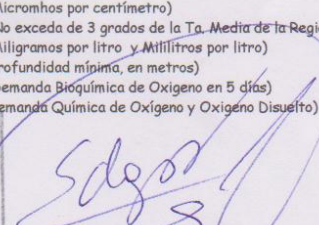
- NTU (Unidades de Turbiedad Nefelométrica)	/ - µmhos/cm. (Micromhos por centímetro)
- FTU (Unidades de Formazin Turbidimétrica)	/ - °C (No exceda de 3 grados de la Ta. Media de la Región)
-U. Pt. Co. (Unidad de Platino Cobalto)	/ - mg/l y ml/l (Miligramos por litro y Mililitros por litro)
-U F C/ml (Unidad Formadora de Colonias por mililitro)	/ - m. (Profundidad mínima, en metros)
(Gérmes Totales o Aerobios Mesófilos)	/ - D B O5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)
- N M P (Número más probable de bacterias por 100 mililitros)	/ - D Q O / O D (Demanda Química de Oxígeno y Oxígeno Disuelto)



**Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO**  
ONEA Test Lab  
HIDRO SANITARIO




RUC. 1191731766001  
Tel. 072 577 707 Cel. 091549877 2589913 LOJA



**Edgar S. Ojeda Riascos, ESP.**  
ONEA Test Lab  
MICROBIOLOGIA

Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles  
 Telef: 072-589 913-102 707-584 594/Telefax:072-589 913/102 707/Celular:091549877/E mail: ciessa1@hotmail.com

Anexo 6. Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual doméstica tratada



**CIESSA** Cia. Ltda.  
**ONEA Test Lab**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS  
Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS**

**1. INFORMACIÓN GENERAL:**

# DE ORDEN: CIESSA-ONEA Test Lab-14 - 160	SOLICITANTE: Egdo. Robert Arteaga
PROYECTO: Diseño e Implementación de una Zanja de Infiltración unifamiliar para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en la Comunidad de Chicaña.	DIRECCIÓN: Yantzaza: Barrio la Delicia
	TELEFAX: Móvil: 0992408554

**2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**

FECHA DE MUESTREO: 26 - 07 - 2014	MUESTRA: Agua Servida - después de tratamiento-
FECHA DE INGRESO: 26 - 07 - 2014	CODIGO: MA: 03 CANTIDAD: 2 500 ml
FECHA DE ANÁLISIS: 26 - 07 - 2014	PRESENTACIÓN: Envase plástico y Estéril
FECHA DE REPORTE: 08 - 08 - 2014	CANTON: Yantzaza PROVINCIA: Zamora Chinchipe
FECHA DE ENTREGA: 08 - 08 - 2014	PARROQUIA: Chicaña COMUNIDAD: Chicaña

**I. REFERENCIA ANALITICA:**  
*-Límite Máx. Permisible de Descarga a un cuerpo de Agua dulce, según TULAS*

**3. ENSAYOS FÍSICOS - QUÍMICOS:**

**3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Temperatura	°C	18,4	Menor	a 35	AWWA	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	-	0,3 mg/l	ETAS	M S P-TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	TULAS	TULAS
Color Real	U.Pt- Co	0	Inapreciable	dilución 1/20	APHA	TULAS
Color Aparente	U.Pt- Co	40	-	-	APHA	USPHS-OMS
Turbiedad	N.T.U. o F.T.U	6	-	100	AWWA	-TULAS
Sólidos Totales	mg/l	78,2	-	1 600	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	71,1	-	1000	AOAC 920.193	-TULAS
Sólidos Disueltos Fijos	mg/l	2	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Disueltos Volátiles	mg/l	68,9	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Suspendidos	mg/l	6	-	100	AOAC 920.193	TULAS
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/l	5	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Susp. Volátiles	mg/l	1	-	-	AOAC 920.193	-
Sólidos Sedimentables	ml/l	0	-	1,0	IMHOFF	M S P-TULAS

**3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**


PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Potencial de Hidrógeno	pH	6,16	5,0	9,0	AOAC 973.41	TULAS
Nitratos+Nitritos	mg/L	5,29	-	10	AWWA	TULAS
Alcalinidad Total	mg/l	110,0	-	-	AWWA	-
Manganeso Total	mg/l	0,10	-	2,0	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,03	-	10,0	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,1	pyridine - pyrazolone	TULAS
Fósforo Total	mg/l	0,09	-	10	ÁCIDO ASCÓRBICO	TULAS
Cloro	mg/l	0,00	-	0,5	AWWA	TULAS
Nitrógeno Total	mg/l	1,20	-	15,0	NESSLER	TULAS
Sulfatos	mg/l	2	-	1000	TUBIDIMETRO	TULAS
Aluminio	mg/l	0,00	-	5,0	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,00	-	2,0	1-(2Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,00	-	5,0	Zincon	TULAS
D B O5	mg/l	2	-	100	AOAC 973 - 44	TULAS
D Q O	mg/l	2	-	250	AOAC973 - 46	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	2.0E+00	= Remoción	> al 99,9% **	INEN 1 529-8	=TULAS
Coliformes Totales	NMP/100ml	3.0E+01	-	-	APHA 9221 B	-

Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles  
Telf: 072-589 913-102 707-584 594/Telefax:072-589 913/102 707/Celular:091549877/E.mail: ciessa1@hotmail.com



Continuación.....

## Anexo 6. Análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua residual doméstica tratada



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**

**II. REFERENCIA ANALITICA:**

Límite Máx. Permisible para la Preservación de Flora y fauna en Aguas Dulces, Frías o Cálidas en Cuerpos de Agua Sup.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	RESULTADOS	LÍMITE DESEABLE	LÍMITE MAX. PERMISIBLE	MÉTODO	NORMA
Temperatura	°C	18,4	Condiciones	Natural+3°C-20	AWWA	TULAS
+Sólidos Disueltos Totales	mg/l	71,1	-	3 000	AOAC 920.193	TULAS
+Potencial de Hidrógeno	pH	6,16	6,0	9,0	AOAC 973.41	TULAS
+Coliformes Totales	NMP/100ml	3,0E+01	-	1000	APHA 9221 B	TULAS
Materia Flotante	MATERIAVISIBLE	Ausencia	-	Ausencia	ETAS-TULAS	TULAS
Coliformes Fecales	NMP/100ml	2,0E+00	-	200	INEN 1 529-8	TULAS
Ácido Sulhídrico	mg/l	0,0000	-	0,0002	SULFURO DE PLOMO	TULAS
Aceites y Grasas	PELICULAVISIBLE	Ausencia	Ausencia	0,3mg/l	ETAS-M S P	M S P-TULAS
Amoniaco	mg/l	0,17	-	0,02	NESSLER	TULAS
Cianuro Total	mg/l	0,00	-	0,01	pyridine - pyrazolone	TULAS
Cloro Libre	mg/l	0,00	-	0,01	AWWA	TULAS
Hierro Total	mg/l	0,03	-	0,30	1,10-PHENANTHROLINE	TULAS
Manganeso Total	mg/l	0,10	-	0,10	AWWA	TULAS
Fluoruro Total	µg/l	0,00	-	4,00	SPADNS	TULAS
Aluminio	mg/l	0,00	-	0,10	Aluminon	TULAS
Níquel	mg/l	0,00	-	0,025	1-(2-Pyridylazo)2-Naphthol	TULAS
Zinc	mg/l	0,00	-	0,18	Zincon	TULAS
Boro	mg/l	0,10	-	0,75	Carmine	TULAS

**Nota 1:**

+ \*Criterios de Calidad Admisibles para Aguas de Uso Agrícola o de Riego\*; correspondiente a la Tabla 6, de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, Libro VI - Anexo 1. Bajo el amparo del R<sub>65A</sub> PCCA.

