

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INFLUENCIA DEL DIMENSIONAMIENTO DE
ZANJAS DE INFILTRACIÓN PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS DEL CENTRO POBLADO
UCHUBAMBA DISTRITO MASMA - JAUJA**

PRESENTADO POR:

Bach. JULIÁN MÁXIMO CAPCHA PIÑARES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2017

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. CASIO A. TORRES LÓPEZ
PRESIDENTE

JURADO

JURADO

JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

ASESORES:

ING. JUAN JOSÉ BULLÓN ROSAS – ASESOR TEMÁTICO.

DR. CARLOS SÁNCHEZ GUZMÁN – ASESOR METODOLÓGICO.

DEDICATORIA

Este trabajo de grado que representa la culminación de mi carrera universitaria la dedico A mis padres Zenobio y Epifanía, por su apoyo incondicional en cada instante de mi vida.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	20
1.2.1. Problema General.....	20
1.2.2. Problemas Específicos.....	20
1.3.OBJETIVOS.....	20
1.3.1. Objetivo General.....	20
1.3.2. Objetivos Específicos.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	21
1.4.1. General Aspecto social.....	21
1.5.LIMITACIONES.....	22
1.5.1. Económica.....	22
1.5.2. Institucional.....	22
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
2.2. MARCO TEÓRICO.....	33
2.2.1. Sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales	33
2.2.2. Capacidad de infiltración	35
2.2.3. Los suelos	36
2.2.3.1. Tipos de suelos	37

2.2.4. Disposición de los sistemas de infiltración	40
2.2.5. Evaluación y valoración del terreno.....	42
2.2.5.1. Evaluación preliminar del terreno	44
2.2.5.2. Reglamentación ambiental.....	44
2.2.6. Evaluación detallada del emplazamiento	44
2.2.6.1. Identificación de las características del suelo	45
2.2.6.2. Ensayo de percolación	53
2.2.6.2.1. Capacidad de asimilación de un emplazamiento.....	54
2.2.6.2.2. Determinación de la capacidad de asimilación hidráulica.....	56
2.2.6.2.3. Procedimiento para realizar ensayo de percolación.....	57
2.2.6.3. Caracterización hidrogeológica	65
2.2.6.3.1. Variación del nivel freático.....	66
2.2.7. Marco conceptual.....	68
2.2.7.1. Capacidad de infiltración.....	68
2.2.7.2. UBS – arrastre hidráulico.....	69
2.2.7.3. Zanjas de infiltración.....	69
2.2.7.4. Tanquilla de distribución.....	72
2.2.7.5. Superficies de infiltración de las zanjas de infiltración.....	72
2.2.8. Grado de tratamiento.....	73
2.2.9. Métodos de cálculo de zanjas de infiltración hidráulica.....	74
2.2.10. Metodología según la gaceta oficial N°4.044.....	76
2.2.11. Metodología según la guía técnica: tanques sépticos.....	80
2.2.12. Metodología según normas Mexicanas y Normas de el Salvador	86
2.2.13. Metodología según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	88
2.3. HIPÓTESIS.....	89

2.3.1. Hipótesis General.....	89
2.3.2. Hipótesis Específico.....	90
2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	90
2.4.1. variable independiente.....	90
2.4.2. variables dependiente.....	90
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	92
3.1. UBICACIÓN.....	92
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	96
3.3. POBLACIÓN.....	96
3.4. MUESTRA.....	97
3.5. INSTRUMENTACIÓN.....	97
3.6. RECOLECCIÓN DE DATOS.....	97
3.6.1. Técnicas.....	97
3.6.2. Instrumentos de investigación.....	98
3.6.3. Valides y confiabilidad.....	99
3.7. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	99
3.8. SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO.....	100
3.9. DATOS DE DISEÑO PARA LA COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS.....	101
3.10. CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN LA GACETA OFICIAL N°4.044.....	101
3.11. CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN GUÍA TÉCNICA: TANQUES SÉPTICOS.....	104
3.12. CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN NORMAS DE MÉXICO Y NORMAS DE EL SALVADOR	107

3.13. CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ.....	109
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	111
4.1. CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE ACUERDO A LOS TIPOS DE SUELOS.....	111
4.1.1. Tasa de infiltración del suelo pozo 1	111
4.1.2. Tasa de infiltración del suelo pozo 2	112
4.1.3. Tasa de infiltración del suelo pozo 3	112
4.1.4. Tasa de infiltración del suelo pozo 4	113
4.1.5. Tasa de infiltración del suelo pozo 5	114
4.1.6. Tasa de infiltración del suelo pozo 6	114
4.2. ZANJAS DE INFILTRACIÓN, CON EL MÉTODO POR GRAVEDAD PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	115
4.2.1. zanja de infiltración 1 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	115
4.2.2. zanja de infiltración 2 según norma técnica I.S._020 del PERÚ	116
4.2.3. zanja de infiltración 3 según norma técnica I.S._020 del PERÚ	117
4.2.4. zanja de infiltración 4 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	118
4.2.5. zanja de infiltración 5 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	119
4.2.6. zanja de infiltración 6 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	120
4.2.7. zanja de infiltración 1 - 6 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	121
4.3. GRADO DE INFILTRACIÓN CON INFILTRÓMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN.	122
4.3.1. capacidad de infiltración pozo 1	122
4.3.2. capacidad de infiltración pozo 2.....	122
4.3.3. capacidad de infiltración pozo 3.....	123

4.3.4. capacidad de infiltración pozo 4.....	123
4.3.5. capacidad de infiltración pozo 5.....	124
4.3.6. capacidad de infiltración pozo 6.....	124
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	126
5.1. INFILTRACIÓN DE ACUERDO A LOS TIPOS DE SUELOS.....	126
5.1.1. Infiltración en el suelo, pozo 1	126
5.1.2. Infiltración en el suelo, pozo 2	126
5.1.3. Infiltración en el suelo, pozo 3	127
5.1.4. Infiltración en el suelo, pozo 4	127
5.1.5. Infiltración en el suelo, pozo 5	127
5.1.6. Infiltración en el suelo, pozo 6	128
5.2. ZANJAS DE INFILTRACIÓN, CON EL MÉTODO POR GRAVEDAD PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.	128
5.2.1. Zanja de infiltración 1 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	128
5.2.2. Zanja de infiltración 2 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	129
5.2.3. Zanja de infiltración 3 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	129
5.2.4. Zanja de infiltración 4 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	129
5.2.5. Zanja de infiltración 5 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	129
5.2.6. zanja de infiltración 6 según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	130
5.3. GRADO DE INFILTRACIÓN CON INFILTRÓMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN.....	130
5.3.1. capacidad de infiltración pozo 1	130
5.3.2. capacidad de infiltración pozo 2	131
5.3.3. capacidad de infiltración pozo 3.....	131
5.3.4. capacidad de infiltración pozo 4	131

5.3.5. capacidad de infiltración pozo 5	131
5.3.6. capacidad de infiltración pozo 6	131
CONCLUSIONES.....	133
RECOMENDACIONES.....	134
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
BIBLIOGRAFÍA.....	135
PÁGINAS WEB.....	136
ANEXOS.....	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Tipos de sistemas locales de disposición y reutilización de aguas residuales.....	35
Tabla 2-2. Componentes Modificadores del Color del Suelo.....	46
Tabla 2-3. Diámetro De Partículas En mm de arena, limo, arcilla.....	47
Tabla 2-4. Capacidad de Infiltración en diversos tipos de suelo.....	48
Tabla 2-5. Apariencia y tacto de suelos de diferentes texturas.....	47
Tabla 2-6. Criterios típicos para la selección del emplazamiento de los sistemas y lechos de infiltración	51
Tabla 2-7. Ubicación de los componentes de un Sistema de Disposición de aguas servidas, distancias mínimas a mantenerse de borde a borde.	52
Tabla 2-8. Coeficientes de permeabilidad aproximados y velocidades de percolación y de asimilación asociadas a los diferentes tipos de suelo.	55
Tabla 2-9. Constantes para la ecuación de acumulación de aguas subterráneas.....	67
Tabla 2-10. Valores del coeficiente de almacenamiento para diferentes medios.....	67
Tabla 2-11. Rendimiento de tratamiento de los componentes de los sistemas in situ y de los filtros de arena con recirculación o intermitentes.	74
Tabla 2-12. Métodos para el cálculo de zanjas de infiltración por gravedad.....	75
Tabla 2-13. Áreas de absorción requeridas en metros cuadrados por cada mil litros de aguas servidas por día, a disponer en sumideros o en zanjas de absorción de acuerdo con la rata de percolación.	77
TABLA 2-14. Dimensiones de las Zanjas de Absorción y separación entre ellas.....	79
Tabla 2-15. Velocidad de infiltración (Tabla A y A, en Normas de presentación, diseño y construcción para urbanizaciones y fraccionamientos).....	83
Tabla 2-16. Tasa de infiltración y coeficiente de infiltración del efluente para pozos de 0,30 m de diámetro.....	87