=TULAS Aquellos regulados con descargas de Coliformes Fecales menores o iguales a 3000 quedan exentos de tratamiento, contempla sobre el criterio de calidad en descarga a un cuerpo de agua dulce.

**Nota 2:**

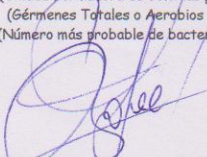
-TULAS Dentro de la Norma del Límite Deseable Permisible marcados con el signo contempla sobre el criterio de calidad Admisible en Aguas que requiere Tratamiento Convencional o de Consumo Humano y Doméstico u otros usos.

INEN, OMS, USPHS e IEOS Según Normas de Límite Máx. Permisible para Agua Potable de Consumo Humano.


- Todos los resultados con el signo " - " no contempla fuente alguna sobre criterios de calidad Admisible.

**NOMENCLATURA REFERENCIAL DE TERMINOLOGIA:**

- NTU	(Unidades de Turbiedad Nefelométrica)	/ - µmos/cm.	(Micromhos por centímetro)
- FTU	(Unidades de Formazin Turbidimétrica)	/ - °C	(No exceda de 3 grados de la T <sub>a</sub> Media de la Región)
-U. Pt. Co.	(Unidad de Platino Cobalto)	/ - mg/l y ml/l	(Miligramos por litro y Mililitros por litro)
-U F C/ml	(Unidad Formadora de Colonias por mililitro)	/ - m.	(Profundidad mínima, en metros)
	(Gérmenes Totales o Aerobios Mesófilos)	/ - D B O5	(Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días)
- N M P	(Número más probable de bacterias por 100 mililitros)	/ - DQO / OD	(Demanda Química de Oxígeno y Oxígeno Disuelto)




**Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO**  
ONEA Test Lab  
**HIDRO SANITARIO**



**BQF. Edgar S. Ojeda Riascos, ESP.**  
ONEA Test Lab  
**MICROBIOLOGIA**

Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles  
Telf: 072-589 913-102 707-584 594/Telefax:072-589 913/102 707/Celular:091549877/E.mail: [ciessa1@hotmail.com](mailto:ciessa1@hotmail.com)

Anexo 7. Análisis de los parámetros físicos y químicos de la muestra de suelo



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS**

**1. INFORMACIÓN GENERAL Y TÉRMINOS DESCRIPTIVOS APLICADOS A LOS SUELOS:**

# INFORME:	CIESSA - ONEA Test Lab - 14 - 150	M a: Muy alto	H.E: Humedad Equivalente	Mác: Medianamente Ácida
SOLICITANTE:	Egdo. Robert Arteaga	A: Alto	C. C: Capacidad de Campo	H: Humedad
DIRECCIÓN:	Chicaña / Móvil: 0992408554	B: Bajo	M. P: Punto de Marchitez	EP: % de Espacios Porosos
PROYECTO:	D. Implemen. Zanja de Infiltra. unifam para el Trat. Aguas Resid.s Domés, en la Com. Chicaña.	%SB: Porcent aje de Saturación de Bases	Cpc: Características de Plasticidad y Cohesión	Dr: Densidad Real
				Da: Densidad Aparente

**2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**

FECHA DE INGRESO:	22-07-2014	MUESTRA:	Suelo Agrícola	PROVINCIA:	Z. Chinchipe
FECHA DE ANÁLISIS:	22-07-2014	PROPIETARIO:	-	CANTÓN:	Yantzaza
FECHA DE REPORTE:	29-07-2014	REFERENCIA:	-	PARROQUIA:	Chicaña
FECHA DE ENTREGA:	29-07-2014	CODIGO:	MS1	SECTOR:	Chicaña

**3. ENSAYOS MECÁNICOS Y CATIONES DISPONIBLES:**

MÉTODO	HIDRÓMETRO			WALKLEY BLACK	POTENCIÓMETRO (1:2.5)	NESSLER/RED. CADMIO	ACIDO ASCÓRBICO	TETRAFENIL BORATO
UNIDAD	%			%	-	µg/ml		
PARÁMETRO	Arena	Limo	Arcilla	MO	pH	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
CODIGO DE MUESTRA:	MS1							
RESULTADO	81,2	12,4	6,4	-	5,4	-	-	-
INTERPRETACION	Arenoso Franco			-	M ác	-	-	-

**4. CATIONES CAMBIABLES DISPONIBLES:**

MÉTODO	VERSENATO	AMARILLO DE TITANIO	CULTIVO IMPLANTARSE	FERTILIZANTES			
UNIDAD	meq/100g		UNIDADES	10-30-10	Urea	Muriato de Potasio	CO <sub>3</sub> Ca
PARÁMETRO	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>					
CODIGO DE MUESTRA:	MS1						
RESULTADO	-	-	kg/Há	-	-	-	-
INTERPRETACION	-	-	qq/Há	-	-	-	-

**5. RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN:**

**6. COEFICIENTES HIDRICOS Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES:**

UNIDAD	%						meq/100
PARAMETRO	C I C						
RESULTADO	-	-	-	-	-	-	8,20

**7. ENSAYOS MECÁNICOS:**

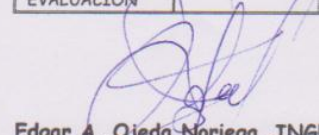
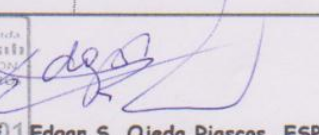
UNIDAD	%	gr/cm <sup>3</sup>	Valor Cualitativo		
PARAMETRO			Color de Subsuelo	Drenaje y Aireación	Cpc
RESULTADO					

**8. ENSAYOS VARIOS:**

UNIDAD	milimhos/cm		mg/kg	
PARAMETRO	Conductividad Eléctrica	Límite Permisible	Aceites y Grasas	Límite Permisible
RESULTADO				

**METODO: TABLAS MUNSELL**

PARAMETRO	COLOR SECO	VALOR CUALITATIVO	COLOR HUMEDO	VALOR CUALITATIVO
EVALUACIÓN				

**Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO**  
**ONEA Test Lab**  
**HIDRO SANITARIO**


**Edgar S. Ojeda Riascos, ESP.**  
**ONEA Test Lab**  
**MICROBIOLOGIA**

CIESSA - ONEA Test Lab  
 CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS  
 Av. Manuel A. Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina / La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles  
 Telf: 072-577 707 Cel. 091549877 2589913 4020  
 BQF 119173176001  
 Tel: 072-577 707 Cel. 091549877 2589913 4020

Teboida Bajo: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina / La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles  
 Telf: 072-589 913-102 707-584 594/Telefax:072-589 913/102 707/Celular:091549877/E. mail: [ciessa1@hotmail.com](mailto:ciessa1@hotmail.com)

Continuación.....

Anexo 7. Análisis de los parámetros físicos y químicos de la muestra de suelo



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS**

**1. INFORMACIÓN GENERAL Y TÉRMINOS DESCRIPTIVOS APLICADOS A LOS SUELOS:**

# INFORME:	CIESSA - ONEA Test Lab - 14 - 152	M a: Muy alto	H.E: Humedad Equivalente	L ác: Ligeramente Ácida
SOLICITANTE:	Egdo. Robert Arteaga	A: Alto	C. C: Capacidad de Campo	H: Humedad
DIRECCIÓN:	Chicaña / Móvil: 0992408554	B: Bajo	M. P: Punto de Marchitez	EP: % de Espacios Porosos
PROYECTO:	D. Implemen. Zanja de Infiltra. unifam para el Trat. Aguas Resid.s Domés. en la Com. Chicaña.	%SB: Porcent aje de Saturación de Bases	Cpc: Características de Plasticidad y Cohesión	Dr: Densidad Real Da: Densidad Aparente

**2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**

FECHA DE INGRESO:	22-07-2014	MUESTRA:	Suelo Agrícola	PROVINCIA:	Z. Chinchipe
FECHA DE ANÁLISIS:	22-07-2014	PROPIETARIO:	-	CANTÓN:	Yantzaza
FECHA DE REPORTE:	29-07-2014	REFERENCIA:	-	PARROQUIA:	Chicaña
FECHA DE ENTREGA:	29-07-2014	CODIGO:	MS3	SECTOR:	Chicaña

**3. ENSAYOS MECÁNICOS Y CATIONES DISPONIBLES:**

MÉTODO	HIDRÓMETRO			WALKLEY BLACK	POTENCIÓMETRO (1:2.5)	NESSLER/RED. CADMIO	ACIDO ASCÓRBICO	TETRAFENIL BORATO
UNIDAD	%			%	-		µg/ml	
PARÁMETRO	Arena	Limo	Arcilla	MO	pH	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
CODIGO DE MUESTRA:	MS3							
RESULTADO	80,4	8,40	11,2	-	6,30	-	-	-
INTERPRETACION	Franco Arenoso			-	L ác	-	-	-

**4. CATIONES CAMBIABLES DISPONIBLES:**

MÉTODO	VERSENATO	AMARILLO DE TITANIO	CULTIVO IMPLANTARSE	FERTILIZANTES			
UNIDAD	meq/100g		UNIDADES	10-30-10	Urea	Muriato de Potasio	CO <sub>3</sub> Ca
PARÁMETRO	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>					
CODIGO DE MUESTRA:	MS1						DOSIS
RESULTADO	-	-	kg/Há	-	-	-	-
INTERPRETACION	-	-	qq/Há	-	-	-	-

**5. RECOMENDACIONES DE FERTILIZACIÓN:**

**6. COEFICIENTES HIDRICOS Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES:**

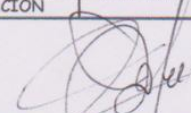
CODIGO DE MUESTRA:	MS1						
UNIDAD						%	meq/100
PARAMETRO	-	-	-	-	-	-	C I C
RESULTADO	-	-	-	-	-	-	14,4

**7. ENSAYOS MECÁNICOS:**

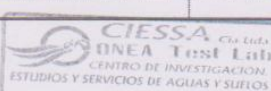
CODIGO DE MUESTRA:	MS1					
UNIDAD	%	gr/cm <sup>3</sup>	Valor Cualitativo			
PARAMETRO			Color de Subsuelo	Drenaje y Aireación	Cpc	
RESULTADO						

**8. ENSAYOS VARIOS:**

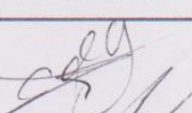
CODIGO DE MUESTRA:	MS1			
UNIDAD	milimhos/cm		mg/kg	
PARAMETRO	Conductividad Eléctrica	Límite Permisible	Aceites y Grasas	Límite Permisible
RESULTADO				
METODO:	TABLAS MUNSELL			
PARAMETRO	COLOR SECO	VALOR CUALITATIVO	COLOR HÚMEDO	VALOR CUALITATIVO
EVALUACIÓN				



**Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO**  
**ONEA Test Lab**  
**HIDRO SANITARIO**



**CIESSA ONEA Test Lab**  
 CENTRO DE INVESTIGACION, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS  
 B.O. 1191731766 BQF.  
 Manuel A. Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina  
 Telf. 072 577 707 Cel. 091549877 2589913 LOJA




**Edgar S. Ojeda Riascos, ESP.**  
**ONEA Test Lab**  
**MICROBIOLOGIA**

Tebaida Baja: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles  
 Telf: 072-589 913-102 707-584 594/Telefax:072-589 913/102 707/Celular:091549877/E. mail: [ciessa1@hotmail.com](mailto:ciessa1@hotmail.com)

Continuación.....

Anexo 7. Análisis de los parámetros físicos y químicos de la muestra de suelo



**CENTRO DE INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS Y SERVICIOS DE AGUAS Y SUELOS**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUAS Y SUELOS**

**1. INFORMACIÓN GENERAL Y TÉRMINOS DESCRIPTIVOS APLICADOS A LOS SUELOS:**

# INFORME: CIESSA - ONEA Test Lab - 14 - 151	M a: Muy alto	H.E: Humedad Equivalente	L ác: Ligeramente Ácida
SOLICITANTE: Egdo. Robert Arteaga	A: Alto	C. C: Capacidad de Campo	H: Humedad
DIRECCIÓN: Chicaña / Móvil: 0992408554	B: Bajo	M. P: Punto de Marchitez	EP: % de Espacios Porosos
PROYECTO: D. Implemen. Zanja de Infiltra. unifam para el Trat. Aguas Resid.s Domés. en la Com. Chicaña.	%SB: Porcent aje de Saturación de Bases	Cpc: Características de Plasticidad y Cohesión	Dr: Densidad Real Da: Densidad Aparente

**2. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**

FECHA DE INGRESO: 22-07-2014	MUESTRA: Suelo Agrícola	PROVINCIA: Z. Chinchipe
FECHA DE ANÁLISIS: 22-07-2014	PROPIETARIO: -	CANTÓN: Yantzaza
FECHA DE REPORTE: 29-07-2014	REFERENCIA: -	PARROQUIA: Chicaña
FECHA DE ENTREGA: 29-07-2014	CODIGO: MS2	SECTOR: Chicaña

**3. ENSAYOS MECÁNICOS Y CATIONES DISPONIBLES:**

MÉTODO	HIDRÓMETRO			WALKLEY BLACK	POTENCIÓMETRO (1:2.5)	NESSLER/RED. CADMIO	ACIDO ASCÓRBICO	TETRAFENIL BORATO
UNIDAD	%			%	-		µg/ml	
PARÁMETRO	Arena	Limo	Arcilla	MO	pH	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
CODIGO DE MUESTRA: MS2								
RESULTADO	83,6	6,00	10,4	-	6,23	-	-	-
INTERPRETACION	Arenoso Franco			-	L ác	-	-	-

**4. CATIONES CAMBIABLES DISPONIBLES:**

MÉTODO	VERSENATO	AMARILLO DE TITANIO	CULTIVO IMPLANTARSE	FERTILIZANTES			
UNIDAD	meq/100g		UNIDADES	10-30-10	Urea	Muriato de Potasio	CO <sub>2</sub> Ca
PARÁMETRO	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>					
CODIGO DE MUESTRA:				DOSIS			
RESULTADO	-	-	kg/Há	-	-	-	-
INTERPRETACION	-	-	qq/Há	-	-	-	-

**6. COEFICIENTES HIDRÍCOS Y PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES:**

CODIGO DE MUESTRA: MS2						
UNIDAD	%					
PARAMETRO	-	-	-	-	-	meq/100 C I C
RESULTADO	-	-	-	-	-	11,9

**7. ENSAYOS MECÁNICOS:**


CODIGO DE MUESTRA:					
UNIDAD	%	gr/cm <sup>3</sup>	Valor Cualitativo		
PARAMETRO			Color de Subsuelo	Drenaje y Aireación	Cpc
RESULTADO					

**8. ENSAYOS VARIOS:**

CODIGO DE MUESTRA:				
UNIDAD	milimhos/cm		mg/kg	
PARAMETRO	Conductividad Eléctrica	Límite Permissible	Aceites y Grasas	Límite Permissible
RESULTADO				

**METODO: TABLAS MUNSELL**

PARAMETRO	COLOR SECO	VALOR CUALITATIVO	COLOR HÚMEDO	VALOR CUALITATIVO
EVALUACIÓN				



RUC. 1191731766001

**Edgar A. Ojeda Noriega, INGENIERO**  
ONEA Test Lab  
HIDRO SANITARIO

**Edgar S. Ojeda Riascos, ESP.**  
ONEA Test Lab  
MICROBIOLOGIA

Tebaida Bajo: Manuel Agustín Aguirre # 19-95 entre Chile y Argentina/ La Pradera: Cedros # 25-25 entre Alisos y Laureles  
Telf: 072-589 913-102 707-584 594/Telefax:072-589 913/102 707/Celular:091549877/E.mail: ciessa1@hotmail.com

Anexo 8. Modelo de entrevista a aplicar



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA SEDE ZAMORA**  
**Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables**  
**Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente**

Sírvase contestar con absoluta sinceridad las siguientes preguntas de información confidencial, únicamente con fines de obtener datos de la existencia de los servicios básicos y eliminación de las aguas residuales de esta familia.