Tabla 4-1. Tasa de infiltración del suelo pozo 1	110
Tabla 4-2. Tasa de infiltración del suelo pozo 2	111
Tabla 4-3. Tasa de infiltración del suelo pozo 3	111
Tabla 4-4. Tasa de infiltración del suelo pozo 4	112
Tabla 4-5. Tasa de infiltración del suelo pozo 5	113
Tabla 4-6. Tasa de infiltración del suelo pozo 6	113
Tabla 4-7. Zanja de infiltración del suelo pozo 1	114
Tabla 4-8. Zanja de infiltración del suelo pozo 2	115
Tabla 4-9. Zanja de infiltración del suelo pozo 3	116
Tabla 4-10. Zanja de infiltración del suelo pozo 4	117
Tabla 24-11. Zanja de infiltración del suelo pozo 5	118
Tabla 4-12. Zanja de infiltración del suelo pozo 6	119
Tabla 4-13. Zanja de infiltración del suelo pozos 1 - 6	120
Tabla 4-14. Test de percolación pozo 1.....	121
Tabla 4-15. Test de percolación pozo 2.....	121
Tabla 4-16. Test de percolación pozo 3.....	122
Tabla 4-17. Test de percolación pozo 4.....	122
Tabla 4-18. Test de percolación pozo 5.....	123
Tabla 4-19. Test de percolación pozo 6.....	123
Tabla 4-20. Resumen de resultados de los métodos aplicados	124
Tabla 5-1. Resumen de tipo de suelo.....	128
Tabla 5-2. Velocidad de infiltración pozo 1 al 6.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Sistema de infiltración de aguas residuales.	41
Figura 2-2. Horizontes de suelo.....	48
Figura 2-3. Apariencia de los suelos arcilla, margo arcilloso y margo arcilloso limoso en diferentes condiciones de humedad.....	50
Figura 2-4. Curva para determinar la capacidad de absorción del suelo mediante el tiempo de infiltración para conseguir el coeficiente de infiltración en tipos de suelo.....	65
Figura 2-5. detalle de la zanja de infiltración	70
Figura 2-6. Grafica Área de Absorción vs. Rata de Percolación.....	78
Figura 2-7. Esquema del sistema de infiltración según la Gaceta Oficial N° 4.044.....	80
Figura 2-8. Capacidad de absorción del suelo	88
Figura 3-1. Cuadro comparativo entre la capacidad de infiltración y los pozos percoladores.....	98
Figura 3-2. Representación gráfica de las dimensiones obtenidas: Cálculo de zanjas de infiltración según la Gaceta Oficial N°4.044.....	102
Figura 3-3. Representación gráfica de las dimensiones obtenidas: tanques sépticos...106	
Figura 3-4. Dimensión de las zanjas de infiltración según normas de México y Normas de el Salvador	108
Figura 3-5. Dimensiones de las zanjas de infiltración según norma técnica I.S._020 del PERÚ.....	109
Figura 4-1. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 1.....	110
Figura 4-2. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 2.....	111
Figura 4-3. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 3.....	112
Figura 4-4. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 4.....	112

Figura 4-5. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 5.....	113
Figura 4-6. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 6.....	114
Figura 4-7. Dimensiones de zanjas de infiltración 1.....	115
Figura 4-8. Dimensiones de zanjas de infiltración 2.....	116
Figura 4-9. Dimensiones de zanjas de infiltración 3.....	117
Figura 4-10. Dimensiones de zanjas de infiltración 4.....	118
Figura 4-11. Dimensiones de zanjas de infiltración 5.....	119
Figura 4-12. Dimensiones de zanjas de infiltración 6.....	120
Figura 5-1. Velocidad de infiltración.....	133

RESUMEN

La presente tesis titulada: “Influencia del dimensionamiento de Zanjas de Infiltración para el tratamiento de aguas residuales domesticas del centro poblado Uchubamba Distrito Masma – Jauja”.

Se formula el problema ¿Cómo influye el dimensionamiento de zanjas de infiltración, para el tratamiento de aguas residuales domesticas del centro poblado Uchubamba?

Cuyo objetivo general es, Determinar la influencia del dimensionamiento de zanjas de infiltración, para el tratamiento de aguas residuales domésticas, del centro poblado Uchubamba.

La hipótesis general es el dimensionamiento de zanjas de infiltración tiene relación directa con la textura y granulometría del suelo del centro poblado Uchubamba Distrito Masma - Jauja, influyendo en la velocidad de infiltración de aguas residuales domésticas.

Esta investigación se fundamenta en el método científico aplicativo, utiliza como procesos lógicos la inducción y la deducción, el nivel es explicativo, con un diseño cuantitativa - correlacional.

La conclusión final es que la influencia del dimensionamiento de las zanjas de infiltración es positiva ya que permitirá eliminar la contaminación provocada por las aguas residuales domésticas.

Palabras claves:

Percolación de zanjas, infiltración, tipo de suelo, tratamiento de aguas residuales, ensayos de infiltración, zanjas de infiltración.

ABSTRACT

This thesis entitled: "Influence of the dimensioning of Infiltration Trenches for the treatment of domestic wastewater of the Uchubamba District Masma - Jauja".

The problem is formulated how does the dimensioning of infiltration ditches affect the treatment of domestic wastewater in the Uchubamba settlement?

Whose general objective is to determine the influence of the dimensioning of infiltration ditches for the treatment of domestic wastewater from the Uchubamba settlement.

The general hypothesis is the sizing of infiltration ditches is directly related to the soil texture and granulometry of the Uchubamba District Masma - Jauja settlement, influencing the rate of infiltration of domestic wastewater.

This research is based on the application scientific method, uses as induction and deduction as logical processes, the level is explanatory, with a quantitative - correlational design.

The final conclusion is that the influence of sizing of infiltration ditches is positive since it will eliminate the pollution caused by domestic wastewater.

Keywords:

Dwelling percolation, infiltration, soil type, waste water treatment, infiltration tests, and infiltration trenches.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada “Influencia del dimensionamiento de Zanjas de Infiltración para el tratamiento de aguas residuales domesticas del centro poblado Uchubamba Distrito Masma – Jauja” trata sobre el dimensionamiento de zanjas de infiltración en función a la evaluación de la capacidad de infiltración en el suelo y la topografía que presenta el centro poblado.

La velocidad de infiltración permite determinar el movimiento que realiza el agua desde la superficie hacia el interior del suelo por presión atmosférica en función del tiempo; éste fenómeno natural depende principalmente de los siguientes factores: cantidad de agua a infiltrar, tipo de suelo y nivel de saturación del mismo.

Para la determinación de las velocidades de infiltración se realizó el ensayo de test de percolación en pozos previamente excavados y saturados para asemejar a tiempos de precipitaciones pluviales fuertes y dar seguridad en el funcionamiento del sistema. Se realizó ensayos de percolación en un total de seis pozos ubicados y distribuidos en los Anexos del lugar obteniendo datos de campo para ser analizados mediante cálculos si están aptos para la construcción de sistemas de tratamiento realizando el dimensionamiento de zanjas de infiltración y evaluar también mediante la norma técnica I.S.020 tanques sépticos.

Se analizó un total de 06 muestras correspondientes al Centro poblado Uchubamba., determinándose la existencia de distintos tipos de suelo, los cuales nos dan como resultado distintas velocidades de infiltración.

El presente trabajo cuenta con los capítulos siguientes:

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.- Trata del problema de investigación, aquí se desarrollará en forma exhaustiva el problema que se pretende estudiar.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.- Es imposible realizar una investigación científica sin la presencia de un marco teórico, porque a este le corresponde la función de orientar y crear las bases teóricas de la investigación, comprende la ubicación del problema en una determinada situación histórico-social, definiciones de nuevos conceptos, clasificaciones, tipologías por usar, etc.

Se realizará un resumen de las teorías que se han escrito sobre el tema, así mismo se realiza una revisión y análisis de trabajos ya realizados y planteamientos de otros autores, soporta el desarrollo del estudio y la discusión de los resultados.

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.- Se explicará detalladamente el proceso de desarrollo de la tesis. Comprende el diseño de la realización de la investigación y comprende generalmente: la especificación del universo, la selección de la técnica, tamaño de la muestra, descripción de la forma de tratamiento de los datos y forma de análisis de las informaciones.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.- Se tratará en este capítulo los principales parámetros considerados para el diseño y cálculo de las unidades del sistema dimensionamiento de zanjas de infiltración. Diseño que dependerá de los datos del área en estudio.

CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.- En base a los resultados obtenidos en campo se analizará, las propiedades y características del sistema.

CONCLUSIONES.- Se realizará en forma concreta las conclusiones a las que se ha llegado después de desarrollado del tema.

RECOMENDACIONES.-se dará algunas recomendaciones que se tendrá en cuenta, para mejorar el proyecto.

BIBLIOGRAFÍA.- se hará una relación de toda la bibliografía que pueda ser consultada, con sus respectivos autores y fechas de ediciones

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1.DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Para realizar el diseño de cualquier obra de infraestructura sanitaria, como zanjas de infiltración, pozos ciegos, pozos sépticos u otros. Es de suma importancia poseer la información básica del área de estudio, para así dimensionar de forma técnica el área requerida para que el flujo vertido se infiltre en el subsuelo. Los factores que afectan en la evacuación de aguas servidas son: tipo de suelo y velocidad de infiltración.

La utilización de pozos sépticos u otro sistema de tratamiento no convencional es inevitable en los sectores en donde no existe un sistema de alcantarillado, y esto es generalmente en las áreas de influencia urbana y rural. La implantación de las zanjas debe ser realizada considerando la capacidad de infiltración de los suelos de tal manera que garantice la evacuación de las aguas servidas, en un tiempo razonable y hacia sub estratos del suelo para disminuir los probables efectos en la salud de los moradores.

Durante los diseños de una zanja de infiltración, como paso posterior al vertido de aguas servidas en pozos sépticos y/o tanques sépticos, debe conocerse la velocidad de infiltración asociada a parámetros característicos del suelo como por ejemplo su textura.

En este trabajo se analizarán algunos de los métodos existentes para el dimensionamiento de zanjas de infiltración para el tratamiento de aguas residuales domésticas, encontrados en la literatura mediante la investigación.

1.2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Problema General

¿Cómo influye el dimensionamiento de zanjas de infiltración, para el tratamiento de aguas residuales domesticas en el centro poblado Uchubamba Distrito Masma - Jauja?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuál es la relación de la capacidad de infiltración con el tipo de suelo del centro poblado Uchubamba distrito de Masma - Jauja?
- b) ¿Cómo influye el uso del método por gravedad, para la evacuación de aguas residuales domesticas?

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del dimensionamiento de zanjas de infiltración, para el tratamiento de aguas residuales domésticas, en el centro poblado Uchubamba, Distrito Masma -Jauja.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Evaluar la capacidad de infiltración de acuerdo al tipo de suelo, del centro poblado Uchubamba, distrito de Masma-Jauja.

- b) Determinar el uso del método por gravedad, para la evacuación de aguas residuales domesticas del centro poblado Uchubamba

1.4.JUSTIFICACIÓN

1.4.1. Aspecto social

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es el ente rector del Estado en los asuntos relacionados al sector saneamiento y tiene la funcione de Formular normar, dirigir, coordinar, ejecutar y supervisar, generando las condiciones para el acceso a los servicios de saneamiento en niveles adecuados de calidad y sostenibilidad, asignando los recursos económicos a los gobiernos locales y las EPS para la construcción de obras de saneamiento y otorgar la certificación ambiental a dichos proyectos atravez de la DIGESA, como Autoridad Sanitaria en estos temas.

Los gobiernos locales tienen la función de regular y controlar el proceso de disposición final de desechos, sólidos y líquidos y vertimientos de las aguas residuales en el ámbito de su jurisdicción. Por ello, administran o contratan los servicios de una EPS.

Las Entidades Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) no brindan un servicio adecuado de tratamiento de aguas residuales, sólo se brinda cobertura al 69,65% de la población. La población no cubierta vierte directamente sus aguas residuales sin tratamiento al mar, ríos, lagos, quebradas o, las emplean para el riego de cultivos.

Por lo tanto el presente trabajo de investigación es justificable desde el punto de vista social, ya que, con la instalación sistema de zanjas de infiltración, para la disposición final de las aguas residuales domésticas, se reducirá las enfermedades e infecciones que en la actualidad sufren los pobladores del centro poblado Uchubamba.

1.4.2. Justificación Metodológica

En la presente tesis se utiliza diagramas y/o modelos de tomas de datos de campo (pruebas de infiltración, toma de tiempos, aplicación del test de percolación) propios de la investigación que servirán como modelo para la realización de investigaciones y Elaborar una metodología para el dimensionamiento de zanjas de infiltración para el tratamiento de aguas residuales domésticas, basada en el método de cálculo más adecuado. Por lo tanto el presente trabajo de investigación es justificable desde el punto de vista Metodológico.

1.5. LIMITACIONES

1.5.1. Económica

- Para llegar a la zona donde se realiza la investigación no se cuenta con transporte público en forma directa, (Huancayo – Uchubamba). Teniendo que viajar hasta la ciudad de San Ramón, de esta ciudad hasta el lugar del proyecto, es por de una vía afirmada, y el medio de transporte es camionetas y/o autos colectivos en un tiempo aproximado de 2 horas, lo cual involucra gastos adicionales al estudio.
- Para la excavación de los pozos y realización de los ensayos de percolación en mayor cantidad es necesario una mayor inversión económica.

1.5.2. Institucional

- La información del número de pobladores del centro poblado Uchubamba no se encuentra actualizado a la fecha; tanto en la municipalidad distrital de Masma, como en la municipalidad del centro poblado Uchubamba donde nos manifiestan tener los datos de años pasados. Por lo que se trabajó con datos proporcionados por las autoridades del centro poblado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- Ing. Elías Rosales Escalante ¿CÓMO REALIZAR PRUEBAS DE INFILTRACIÓN?

Ingeniero civil Elías Rosales Escalante especialista en ingeniería sanitaria del instituto de hidráulica y ambiental de Delft, Holanda. Menciona en su artículo técnico que ante la aplicación de sistemas individuales para el tratamiento de las aguas que saliendo de una vivienda, a veces no se presta la importancia. Porque al ser unidades básicas de saneamiento relativamente pequeña se asume que son simples y que siempre deben funcionar correctamente. Sin embargo, como cualquier otro sistema para el tratamiento de aguas residuales, deben dimensionarse para las condiciones bajo las que estarán trabajando. Para que funcionen bien, estos sistemas, individuales semi-colectivos, es

necesario respetar varios principios técnicos, muy sencillos pero que sean venido dejando de lado.

- Natalia a. Pastrán c, Rafael l. Millán r. (2010) “METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”

Las aguas residuales son necesarias tratarlas antes de ser descargadas en el medio ambiente. Cuando el tratamiento es en comunidades pequeñas, estas aguas pueden ser tratadas de manera descentralizada ya que los caudales son pequeños, menores o iguales a 3785m³/d.

En la actualidad existen varias clases de tratamientos de aguas residuales domésticas. Estos pueden variar, dependiendo de las necesidades, ya sea de residencias individuales, grupos residenciales, o comunidades pequeñas cuya población sea igual o menor a 15000 habitantes. La disposición de los efluentes provenientes de estos sistemas descentralizados comprende desde la absorción del suelo mediante campos convencionales de infiltración, hasta la reutilización después de someterla a tratamientos más avanzados. Las zanjas de infiltración son un sistema de infiltración en el suelo poco profundo, utilizados para tratar el efluente proveniente de un tanque séptico u otro sistema de tratamiento previo, las cuales son usadas desde principios de 1900.

Existen diferentes metodologías para el diseño de este sistema de infiltración.

Las Normas Venezolanas recomiendan un solo método para el dimensionamiento de este sistema de zanjas, el cual no ha sido actualizado, a pesar del desarrollo de nuevos estudios y tecnologías.