Nombre de la familia.....

Ubicación.....

1. ¿Cuántos años aproximadamente residen en la vivienda?

.....

3. ¿En la actualidad cuantas personas viven en esta vivienda?

.....

2. ¿Esta vivienda cuenta con el servicio de agua potable?

Sí..... No.....

4. ¿De qué manera realiza la eliminación de las aguas residuales domésticas (agua utilizada en la cocina, ducha, lavamanos, lavandería y sanitario)?

- ✓ Vertido a las aguas superficiales.....
- ✓ Vertido en un pozo séptico.....
- ✓ Vertido al ambiente.....

Anexo 9. Presupuesto referencial para la construcción de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domesticas en la comunidad de Chicaña

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>Herramientas de construcción</b>				<b>221,00</b>
Pala de punta	U	2	12,00	24,00
Barreta	U	1	20,00	20,00
Carretilla	U	2	50,00	100,00
Machete	U	1	8,00	8,00
Segueta	U	1	7,00	7,00
Vailejo	U	1	12,00	12,00
Escuadra	U	1	4,00	4,00
Tubo de piola fina	U	1	3,00	3,00
Lápiz de albañilería	U	1	1,00	1,00
Guantes de caucho	Par	1	2,00	2,00
Flexómetro (5m)	U	1	5,00	5,00
Nivel	U	1	13,00	13,00
Paleta de madera para construcción	U	1	6,00	6,00
Sierra de mano	U	1	8,00	8,00
Plomada	U	1	8,00	8,00
<b>Materiales de construcción</b>				<b>869,75</b>
Piedra	m <sup>3</sup>	1	20,00	20,00
Grava 3/4"	m <sup>3</sup>	5	20,00	100,00
Grava 1/2"	m <sup>3</sup>	0,25	20,00	5,00
Arena 1,3 mm	m <sup>3</sup>	4	20,00	80,00
Arena fina	m <sup>3</sup>	2	15,00	30,00
Ladrillo	U	410	0,30	123,00
Varilla hierro 10 x 12	U	4	8,00	32,00
Varilla hierro 6 x 6	U	4	1,75	7,00
Cemento	Fundas	10	8,00	80,00
Geomembrana	m <sup>2</sup>	22	5,45	119,90
Malla plástica 2 mm	m	12	3,50	42,00
Tubos PVC 4"	U	18	10,00	180,00
Codos PVC 4"	U	3	3,00	9,00
T's PVC 4"	U	5	3,75	18,75

Continuación.....

Anexo 9. Presupuesto referencial para la construcción de la zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domesticas en la comunidad de Chicaña

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Pegatubo	Litro	1	4,70	4,70
Baldes plástico 20 litros	U	2	1,00	2,00
Tiras de madera de 0,07x0,05x3 m	U	6	1,00	6,00
Alambre de amarre	Libra	1	0,90	0,90
Tapón PVC 4"	U	5	1,90	9,50
<b>Mano de obra</b>				<b>660,00</b>
Maestro albañil	Jornal	12	30,00	360,00
Oficial	Jornal	15	20,00	300,00
<b>Análisis de laboratorio</b>				<b>180,00</b>
Muestra agua	U	2	75,00	150,00
Muestra suelo	U	3	10,00	30,00
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>1930,75</b>

## Anexo 10. Tríptico divulgativo de la zanja de infiltración unifamiliar

### UBICACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO

Este proyecto de investigación se desarrolló en la cabecera parroquial de Chicaña del cantón Yantaza, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador; a una distancia de 15 Km y 20 minutos de recorrido en vehículo desde el cantón Yantaza

### CONSTRUCCIÓN DE LA ZANJA DE INFILTRACIÓN



<b>UNL</b>	<b>TÍTULO:</b> DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ZANJA DE INFILTRACIÓN UNIFAMILIAR	<b>LEYENDA</b>
<b>OSORIO:</b> Robert Arteaga	<b>REGIÓN:</b> U.E. "Jesús Poma" de las S.S.	<b>1</b> (línea roja)
<b>ESCALA:</b> 1:5000	<b>FECHA:</b> Julio 2014	<b>2</b> (línea verde)
	<b>LÁMINA:</b> 1/1	<b>3</b> (línea azul)
		<b>4</b> (línea amarilla)

### Construcción del campo de infiltración




### Construcción del lecho de secado de lodos




### Construcción de la caja de distribución




### Funcionamiento de la zanja de infiltración






**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**PLAN DE CONTINGENCIA**  
**SEDE ZAMORA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**

**TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:**

**“Diseño e implementación de una zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la comunidad de Chicaña”**

**TESISTA:** Robert Fabián Arteaga Fernández





Continuación.....

## Anexo 10. Tríptico divulgativo de la zanja de infiltración unifamiliar

<b>INTRODUCCIÓN</b>																
<p>El saneamiento básico es la tecnología que permite eliminar higiénicamente las excretas y aguas residuales y tener un medio ambiente limpio y sano tanto en la vivienda como en las proximidades de los usuarios.</p> <p>El tratamiento de las aguas residuales es la forma responsable de reportar este recurso a su cauce natural, es una técnica de remoción de contaminantes que permite devolver al ambiente el agua utilizada en las diversas actividades antrópicas.</p> <p><b>MARCO LEGAL REFERENTE AL PROYECTO DE TESIS</b></p> <p><b>Constitución de la república del Ecuador</b></p> <p><b>Art. 14.</b> Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir "sumak kawsay".</p> <p><b>Ley orgánica de salud</b></p> <p><b>Art. 103.</b> se prohíbe a toda persona natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias.</p> <p><b>Ley de aguas</b></p> <p><b>Art. 22.</b> Se prohíbe toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o la fauna; de igual forma se concede acción popular para denunciar los hechos que se relacionen con la contaminación del agua.</p>	<p><b>ZANJA DE INFILTRACIÓN</b></p> <p>La zanja de infiltración conocida también como infiltración rápida (IR), es un sistema de tratamiento natural de aguas residuales domésticas en poblaciones menores a 5000 habitantes y se basa en su aplicación directa sobre el suelo, depurándose mediante procesos físicos, químicos y biológicos a través de la zona no saturada del suelo, llegando a las aguas subterráneas en condiciones de ser reutilizada.</p> <p><b>Componentes de la zanja de infiltración</b></p> <p>Tanque séptico, caja de distribución, campo de infiltración y lecho de secado de lodos.</p> <p><b>Funcionamiento de la zanja de infiltración:</b></p> <p>El <b>tanque séptico</b> recibe el agua residual proveniente de la vivienda, separando los sólidos de los líquidos por sedimentación, para luego ser digeridos por las bacterias anaeróbicas que se desarrollan en el tanque en ausencia de oxígeno.</p> <p>La <b>caja de distribución</b> reparte de forma uniforme el agua residual procedente del tanque séptico a cada uno de los ramales del campo de infiltración.</p> <p>El <b>campo de infiltración</b> recibe el agua residual proveniente del tanque séptico por medio de tuberías perforadas de PVC de 4", para luego infiltrar el agua en el suelo aprovechando la actividad bacteriana del mismo para la remoción de los contaminantes.</p> <p>El <b>lecho de secado de lodos</b> recibe los lodos procedentes del tanque séptico para realizar su deshidratación y secado.</p>															
<p><b>Mantenimiento de la zanja de infiltración:</b></p> <p>Al <b>tanque séptico</b> se realiza la limpieza al final del periodo de diseño (numero de años calculado para almacenamiento de lodos) y en época de verano.</p> <p>La <b>caja de distribución</b> y el <b>campo de infiltración</b> no requieren mantenimiento alguno.</p> <p>Al <b>lecho de secado de lodos</b>, se le debe evacuar los lodos luego de haber pasado el periodo de secado, utilizando como acondicionamiento de cultivos.</p> <p><b>Herramientas utilizadas en la construcción</b></p> <p>2 Palas de punta            1 Machete            1 Barreta                    1 Escuadra            2 Carretillas                1 Plomada            1 Segueta                    1 Nivel            1 Sierra de mano            1 Paleta de madera            1 Vallejo                      1 Flexómetro            1 Tubo de pioila fina        1 Par de guantes de caucho</p> <p><b>Materiales utilizados en la construcción</b></p> <p>1 m<sup>3</sup> Piedra                    18 Tubos PVC 4"            5 m<sup>3</sup> Grava 3/4", 0,25 m<sup>3</sup> 1/2"    3 Codos PVC 4"            4 m<sup>3</sup> Arena 1.3 mm, 2 m<sup>3</sup> fina    5 T's PVC 4"            410 Ladrillos                    5 Tapones PVC 4"            4 Varillas hierro 10x12 y 4 6x6    1 filtro de Pegatubo            12 m Malla plástica de 2 mm    10 Fundas cemento            22 m<sup>2</sup> de Geomembrana            1 libra Alambre Ama.</p>	<p><b>Presupuesto necesario para construir</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>RUBRO</th> <th>DESCRIPCIÓN DEL RUBRO</th> <th>PRECIO TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Herramientas de construcción</td> <td>221,00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Materiales de construcción</td> <td>869,75</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Mano de obra</td> <td>660,00</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Costo Total</b></td> <td><b>1750,75</b></td> </tr> </tbody> </table>	RUBRO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	PRECIO TOTAL	1	Herramientas de construcción	221,00	2	Materiales de construcción	869,75	3	Mano de obra	660,00	<b>Costo Total</b>		<b>1750,75</b>
RUBRO	DESCRIPCIÓN DEL RUBRO	PRECIO TOTAL														
1	Herramientas de construcción	221,00														
2	Materiales de construcción	869,75														
3	Mano de obra	660,00														
<b>Costo Total</b>		<b>1750,75</b>														