En este trabajo se analizarán algunos de los métodos existentes para el tratamiento de aguas residuales domésticas, encontrados en la literatura mediante la investigación. Se discutirá cual es la metodología más práctica y de sencilla comprensión, para brindar una guía que sea de utilidad para el dimensionamiento de dicho sistema.

-Montserrat Folch, Miguel Salgot y François Brissaud (2009). “LA INFILTRACIÓN-PERCOLACIÓN COMO SISTEMA DE DEPURACIÓN AVANZADA DE AGUAS RESIDUALES POR ZONA VADOSA”

La regeneración de aguas residuales para su reutilización posterior puede llevarse a cabo mediante tecnologías extensivas o intensivas. Entre las últimas han destacado en los últimos años las zonas húmedas construidas y la infiltración-percolación, como tecnologías cuyas instalaciones se construyen en superficie, y los sistemas SAT y similares como tecnologías en profundidad en las que se emplean los suelos y acuíferos para el tratamiento del agua. En ambos casos se aprovecha la capacidad de autodepuración de la zona vadosa, que puede estar o no saturada de agua en el momento de la depuración; es decir se puede trabajar en aerobiosis o anaerobiosis.

El concepto del empleo de suelos, dunas, riberas de río o estructuras similares es relativamente antiguo, incluso si nos remontamos a los inicios del saneamiento colectivo considerado como ciencia. Los antecedentes son los campos de aplicación de agua residual en Alemania o Francia, que se emplearon durante bastantes décadas para la eliminación de las aguas residuales, con lo que se preservaba a los ríos de la contaminación causada por el vertido directo de aguas residuales (Vedry et al., 2001).

En los últimos años se está prestando especial atención a las tecnologías blandas o extensivas de regeneración de aguas residuales, puesto que su huella energética es reducida y permiten obtener efluentes de calidad adecuada para la reutilización.

- Dunner Solari, Ignacio Alberto (2004) “EVALUACIÓN INTEGRAL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS Y ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO EN LOCALIDADES RURALES CONCENTRADAS APLICACIONES EN LAS REGIONES R.M. Y VII”.

Un proyecto previo a la obtención del grado de magister de la ingeniería en mención de recursos y medio ambiente hídrico.

Conscientes del crecimiento que ha experimentado el saneamiento rural en nuestro país en los últimos 5 o 7 años y de la diversidad de sistemas de tratamiento que se han instalado, es que se ha realizado este estudio, en donde se evaluaron plantas existentes de biodiscos y aireación

El estudio de casos se realizó para cinco plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS) de comunidades rurales concentradas (población entre 150 y 3000 habitantes, densidad no inferior a 15 viviendas por km de calle), ubicadas en las Regiones R.M. y VII; tres de ellas correspondieron a la tecnología de biodiscos y las dos restantes a lodos activados en modalidad aireación extendida. Los muestreos se llevaron a cabo durante el período octubre-diciembre 2002, con posterior seguimiento en terreno. Los resultados mostraron que las PTAS cumplen por lo general con la normativa ambiental vigente en cuanto a los parámetros DBO5, SST y NKT, sin embargo fallan en reiteradas ocasiones para la calidad bacteriológica. El estudio de casos fue

apoyado además con el uso de un modelo matemático analítico creado para la aireación extendida, el cual fue utilizado también para el diseño de una PTAS modelo.

A pesar de que la calidad de los efluentes puede considerarse relativamente buena, una serie de problemas detectados hicieron que se pongan en duda estos sistemas como futuras alternativas. El escaso seguimiento y asesoría, la falta de mantenimiento preventivo, la falta de capacitación de los operadores, el escaso presupuesto de los organismos administradores y algunos problemas operacionales, entre otros, dejan de manifiesto la necesidad de innovar con tecnologías de tratamiento de diseño simple, costo-eficientes, con bajo costo de O&M y de operación sencilla.

Se estudian entonces las alternativas no convencionales de lagunas aireadas y humedales artificiales (constructed wetlands), realizándose además un completo análisis económico, concluyéndose que ambas resultan factibles técnica y económicamente, además cumplen con el criterio de auto sustentabilidad en el largo plazo (mediante el pago de una tarifa por parte de los usuarios) lo cual es fundamental en el éxito de proyectos en comunidades de este tipo.

Finalmente, en base a la investigación realizada, se recomienda a las autoridades competentes que prefieran los sistemas no convencionales, dentro de los cuales las lagunas aireadas y wetlands son una opción conveniente, siempre y cuando sea posible, por sobre los convencionales (lodos activados y biodiscos) como alternativa de tratamiento adecuada para localidades rurales concentradas. Se sugiere además promover e impulsar toda iniciativa que

busque desarrollar e investigar con más profundidad a cerca de este tipo de tratamientos naturales para zonas rurales.

- Dr. Rafael F. Dávila (2012). “SISTEMAS SÉPTICOS PARA AGUAS USADAS RESIDENCIALES”

En los lugares en los que no hay un sistema sanitario municipal es necesaria una alternativa para disponer de las aguas negras y grises residenciales. Esto debe hacerse de una higiénica de manera que no cause trastornos en el ambiente. Tradicionalmente esta alternativa ha sido el sistema séptico. Esta publicación tiene como propósito servir de guía para la localización, construcción y mantenimiento de dicho sistema.

El sistema séptico cumple con su cometido si está bien construido y se mantiene en la condición adecuada. Si está mal construido o no tiene el mantenimiento apropiado, puede ser motivo de constante molestia; no sólo por los malos olores que genera, sino también por su efecto adverso en el ambiente.

Debe tenerse claro que lo que llamamos sistema séptico es un sistema completo para disponer de las aguas negras y grises. Este puede constar de uno o más tanques y una unidad filtrante para la incorporación de las aguas al terreno.

El primer paso a seguir es la selección del sistema y su localización. Primero se consideran los sistemas y luego el procedimiento para hacer una prueba de percolación.

La percolación del terreno y las limitaciones de espacio sirven como criterio para la selección del sistema apropiado. Más adelante se ofrecen detalles sobre la construcción y mantenimiento del sistema.

- Ing. Geólogo Líber Galbán Rodríguez, Instructor. Dpto. Ing. Hidráulica. Universidad de Oriente, Noviembre (2009) “EL TRATAMIENTO DESCENTRALIZADO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL SANEAMIENTO PERIURBANO EN CUBA”

Las aguas residuales generadas por las urbanizaciones impactan considerablemente las corrientes fluviales y las zonas costeras¹. A comienzos del siglo XX, se comenzó a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios siendo necesaria la construcción de instalaciones de depuración.

En Cuba se aprecia un deterioro de la calidad de las corrientes fluviales y zonas costeras cercanas a las zonas periurbanas, debido a la insuficiente cobertura de saneamiento, que se traduce en una incorrecta disposición y tratamiento de las aguas residuales. A pesar de ello se han desarrollado soluciones para la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales, a partir de sistemas de tratamientos basados en tanques sépticos y lagunas de estabilización como los más empleados⁴, pero estas tecnologías no han sido del todo efectivas.

Paralelamente a este avance han surgido y desarrollado otras variantes tecnológicas con un enfoque más sostenible de mejora de la calidad de vida de las personas, mediante la disminución de la contaminación y aplicación de

medidas de reutilización del residuo, en beneficio social y económico, en combinación armónica con la protección del medio ambiente; de modo que se satisfacen las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Los tratamientos descentralizados de aguas residuales ofrecen la oportunidad de tratar las aguas residuales domésticas cerca de su fuente de origen, en zonas rurales y pequeñas comunidades ubicadas en la periferia de los grandes asentamientos humanos (zonas periurbanas), con menores costos de inversión, con bajos costos de operación, mantenimientos y bajos consumos de energía, lo cual representan alternativas muy atractivas para países como Cuba.

B. ANTECEDENTES NACIONALES

- Enrique Fernández Escalante (2010) “ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE ZANJAS Y POZAS DE INFILTRACIÓN”

Unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente división de salud y ambiente organización panamericana de salud oficina sanitaria panamericana – oficina regional de la organización mundial de la salud. Normalizar el proceso de diseño de las zanjas y pozos de infiltración asociadas a las pruebas de infiltración y al diseño de tanques destinadas al tratamiento de aguas residuales de origen doméstico. Donde define al pozo de infiltración hoyo profundo realizado en la tierra para infiltrar el agua residual tratada en los biodigestores. Las zanja de infiltración no deben ser empleados en lugares donde el abastecimiento de agua para consumo humano se obtenga de pozos de menos de 10 metros de profundidad o donde el sub suelo este compuesto

por formaciones calcáreas o rocas fracturadas, a fin de minimizar la contaminación de la fuente de agua subterránea.