Anexo 11. Agenda de socialización del proyecto de investigación



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

PLAN DE CONTINGENCIA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE  
SEDE – ZAMORA

**Tipo de evento:** Socialización

**Tema:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ZANJA DE INFILTRACIÓN UNIFAMILIAR PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS EN LA COMUNIDAD DE CHICAÑA”.

**Responsable:** Robert Fabián Arteaga Fernández

**Lugar :** Chicaña

**Fecha :** Lunes 25 de Agosto del 2014

**Hora :** 10H00 (10 de la mañana)

**Planificación de la socialización de la investigación**

Actividades	Metodología	Materiales	Tiempo
<b>Introducción</b>			
Saludo de bienvenida Presentación Entrega de un tríptico divulgativo	Intervención oral	Trípticos divulgativos	10 min.
<b>Parte central</b>			
Desarrollo de la temática Tema Problemática y propósito Objetivos Metodología Resultados Conclusiones Recomendaciones	Dar a conocer a los presentes el contexto de la investigación. Proyección mediante data show la investigación y explicación de cada actividad	Data Show Diapositivas	40 min.
<b>Finalización</b>			
Recepción de inquietudes Agradecimiento	Criterios y opiniones Firmas de los asistentes	Registro de asistencia	10 min
<b>Duración total del evento</b>			<b>60 min</b>

Anexo 12. Registro de asistencia de los participantes en la socialización



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

PLAN DE CONTINGENCIA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE  
SEDE – ZAMORA

<b>PROYECTO</b>	"Diseño e implementación de una zanja de infiltración unifamiliar para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la comunidad de chicaña"			
<b>Provincia:</b> Zamora Chinchipe <b>Cantón:</b> Yantzaza <b>Parroquia:</b> Chicaña				
<b>Comunidad:</b> Chicaña				
<b>Instructor:</b>	Robert Arteaga	<b># de horas:</b> 1		
<b>Tema</b>	Socialización del proyecto de investigación			
<b>Fecha</b>	25/08/2014			
<b>LISTA DE ASISTENCIA</b>				
#	Nombre y apellido	# de Cedula	Institución a la que representa	Firma
1	Galo Gabriel Abama Villavigenio	1900465590	GAD Yantzaza	<i>[Firma]</i>
2	Ceolros Manuel Quezanda S.	1900493428	GAD Yantzaza	<i>[Firma]</i>
3	Fabrizio Quispe	1900463462	GAD Provincia	<i>[Firma]</i>
4	Manuel Sarango	1900470678	GAD CHICANA	<i>[Firma]</i>
5	MARLENE Quezanda	1103666135	GAD CHICANA	<i>[Firma]</i>
6	ELVIA CHALAH	1900259092	Escuela Padre Juan González	<i>[Firma]</i>
7	Ma. Dolores Benítez Q.	110326557-3	Escuela Padre Juan González	<i>[Firma]</i>
8	Marjoliza Paqui Medina	1104888209	MSP "Centro de Salud Chirano"	<i>[Firma]</i>
9	Angel Fernandez	190061500-4	U.N.L	<i>[Firma]</i>
10	Cristian Torres	1900639855	U.N.L	<i>[Firma]</i>
11				

## Anexo 13. Glosario de términos

**Ácido sulfhídrico.**- Es un hidrácido de fórmula  $H_2S$ . Este gas más pesado que el aire, es inflamable, incoloro tóxico, odorífero; su olor es el de materia orgánica en descomposición, como de huevos podridos. A pesar de ello, en el organismo humano desempeña funciones esenciales.

**Acuífero.**- Formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas.

**Afluente.**- Es aquel río que desemboca en otro río y que tiene menos caudal y menos cuenca de recepción que el río principal.

**Aforo.**- Medición cuantitativa de la descarga (caudal) de agua residual.

**Aguas residuales.**-Son aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarios, domésticos y en general de cualquier otro uso.

**Aldehídos.**- Son compuestos orgánicos caracterizados por poseer el grupo funcional  $-CHO$ . Se denominan como los alcoholes correspondientes.

**Almidón.**- Es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, constituido por amilosa y amilopectina. Proporciona el 70–80% de las calorías consumidas por los humanos del todo el mundo.

**Ambiente.**- Es el conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinado.

**Amonio.**- Es un catión poliatómico cargado positivamente, de fórmula química  $NH_4^+$

**Amoniaco.**- De fórmula  $NH_3$ . Es un compuesto químico en estado natural gaseoso, ampliamente utilizado en la industria química y como refrigerante.

Se disuelve con facilidad en agua formando el agua amoniacal. Es una sustancia muy corrosiva y toxica por lo que su manejo requiere medidas de seguridad para evitar daños a la salud e incluso la muerte.

**Bacteria.-** Nombre que reciben aquellos organismos unicelulares y microscópicos, que carecen de núcleo diferenciado y se reproducen por división unicelular sencilla.

**Bacteria coliforme.-** Bacteria que sirve como indicador de contaminantes y patógenos cuando son encontradas en las aguas. Estas son usualmente encontradas en el tracto intestinal de los seres humanos y otros animales de sangre caliente.

**Balance hídrico.-** Relación entre ganancias y pérdidas de agua en forma de evaporación, precipitación, escorrentía de depósitos o cauces naturales o artificiales.

**Biodegradable.-** Propiedad de una sustancia de ser transformada en otras más simples por acción de los microorganismos.

**Bioestimulante.-** Es una sustancia que promueve el crecimiento y desarrollo de las plantas, además de mejorar su metabolismo.