A la conclusión que llega en el informe que se revisó en las especificaciones técnicas para zanjas y pozas de infiltración. El tiempo de la capacidad de infiltración depende del tipo de terreno para su rapidez. Y seguir los pasos en el tipo de terreno.

Esta instrucción técnica es de aplicación general a todas las solicitudes de autorizaciones de vertido de las aguas residuales domésticas o asimilables a domésticas, dentro del territorio de Cataluña, que no se puedan conectar a un sistema de saneamiento público –debido a que este no existe o a que la distancia o la orografía lo hacen inviable, técnica o económicamente– y que, por lo tanto, deban someterse al tratamiento en sistemas de saneamiento doméstico autónomo que traten un máximo de 80 habitantes equivalentes.

A partir de esta instrucción técnica, la Agencia Catalana del Agua determina el número de habitantes equivalentes en función de la actividad, de conformidad con la tabla contenida en el anexo primero

- Dirección general de recursos hídricos (2011) “INSTRUCCIONES TÉCNICAS DEL SANEAMIENTO AUTÓNOMO”.

Esta instrucción técnica establece las prescripciones técnicas que tendrá en cuenta la Agencia Catalana del Agua en el otorgamiento y el establecimiento de condiciones de las autorizaciones de vertido en las instalaciones dotadas de sistemas de saneamiento doméstico autónomo a fin de asegurar su compatibilidad con las exigencias del medio ambiente y de la salud pública.

Esta instrucción técnica es de aplicación general a todas las solicitudes de autorizaciones de vertido de las aguas residuales domésticas o asimilables a domésticas, dentro del territorio de Cataluña, que no se puedan conectar a un sistema de saneamiento público –debido a que este no existe o a que la distancia o la orografía lo hacen inviable, técnica o económicamente– y que, por lo tanto, deban someterse al tratamiento en sistemas de saneamiento doméstico autónomo que traten un máximo de 80 habitantes equivalentes.

Según esta norma, se entiende por saneamiento doméstico autónomo aquel sistema de saneamiento en el que se efectúa la recogida, el pre tratamiento, la depuración, la infiltración y el vertido de las aguas residuales de tipo doméstico de viviendas individuales o colectivas, restaurantes, hoteles de montaña, casas de colonias y similares que no están conectados a la red pública de saneamiento.

Pozos y cámaras de infiltración

El pozo de infiltración es un sistema de evacuación de aguas residuales previamente tratadas, que se distribuyen sobre la superficie porosa de la obra civil que conforma el pozo. Durante el proceso de distribución, el agua tratada atraviesa un grueso de gravas, y se filtra posteriormente en el terreno. Este sistema mejora la calidad final de las aguas residuales y tratadas y supone, también, un sistema biológico adicional.

En sistemas tradicionales, los rellenos pueden ser restos de ladrillos, tejas y materiales porosos similares.

La denominación de pozo normalmente corresponde a una estructura redonda; cuando la base es rectangular, puede recibir el nombre de cámara de infiltración, pero su función es idéntica.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales

Los sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales son usados ampliamente en nuestro país y al alrededor del mundo, en zonas donde es difícil acceder a la red de alcantarillado municipal.

El sistema descentralizado de manejo de las aguas residuales puede definirse como la recolección, tratamiento y vertimiento o reutilización de aguas residuales provenientes de viviendas unifamiliares o multifamiliares, comunidades aisladas, industrias, comercio o instituciones, así como también sectores de comunidades existentes cerca del punto de generación de residuos.

Por otra parte, los sistemas centralizados están conformados por sistemas alternos o convencionales de recolección de aguas residuales (alcantarillado), plantas centralizadas de tratamiento y vertimiento o reutilización del efluente tratado, comúnmente lejos del punto de origen.

Los sistemas descentralizados mantienen las fracciones sólidas y líquidas de las aguas residuales cerca del origen, aunque pueden ser transportados a plantas centralizadas para un tratamiento adicional y reutilización.

Algunas de las situaciones en las que la gestión descentralizada de aguas residuales debe considerarse o seleccionarse son:

- Cuando la gestión y la operación de los sistemas locales existentes deben ser mejoradas.
- Cuando la comunidad o las instalaciones no tengue acceso a sistemas de alcantarillado.
- Cuando las oportunidades de reutilización son posibles.
- Cuando la densidad residencial es baja.
- Cuando la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales es limitada y no se dispone de financiación para una ampliación.

La disposición de efluentes provenientes de sistemas descentralizados comprende desde la absorción en el suelo mediante campos convencionales de infiltración por gravedad, hasta la reutilización del agua después de someterla a tratamientos sofisticados como la tecnología de membranas. Estos son llamados sistemas “in situ”, que quiere decir en el lugar.

Estos tratamientos involucran variaciones de la disposición sub superficial de efluentes de tanques sépticos u otro tratamiento primario de aguas residuales, como lo son unidades de tratamiento biológico aerobios, humedales, lagunas, etc.

Las cuatro categorías principales de sistemas in situ son: (estos se presentan en la tabla 2-1.)

- Convencionales
- Convencionales modificados
- Alternativos
- Con tratamiento adicional

Tabla 2-1. Tipos de sistemas locales de disposición y reutilización de aguas residuales.

SISTEMA DE DISPOSICIÓN / REUTILIZACIÓN	OBSERVACIONES
<i>SISTEMAS CONVENCIONALES</i>	
Campo de infiltración por gravedad - zanja convencional	Sistema más común
Lechos de absorción por gravedad	
<i>SISTEMAS CONVENCIONALES MODIFICADOS</i>	
Campo de infiltración por gravedad:	Evitar capas de agua poco profundas
- Zanja profunda	Tratamiento de suelo mejorado
- Zanja poco profunda	
Dosificación a presión:	Dosificación cuesta arriba
- Zanja convencional	Sitios elevados y poco profundos
- Zanja poco profunda	Optimizar el uso del área disponible
- Aplicación por goteo	
<i>SISTEMAS ALTERNATIVOS</i>	
Zanjas rellenas con arena	Tratamiento adicional
Lechos de capa de piedra	
Sistemas rellenos	Importación del suelo
Sistemas de montículo	
Sistemas evapotranspiración	Cero descarga
Estanques de evaporación	
Humedales artificiales	Requiere una descarga
<i>SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN</i>	
Irrigación por goteo	Requiere tratamiento adicional previo
	Requiere desinfección
Irrigación por aspersión	
Reutilización de aguas grises	
<i>OTROS SISTEMAS</i>	
Tanques de almacenamiento	Alternativa para estaciones climáticas
Descarga en aguas superficiales	Permitido si se hace uso de un tratamiento adicional

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones

Esta tabla nos muestra las cuatro categorías de sistemas de disposición y reutilización de aguas residuales, características y observaciones de las mismas.

2.2.2. Capacidad de infiltración.

Las capacidades de infiltración se denomina a la cantidad máxima de agua que pueda absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma el suelo, y la mayor o

menor compactación que tiene el mismo. Los factores que afectan la capacidad de infiltración son la entrada superficial, transmisión a través del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, características del medio permeable y características del fluido.

Entrada superficial: La superficie del suelo puede estar cerrada por la acumulación de partículas que impidan, o retrasen la entrada de agua al suelo.

Transmisión a través del suelo: El agua no puede continuar entrando en el suelo con mayor rapidez que la de su transmisión hacia abajo, dependiendo de los distintos estratos.

Acumulación en la capacidad de almacenamiento: El almacenamiento disponible depende de la porosidad, espesor del horizonte y cantidad de humedad existente.

Características del medio permeable: La capacidad de infiltración está relacionada con el tamaño del poro y su distribución, el tipo de suelo –arenoso, arcilloso-, la vegetación, la estructura y capas de suelos.

Características del fluido: La contaminación del agua infiltrada por partículas finas o coloides, la temperatura y viscosidad del fluido, y la cantidad de sales que lleva.