**Bicarbonato.-** Son sales ácidas derivadas del ácido carbónico, de fórmula  $H_2CO_3$ , que contienen el anión bicarbonato, de formula  $HCO_3^-$ .

**Capacidad de intercambio catiónico.-** Es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas. Estas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores.

**Catión.-** Un catión es un ion (ósea átomo o molécula) con carga eléctrica positiva, es decir que ha perdido electrones. Los cationes se describen con un estado de oxidación positivo. En términos químicos, es cuando un átomo

neutro pierde uno o más electrones de su dotación original, este fenómeno se conoce como ionización.

**Caudal.-** Flujo de agua superficial en un río o en un canal.

**Carbonato.-** Los carbonatos en la naturaleza son formados a partir del ácido carbónico en solución acuosa derivado de la disolución de dióxido de carbono en agua y en la que una pequeña fracción forma ácido carbónico según la reacción.

**Carbono.-** Metaloide simple, inodoro e insípido de símbolo químico C, número atómico 6. Se encuentra en estado sólido y sometido a elevadísimas temperaturas se convierte en vapor sin pasar por el estado líquido. Está presente en todas las sustancias orgánicas. Es fijado por las plantas a través de la fotosíntesis.

**Carbohidrato.-** Compuesto de carbono, hidrógeno y oxígeno; las principales clases son: almidones, azúcares y celulosa.

**Ciclo hidrológico.-** Ciclo natural del agua que ocurre en el ambiente, incluyendo la evaporación, condensación, retención y escorrentía.

**Cieno.-** Lodo blando que se deposita en el fondo de depósitos de agua o en sitios bajos y húmedos.

**Ciénaga.-** Lugar que tiene cieno.

**Colmatación.-** Se produce cuando existe gran cantidad de sedimentos que impiden el flujo de agua.

**Conductividad eléctrica.-** Es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí.

**Coefficiente de uniformidad.-** El coeficiente de uniformidad está relacionado con el origen del suelo y cuando menor es, más uniforme es el suelo. De esta forma, valores del coeficiente de uniformidad inferior a 5 corresponden

a suelos uniformes y los inferiores a 2,5 a suelos muy uniformes. Por ejemplo las arenas de playa o las eólicas tienen coeficientes de uniformidad inferiores a 2.

**Contaminante.-** Sustancia que altera la pureza o naturaleza de un elemento, tal como el aire, agua o alimentos.

**Contaminación.-** Es la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

**Cuerpo de agua.-** Depósito natural tal como ríos, lagos, quebradas y embalses, donde se acopia agua con algún propósito.

**Cuerpo receptor.-** Componente del medio ambiente que recibe los aportes de carga contaminante generados por la actividad económica y social.

**DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).-** Es la cantidad de oxígeno (medido en mg/l) que es requerido para la descomposición de la materia orgánica por los organismos unicelulares, bajo condiciones de prueba. Se utiliza para medir la cantidad de contaminación orgánica en aguas residuales.

**DBO<sub>5</sub>.-** Es la cantidad de oxígeno disuelto consumido en cinco días por las bacterias que realizan la degradación biológica de la materia orgánica.

**DDT.-** Insecticida altamente toxico, cuyas siglas significan Dicloro-Definil-Tricloroetano, cristalino, incoloro, inodoro e insoluble en el agua. Ingresa a la cadena alimenticia y produce cáncer.

**Degradable.-** Que se puede transformar una sustancia compleja en otras de constitución más sencilla.

**Descarga.-** Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita.

**Desnitrificación.-** Reducción desasimilatoria de nitrato o nitrito a nitrógeno molecular.

**Dique.-** Es un muro grueso para evitar el paso del agua, puede ser natural o artificial, por lo general de tierra y paralelo al curso de un río o al borde del mar.

**DQO (Demanda Química de Oxígeno).-** Cantidad de oxígeno (medido en mg/L) que es consumido en la oxidación de materia orgánica y materia inorgánica oxidable, bajo condiciones de prueba. Es usado para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales. En contraposición al DBO, con el DQO prácticamente todos los compuestos son oxidados.

**Efluente.-** Agua que sale de un depósito o termina una etapa o el total de un proceso de tratamiento.

**Erosión.-** Es la pérdida de suelo provocada principalmente por factores como las corrientes de agua y de aire, en particular en terrenos secos y sin vegetación, además el hielo y otros factores. La erosión del suelo reduce su fertilidad porque provoca la pérdida de minerales y materia orgánica.

**Escherichia coli (E. coli).-** Bacteria coliforme que está a menudo asociada con el hombre y desechos animales y es encontrada en el intestino. Es usada por departamentos de salud y laboratorios privados para medir la calidad de las aguas.

**Escorrentía.-** Parte del agua de precipitación que discurre por la superficie de la tierra hacia corrientes u otras aguas superficiales.

**Estrato.-** Son cada una de las capas en que se presentan divididas las diferentes clases de suelos que se pueden encontrar.



**Evaluación cuantitativa del agua.-** Uso de análisis para establecer las propiedades del agua y concentraciones de compuestos y contaminantes con la finalidad de definir la calidad del agua.

**Evaporación.-** Es el proceso de pasar el agua de forma líquida a gaseosa.

**Evapotranspiración.-** Pérdida de agua del suelo a través de la vaporación, por vaporación directa y por la transpiración de las plantas, a través de sus estomas.

**Fangos.-** En el tratamiento de aguas residuales, se generan una serie de subproductos denominados fangos, donde se concentra la contaminación eliminada, la principal fuente de producción de fangos corresponde a los sólidos sedimentados retirados del fondo del pretratamiento.

**Hidratos de carbono.-** También llamados glúcidos o azúcares, están compuestos por los elementos: hidrógeno, oxígeno y carbono tienen como principal función aportar energía al organismo de manera inmediata. Los animales contienen cantidades muchos menores de hidratos de carbono que los vegetales.

**Hidrógeno.-** Es un elemento químico de número atómico 1, representado por el símbolo H. Es un gas inflamable, incoloro, inodoro, no metálico e insoluble en agua. Es el elemento químico más abundante, constituyendo aproximadamente el 75% de la materia visible del universo.

**Hidróxido.-** Los hidróxidos se caracterizan por tener el grupo OH<sup>-</sup>, llamado hidróxido, de valencia -1, unido a un metal. Estos compuestos se llaman hidróxidos (o bases) por el carácter básico de sus disoluciones acuosas. Según IUPAC, se nombran con la palabra genérica hidróxido seguida del metal correspondiente en genitivo.

**Impermeable.-** No penetrable fácilmente por el agua.

**Infiltración.-** Es el proceso mediante el cual el agua penetra al subsuelo y es gradualmente conducida a capas más profundas pudiendo penetrar a través de los mantos rocosos subterráneos y pasar entre sus pequeñas grietas.

**Lixiviación.-** Es un proceso por el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. Ambas fase entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce una separación de los componentes originales del sólido.

**Materia coloidal.-** Los coloides son las partículas de muy bajo diámetro que son responsables de la turbidez o del color del agua superficial. Debido a su muy baja sedimentación la mejor manera de eliminarlos es por los procesos de coagulación-floculación. El objetivo de la coagulación es desestabilizar la carga electrostática para promover que los coloides se agrupen.

**Materia flotante.-** Es cualquier objeto visible, sin importar su composición o forma, que se mantenga flotando libremente en la superficie de un líquido y que se pueda retener en una malla de claro libre cuadrado de 3 mm.

**Materia orgánica.-** Sustancia de material de plantas y animales muertos, con estructura de carbono e hidrógeno.

**Metal pesado.-** Metal que tiene una densidad de 5 o mayor peso elemental. La mayoría son tóxicos para el ser humano, incluso a bajas concentraciones.

**Meteorización.-** Conjunto de fenómenos físicos y químicos que sufren las rocas al ser expuestas a las condiciones atmosféricas. Es la adaptación de las rocas a un nuevo ambiente.

**Microorganismo.-** Organismos microscópicos, tales como virus, bacterias, hongos y protozoos que pueden resultar beneficiosos o perjudiciales para el hombre según el caso.

**Nitratos.-** Los nitratos inorgánicos se forman en la naturaleza por la descomposición de los compuestos nitrogenados como las proteínas, la urea, etc. En esta descomposición se forma amoníaco o amonio respectivamente. En presencia de oxígeno este es oxidado por microorganismos de tipo nitrobacter o ácido nítrico que ataca cualquier base (generalmente carbonatos) que hay en el medio formando el nitrato correspondiente.

**Nitrificación.-** Es el proceso en el que el nitrógeno orgánico y amoniacal se oxida, transformándose primero en nitrito y posteriormente en nitrato.

**Nitrito.-** En la naturaleza los nitritos se forman por oxidación biológica de las aminas y del amoníaco, o por reducción del nitrato en condiciones anaeróbicas. En la industria se pueden obtener al disolver el óxido de nitrógeno ( $N_2O_3$ ) en disoluciones básicas.

**Nivel freático.-** Profundidad a la que se localizan aguas acumuladas en el subsuelo.

**Organismos planctónicos.-** Son organismos principalmente microscópicos errantes, que flotan en aguas saladas o dulces, más abundantes hasta los 200 metros de profundidad, aproximadamente.

**Organoclorados.-** Clase de pesticidas caracterizados por la presencia de radicales clorados con un grupo orgánico. Son de difícil degradación, uno de los organoclorados más conocidos es el DDT.

**Organofosforados.-** Grupo de pesticidas químicos que contienen fósforo. Estos compuestos de vida corta normalmente no contaminan el medio ambiente si son usados correctamente.

**Oxidación.-** La oxidación es una reacción química donde un metal o un no metal ceden electrones y por tanto aumenta su estado de oxidación. La reacción química opuesta a la oxidación se conoce como reducción, es decir cuando una especie química acepta electrones. Estas dos reacciones

siempre se dan juntas, es decir, cuando una sustancia se oxida, siempre es por la acción de otra que se reduce. Una cede electrones y la otra los acepta.

**Oxígeno.-** El oxígeno es un elemento químico de número atómico 8 y representado por el símbolo O. Es el elemento químico más abundante de la corteza terrestre, forma parte del agua de los océanos y el aire. El oxígeno tiene una importancia depuradora tan grande que el nivel de contaminación se mide en demanda biológica de oxígeno (DBO): Número de miligramos de oxígeno por litro de agua que son necesarios para transformar las moléculas complejas en moléculas simples de anhídrido carbónico, agua y sales minerales.

**Patógeno.-** Microorganismo que origina y desarrolla las enfermedades.

**Pendiente.-** La inclinación o declive de una tubería o de la superficie natural de terreno, usualmente expresada por la relación o porcentaje del número de unidades de elevación o caída vertical, por unidad de distancia horizontal.

**Pesticida.-** Sustancia empleada para matar insectos. Puede ser líquido, gaseoso o en polvo. De acuerdo a su composición, se clasifican en organofosforados y organoclorados.

**Percolación.-** El flujo o goteo del líquido que desciende a través del medio filtrante. El líquido puede o no llenar los poros del medio filtrante.

**Perfil estratigráfico.-** Sistema completo de todas las capas de suelo a diferentes profundidades.

**Permeabilidad.-** Es la propiedad del sistema poroso del suelo que permite que fluyan los líquidos. Normalmente, el tamaño de los poros y su conectividad determinan si el suelo posee una alta o baja permeabilidad. El agua podrá fluir fácilmente a través de un suelo de poros grandes con una buena conectividad entre ellos. Los poros pequeños como el mismo grado

de conectividad tendrían una baja permeabilidad, ya que el agua fluiría a través del suelo más lentamente.

**Precipitación.-** Comúnmente conocida como lluvia, constituida por gotas de agua procedentes de las nubes. Se desprenden y caen debido a la humedad atmosférica.

**Prevención.-** El conjunto de disposiciones, acciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente.

**Protección ambiental.-** Conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y prevenir y controlar su deterioro.

**Protista.-** El reino protista es el que presenta las estructuras biológicas más sencillas entre los eucariotas, ya que su ADN está incluido en el núcleo de la célula, y pueden presentar una estructura unicelular (siendo esta la más común), multicelular o colonial (pero sin llegar a formar tejidos). Los protistas son autótrofos (en su mayoría) y producen un alto porcentaje del oxígeno de la tierra.

**Proteínas.-** Son macromoléculas compuestas por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. La mayoría también contienen azufre y fósforo.

**Radicales.-** Es una especie química que se caracteriza por poseer uno o más electrones desapareados. Se forma en el intermedio de reacciones químicas, a partir de la ruptura homolítica de una molécula y en general, es extremadamente inestable y por tanto, con gran poder reactivo y de vida media muy corta (milisegundos).

**Residuo.-** Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya cantidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo genero.

**Sales minerales.-** Son moléculas inorgánicas de fácil ionización en presencia de agua y que en los seres vivos aparecen tanto precipitadas, como disueltas, como cristales o unidas a otras biomoléculas.

**Suelo.-** Es la capa superior de la corteza terrestre que puede tener pocos milímetros o muchos metros. Se forma por el desgaste natural de las piedras y por la descomposición de restos orgánicos (humos). En un año puede formarse apenas 0,1 mm de suelo nuevo.

**Sólidos disueltos.-** Materiales sólidos que se disuelven totalmente en agua y pueden ser eliminados por filtración.

**Sólido en dispersión.-** Es la mezcla de al menos dos sustancias que no se disuelven o difícilmente se disuelven una en la otra y que no reaccionan químicamente entre sí.

**Sólidos sedimentables.-** Producto sedimentable y son eliminados en ese camino. Aquellos sólidos suspendidos en las aguas residuales que se depositan después de un cierto periodo de tiempo.

**Sólidos suspendidos.-** Partículas sólidas orgánicas o inorgánicas que se mantienen en suspensión en una solución.

**Sólidos totales.-** Todos los sólidos en el agua residual o aguas de desecho, incluyendo sólidos suspendidos y sólidos filtrables. Es el peso de todos los sólidos presentes en el agua por unidad de volumen.

**Subsuperficial.-** Cualquier proceso que se pueda desarrollar bajo la superficie terrestre.

**Sulfatos.-** Son las sales o los esteres del ácido sulfúrico, los más importantes de las cuales son el sulfato de sodio, sulfato de potasio y el sulfato de magnesio.

**Sulfitos.**- Los sulfitos son las sales o ésteres del hipotético ácido sulfuroso ( $H_2SO_3$ ). Siendo los más importantes el sulfito de sodio y el sulfito de magnesio.