2.2.3. Los Suelos:

Hasta ahora hemos visto como, tanto la capacidad de retención de agua como la infiltración, dependen de la porosidad del suelo, al ser los microporos los que determinan la retención y los macroporos la infiltración. Si recordamos que las fuerzas de adsorción, que aparecen entre la superficie de las partículas minerales y el agua, eran las responsables de la retención de ésta en los microporos.

Comprenderemos la gran importancia que tendrá el área superficial de estas partículas en el total de agua retenida.

La propiedad del suelo directamente relacionada con el área superficial de las partículas es la textura o distribución de las partículas minerales según su tamaño. Conociendo la textura se pueden conocer muchas de las propiedades hídricas de los suelos. Además la textura es una propiedad muy estable en los suelos, mientras que la estructura y la cantidad y tipo de materia orgánica, que también influyen en las propiedades hídricas, son propiedades que pueden variar a corto y medio plazo (lluvias intensas, cambios en la vegetación).

Se puede generalizar afirmando que:

- cuanto mayor es el tamaño de las partículas más rápida es la infiltración y menor es el agua retenida por los suelos (los suelos arenosos son más permeables y retienen menos agua que los arcillosos
- los suelos con buena estructura tienen mayor velocidad de infiltración que los compactados.
- el mayor contenido en materia orgánica aumenta el agua retenida por el suelo.
- como es lógico, a mayor espesor del suelo mayor capacidad de retener agua.
- Como hemos comentado antes, la textura y las propiedades hídricas de un suelo están muy relacionadas, por lo que se puede atribuir a cada tipo de textura un determinado comportamiento hídrico.

2.2.3.1 Tipos de suelos:

Suelos arenosos: En ellos predominan las arenas o partículas minerales mayores de 0,02 mm de diámetro (cuando las partículas son mayores de 0,2 mm se denominan gravas). Son suelos muy permeables (la permeabilidad es la velocidad de infiltración del agua de gravitación), pues en ellos predominan los

macroporos. Su capacidad de retención de agua o capacidad de campo es baja. Como ventajas se puede destacar el que es fáciles de trabajar a la hora de realizar las zanjas de infiltración.

Suelos limosos: En ellos predominan los limos o partículas entre 0,02 y 0,002 mm. En ellos la permeabilidad varía mucho según sea su estructura. Puede ser muy lenta cuando la estructura es masiva (sin formar agregados) o bastante rápida cuando la estructura es grumosa. Son, por tanto, fácilmente apermazables cuando se destruye su estructura, dificultándose mucho la circulación del aire y del agua. Sin embargo son considerados suelos aptos para sistemas de percolación o tratamiento de aguas residuales provenientes de viviendas unifamiliares por lo que está en un rango medio.

Suelos arcillosos: En ellos predominan las arcillas o partículas menores de 0.002 mm. Son muy impermeables (fácilmente encharcables) y mal aireados, pues en ellos predominan los microporos. Son difíciles de trabajar pues son muy plásticos cuando están húmedos un ejemplo es cuando, (se van pegando a las suelas de los zapatos cada vez más y más,) y compactos cuando están secos. En ellos las lluvias finas y duraderas aportan más agua al suelo que las intensas y rápidas. Aunque esto ocurre también en la mayoría de los suelos, en el caso de los arcillosos con mucho más motivo.

Si presentan alto contenido en materia orgánica (o la aportamos nosotros) se corrigen en gran parte estas propiedades desfavorables. Son los suelos que retienen mayor cantidad de agua y aunque una gran parte de ella es retenida con mucha fuerza y no está disponible para sistemas de tratamiento convencionales presentan una gran cantidad de agua disponible o agua útil. Pero realizando un tratamiento agregando materiales con alto grado de permeabilidad (grava, arena

hormigón piedras de 1” a 2”) y un recalcado a los pozos de percolación se dispondría a realizar un tratamiento en viviendas unifamiliares.

Suelos francos: En ellos no predomina claramente ninguno de los tres tipos de partículas. Presentan una mezcla de arenas, limos y arcillas en proporciones equilibradas. Estos tipos de suelos también son considerados para realizar sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante pozos de percolación. Presentan las ventajas de los distintos tipos de partículas, eliminándose sus desventajas. Así son ligeros, aireados y permeables (pero no tanto como los arenosos) y de media-alta capacidad de retención de agua (aunque no retienen tanta como los arcillosos). Para hacernos una idea de la cantidad de agua que pueden retener los distintos tipos de suelos según su textura daremos los siguientes ejemplos:

- Suelo arenoso: 130 litros por m³ de agua retenida a capacidad de campo (13 % en volumen).
- Suelo arcilloso: 400 litros por m³ de agua retenida a capacidad de campo (40 % en volumen).
- Suelo franco: 280 litros por m³ de agua retenida a capacidad de campo (28 % en volumen).

Cuando hablamos de texturas debemos tener en cuenta que en un mismo suelo nos podemos encontrar horizontes con diferentes texturas. En terrenos sin cultivar, poco alterados y con vegetación natural, lo más frecuente es encontrarse con suelos con horizontes superficiales más arenosos y ricos en materia orgánica que los horizontes sub superficiales, que suelen ser más arcillosos. Esto favorece que el agua se infiltre. Es importante que el agua pueda infiltrarse rápidamente para no sufrir saturación y colapso posterior de los pozos.

Se tendrá en cuenta al realizar el recalcu y tratamiento de los pozos percoladores En tiempos cuando las precipitaciones son muy altas porque ahí saldrá el resultado del buen trabajo realizado al no sufrir colapsos o inundaciones de los mismos.

2.2.4. Disposición de los sistemas de infiltración

Los sistemas de infiltración de aguas residuales son sistemas de aplicación al subsuelo comúnmente usados en viviendas individuales, establecimientos comerciales, lotes de casas móviles y terrenos para acampar en áreas que no cuentan con servicio de alcantarillado.

Las superficies de infiltración al suelo están expuestas dentro de una excavación que generalmente se llena con un medio poroso. El medio mantiene la estructura de la excavación, permite el flujo libre del agua residual pre tratada a las superficies de infiltración, y permite el almacenamiento del agua residual durante las épocas de mayor caudal.

El agua residual ingresa al suelo, en donde recibe tratamiento por medio de la infiltración, la adsorción, y las reacciones biológicas que consumen o transforman los diversos contaminantes. En última instancia, el agua residual tratada en el sistema de infiltración, se combina con el agua subterránea local y fluye con la misma.

Se han desarrollado diversos diseños de sistemas de infiltración que tienen en cuenta el emplazamiento y las diversas condiciones del terreno. Los diseños se diferencian principalmente en el punto en el cual se ubica la superficie de filtro. La superficie se puede estar expuesta debajo del perfil natural del suelo (tecnología convencional o

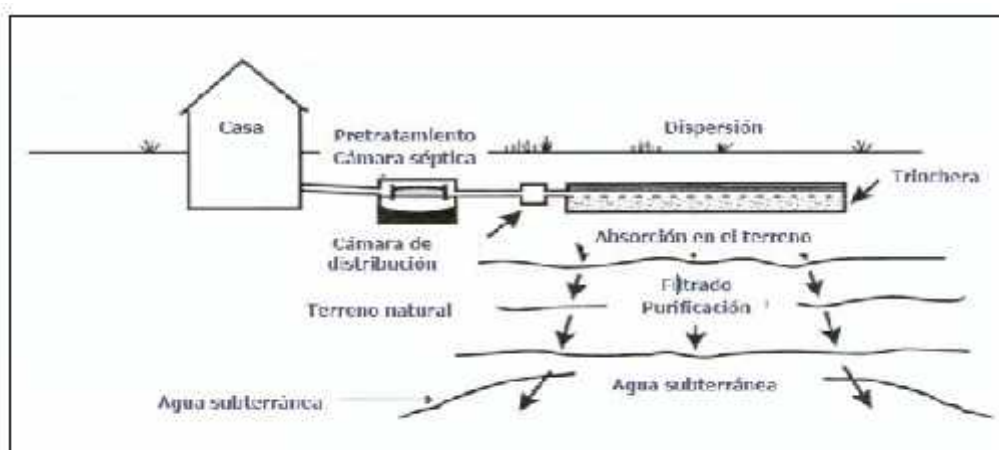
tecnologías alternativas), o sobre la superficie del suelo natural (sistemas sobre el terreno o de montículo).

La elevación de la superficie del filtro es importante para proporcionar una profundidad adecuada de suelo no saturado entre la superficie de filtro y la condición límite (por ejemplo, el nivel del lecho de roca o del agua subterránea) para el tratamiento del agua residual aplicada.

En la disposición de los sistemas de infiltración, el aspecto más importante reside en situarlos en el mejor suelo del emplazamiento y en distribuir el caudal abarcando la máxima extensión posible, de modo que se maximicen las posibilidades de tratamiento y asimilación.

Teóricamente, los sistemas de infiltración se deben disponer perpendicularmente a la dirección de flujo del agua subterránea. (En la figura 2-1), se puede observar cómo está dispuesto el sistema de tratamiento de absorción en el terreno, con respecto a la dirección del flujo subterráneo:

Figura 2-1. Sistema de infiltración de aguas residuales.



Fuente: Difusión y capacitación para el uso de ecotecnologías aplicadas al tratamiento de efluentes domiciliarios in situ.

En la figura 2-1 se observa el sistema, componentes, y funcionamiento de las zanjas de infiltración de aguas residuales domésticas.

En los lugares en la que las condiciones del terreno limitan las posibilidades de ubicación de los sistemas de infiltración, es necesario considerar el uso de un sistema de bombeo para optimizar la disposición de los mismos.

Por esto es importante considerar aspectos importantes para la disposición de los sistemas de infiltración, como los son:

- Evaluación y valoración del terreno.
- Evaluación detallada del emplazamiento.

2.2.5. Evaluación y valoración del terreno

El proceso de selección de un terreno apropiado para un sistema de disposición in situ, involucra una serie de pasos de identificación, reconocimiento y evaluación del lugar. El proceso se inicia con un análisis de las características del suelo, que incluyen:

- **Permeabilidad:** es la capacidad que tiene el suelo para que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable. Para ser permeable, el suelo debe ser poroso, es decir, debe contener espacios vacíos o poros que le permitan absorber fluido. A su vez, tales espacios deben estar interconectados para que el fluido disponga de caminos para pasar a través del suelo.
- **Textura:** está determinada por la proporción en la que se encuentran en una determinada muestra de suelo las partículas elementales de varias dimensiones que lo conforman.
- **Estructura:** es el estado del mismo, que resulta de la granulometría de los elementos que lo componen y del modo como se hallan éstos dispuestos. La

evolución natural del suelo produce una estructura vertical “estratificada” a la que se conoce como perfil del suelo. Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferenciación se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical. De la estructura del suelo depende la permeabilidad del mismo.

- **Tamaño de poro:** la porosidad representa el porcentaje total de espacios vacíos que hay entre el material sólido de un suelo. Es un parámetro muy importante porque de él depende el comportamiento del suelo frente a la fase líquida.

La naturaleza del perfil del suelo y su permeabilidad es de vital importancia en la evaluación y valoración del lugar. Otros aspectos importantes son la profundidad de las aguas subterráneas, la pendiente del terreno, el paisaje y vegetación existentes y las características de drenaje superficial.

La profundidad de las aguas subterráneas determinará si es posible colocar un sistema de infiltración para el tratamiento de las aguas residuales. Si el nivel de las aguas subterráneas está cerca de la superficie del terreno, es probable que el suelo siempre esté saturado, es decir en su condición más desfavorable, y no permita el buen funcionamiento del sistema de infiltración.

La pendiente del terreno también es un factor que determina la posible colocación del sistema de infiltración ya que en terreno con pendientes pronunciadas, el agua tiende a desplazarse rápidamente a la cota más baja acumulándose en un solo punto.

El paisaje, la vegetación y las características del drenaje superficial también son importantes en la evaluación del lugar donde se desee colocar el sistema de

tratamiento, ya que estos pueden interferir en la instalación o funcionamiento del mismo.

Luego que se ubica un terreno apropiado, el proceso de evaluación y valoración procede generalmente en dos fases:

- Evaluación preliminar del terreno
- Reglamentación ambiental

2.2.5.1. Evaluación preliminar del terreno

El paso inicial en el desarrollo de una evaluación preliminar es la determinación del uso actual y propuesto del terreno, caudal y características esperadas del agua residual, y la observación de las características del lugar.

El siguiente paso consiste en recopilar información sobre los siguientes aspectos: profundidad del suelo, permeabilidad del suelo, pendiente, drenaje, existencia de corrientes, cursos de drenaje o humedales, estructuras existentes y propuestas, pozos de agua, zonificación, vegetación y paisaje.

2.2.5.2. Reglamentación ambiental

Una vez que la información pertinente se ha recolectado, la entidad ambiental local debe ser contactada para determinar los requerimientos normativos vigentes. Los análisis requeridos para la investigación. En Perú los realiza el DIGESA, de acuerdo a las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y vertidos o efluentes líquidos.

2.2.6. Evaluación detallada del emplazamiento

En la evaluación detallada de un emplazamiento o terreno destinado a la instalación de un sistema de tratamiento individual, los principales factores que hay que tener

en cuenta incluyen: identificación de las características del terreno; ensayos de percolación, y caracterización hidrogeológica.

2.2.6.1. Identificación de las características del suelo

La calidad del suelo es la propiedad o naturaleza para distinguir las características de intercambios importantes de masa y energía. El suelo es un sistema heterogéneo trifásico conformado por elementos sólidos (orgánicos e inorgánicos), líquido y gaseoso, caracterizado por propiedades específicas adquiridas durante su evolución. El suelo está constituido por sólidos, agua y aire. El suelo mineral típico tiene un contenido en sólidos cercano al 50% (en volumen) de los que el 90% es materia mineral y el 10% es materia orgánica. El restante 50% está formado por cantidades variables de agua 20 a 30% y de aire 20 a 30%.

El éxito de todo sistema de evacuación de agua residual que se base en aplicación al terreno precisa un profundo conocimiento de los suelos. La escasa atención prestada a las condiciones del suelo ha conducido a fallos, que han provocado que los pozos sépticos tengan fama de ser solo una solución temporal para la evacuación de agua residual de residencias individuales. Las propiedades del suelo que se deben considerar para determinar sus propiedades hidráulicas así como su capacidad para el tratamiento del agua residual incluyen las siguientes:

- **Estructura del suelo:** indica de qué forma están dispuestas las partículas, y cómo puedan afectar al movimiento del agua.

Es el estado del mismo, que resulta de la granulometría de los elementos que lo componen y del modo como se hallan éstos dispuestos. La evolución

natural del suelo produce una estructura vertical “estratificada” a la que se conoce como perfil del suelo. Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferenciación se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical. De la estructura del suelo depende la permeabilidad del mismo.

- **Color:** puede indicar saturación del suelo, o un suelo bien drenado.

Es una característica importante, pues, no solo sirve para reconocer los distintos tipos de terrenos, sino que indica, ciertas propiedades físicas y químicas. El color del suelo es debido: al contenido de humedad, de humus y la naturaleza química de los compuestos de hierro (tabla 2-2)

Tabla 2-2. Componentes Modificadores del Color del Suelo

COLOR	COMPONENTES
Negro y Marrón	Presencia de materia orgánica.
Blanco y Gris	Presencia de cuarzo, yeso y caolín.
Amarillos	Presencia de óxidos de hierro hidratado.
Rojo	Presencia de óxidos de hierro y manganeso.

Fuente: Ecología del Perú.

Nota: tomado en cuenta el informe presentado por ecología del Perú se PNUD 2000 se describe los componentes del suelo de acuerdo al color que presenta.

- **Suelos estacionalmente saturados:** son aquellos donde el suelo permanece saturado por períodos prolongados y están asociados generalmente con una capa de agua freática fluctuante y cercana a la superficie.
- **Localización de estratos impermeables:** importante en la determinación de la profundidad donde se puede realizar el tratamiento.
- **Presencia de arcillas expansivas:** un suelo con arcillas expansivas es susceptible a cambios de volumen, en directa relación con los cambios en la humedad del suelo. Por lo tanto no es apto para un sistema de tratamiento de infiltración.

- **Textura del suelo:** La textura del suelo depende de la proporción relativa de arena, limo, arcilla y materia orgánica. Eso indica que tan permeable puede ser el suelo en estudio. Por ejemplo, cuando el suelo contiene un alto porcentaje de arena, el mayor espacio poroso permite que agua se infiltre y drene más rápidamente. Para determinar la clase textural de los suelos, se realizan análisis mecánicos de laboratorio y los resultados se interpretan a través del “Triángulo de la textura” o “Triángulo textural”.