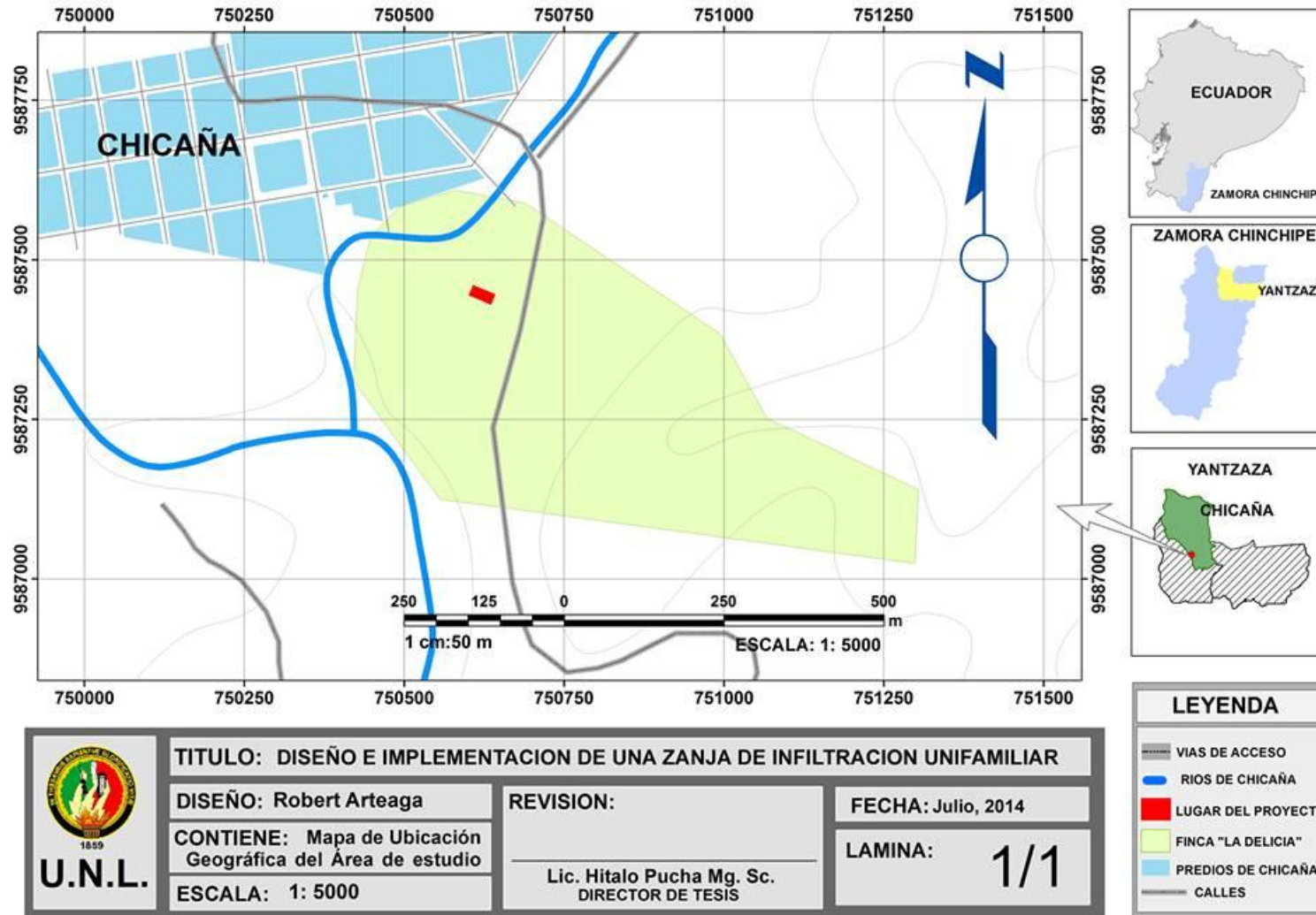
**Sulfuro de hidrógeno.**- Es un gas incoloro, inflamable y extremadamente peligroso con olor a “huevo podrido”. Ocurre en forma natural en petróleo crudo y gas natural y puede ser producido por la descomposición de materia orgánica y desechos humanos/animales (por ejemplo aguas negras).

**Tratamiento biológico aerobio.**- Es realizado por determinado grupo de microorganismos (principalmente bacterias y protozoos) que en presencia de oxígeno, actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual, transformándola en gases y materia celular, que puede separarse fácilmente mediante sedimentación.

**Urea.**- Es un compuesto químico cristalino e incoloro. Se encuentra abundantemente en la orina y en la materia fecal. Es el principal producto terminal del metabolismo de proteínas en el hombre y en los demás mamíferos.

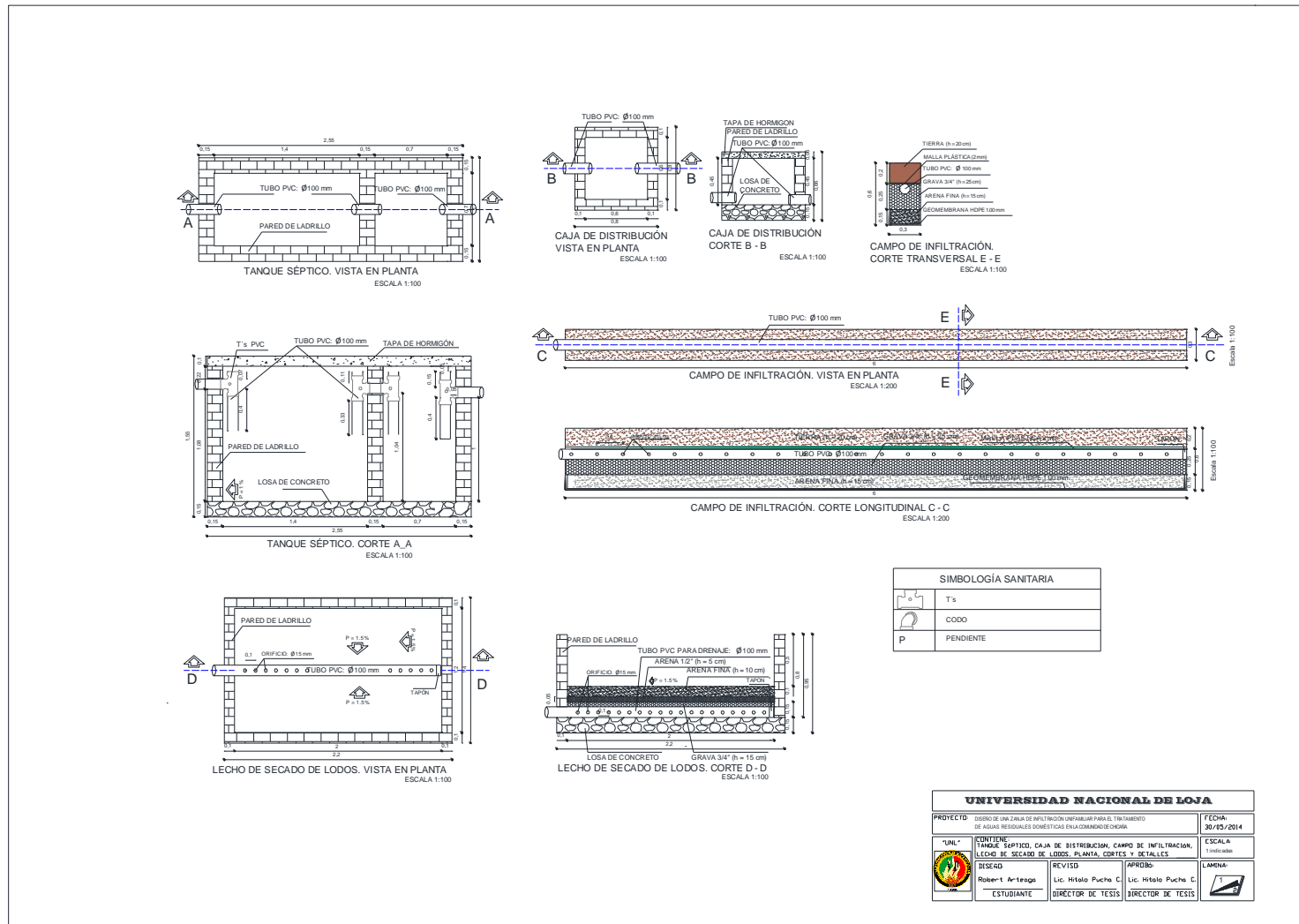
**Volatilización.**- Es el proceso que consiste en el cambio de estado de sólido al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.

Anexo 14. Ubicación geográfica del área de estudio





# Anexo 15. Planos de diseño de la zanja de infiltración unifamiliar



# Anexo 15. Planos de diseño de la zanja de infiltración unifamiliar