Las partículas del suelo se clasifican de acuerdo a su tamaño: (tabla 2-3)

Tabla 2-3. Diámetro De Partículas En mm de arena, limo, arcilla.

PARTÍCULAS	DIÁMETRO (mm)
Fragmentos Rocosos	> 2.0
Arena	2.0 - 0.05
Limo	0.05-0.002
Arcilla	Menos de 0.002

Fuente: Interpretación de Análisis De Suelos y recomendaciones; J. Guerrero; 1998.

Esta tabla nos detalla los tipos de suelos y su diámetro nominal.

- **Porosidad:** La porosidad es de suma importancia en los suelos, es la responsable de la velocidad de infiltración. Los poros del suelo pueden ser clasificados en: macroporos, comúnmente ocupados por aire y microporos, ocupados por agua, reteniéndola por capilaridad. La condición física de un suelo depende, en gran medida de la porosidad y del tamaño de los poros.

En los suelos de textura fina es mayor la presencia de los microporos y los macroporos en los suelos constituidos por gravas. En ambos casos los poros presentan poca variación en sus dimensiones.

- **Capacidad de Infiltración:** Es una propiedad hidrofísica muy importante del suelo y representa un fenómeno complejo mediante el cual se puede explicar

tanto el ingreso del agua en el suelo y su correspondiente movimiento, así como la retención en su interior (tabla 2-4).

Tabla 2-4. Capacidad de Infiltración en diversos tipos de suelo

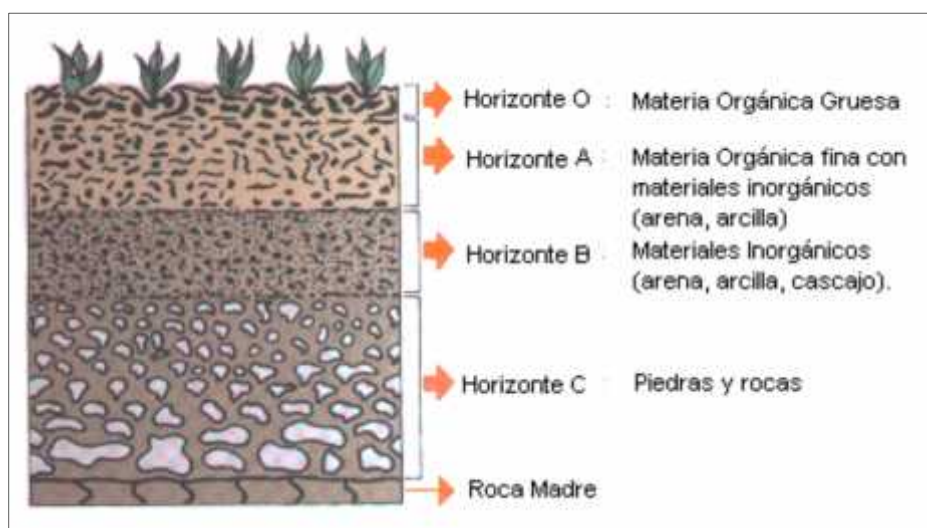
Velocidad de infiltración en cm/min	Calificación
De 0 a 4 minutos	Rápida
De 4 a 8 minutos	Moderada
De 8 a 12 minutos	Lenta

Fuente: Interpretación de Análisis De Suelos y recomendaciones; J. Guerrero; 1998.

Nota: tomado en cuenta Capacidad de Infiltración en diversos tipos de suelo. Se describe la velocidad de infiltración en suelos.

- **Perfil del Suelo:** Los componentes del suelo maduro están dispuestos en una serie de zonas denominadas horizontes edáficos o perfil. Estos Horizontes nos indican el grado de desarrollo del suelo, cada uno de ellos tiene distinta textura y composición, que varían en los diferentes tipos de suelo. La mayor parte de los suelos maduros poseen al menos tres de los horizontes posibles, pero algunos suelos nuevos o pocos desarrollados carecen de ellos. Las cuales se evalúan si es favorable para el movimiento del agua. (figura 2-2).

Figura 2-2. Horizontes del suelo. Se presenta los perfiles del suelo (horizontes O, A, B, C, Roca Madre).



Fuente: Brack y Mendiola, Ecología del Perú, 2000.

El éxito de todo sistema de evacuación de agua residual que se base en aplicación al terreno precisa un profundo conocimiento de los suelos. La escasa atención prestada a las condiciones del suelo ha conducido a fallos, que han provocado que las letrinas con pozos anegados, pozos sépticos tengan fama de ser solo una solución temporal para la evacuación de agua residual de viviendas unifamiliares. Las propiedades del suelo que se deben considerar para determinar sus propiedades hidráulicas así como su capacidad para el tratamiento del agua residual.

En la Tabla 2-5, se resume la información empleada para la caracterización de un suelo en función de su textura.

Tabla 2-5. Apariencia y tacto de suelos de diferentes texturas.

TEXTURA DEL SUELO	APARIENCIA Y TACTO	
	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO
ARENA	Suelo suelto, granos individuales ásperos al tacto. Al apretarla con la mano la masa de suelo se descompone al liberar la presión.	Al apretarlo en la mano se forma una estructura que se deshace al tocarla ligeramente. No es moldeable.
ARENA MARGOSA	Suelo suelto, granos individuales ásperos al tacto. Sin embargo, las partículas son lo suficientemente finas como para marcar las huellas dactilares en la palma de la mano.	Al apretarlo en la mano, se forma una estructura que se deshace al tocarla ligeramente. Solo admite el manejo extremadamente cauteloso.
MARGA ARENOSA	Los agregados se deshacen con facilidad. Inicialmente, el tacto es suave y aterciopelado. Al continuar frotando el suelo, pasa a predominar la sensación de aspereza.	Forma una estructura que resiste el manejo cuidadoso sin romperse. No es moldeable.
MARGA	Los agregados se deshacen a presiones moderadas; los terrones del suelo pueden ser bastante consistentes. Cuando se pulveriza el suelo, las margas tienen un tacto aterciopelado que se torna más áspero conforme se va frotando.	Manejable con relativa libertad. Ligeramente moldeable. Al frotar la superficie, el tacto es áspero.

Continuación Tabla 2-5. Apariencia y tacto de suelos de diferentes texturas

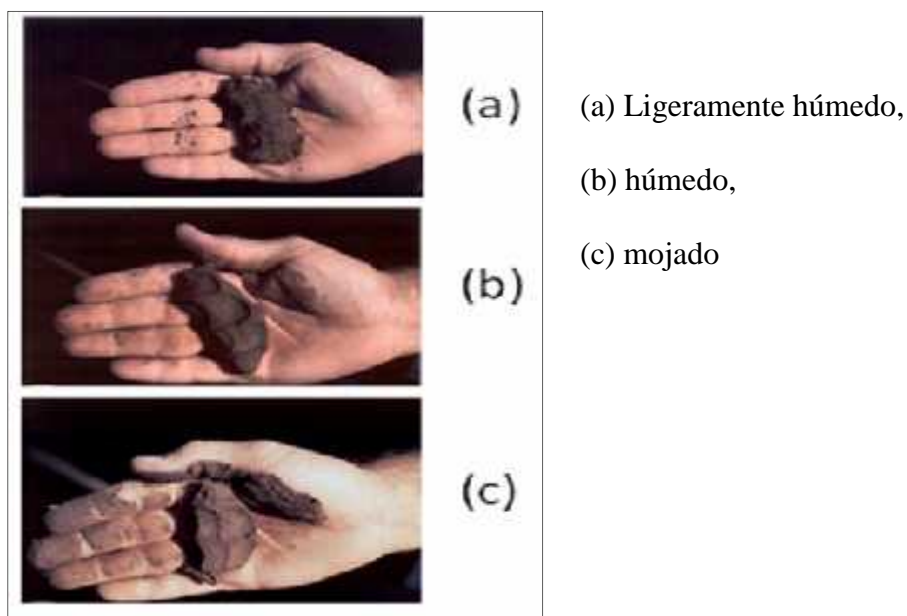
TEXTURA DEL SUELO	APARIENCIA Y TACTO	
	SUELO SECO	SUELO HÚMEDO
MARGA SEDIMENTARIA	Los agregados son firmes pero se pueden deshacer con presiones moderadas. Los terrones son entre consistentes y duros. Cuando se pulveriza el suelo, el tacto es suave, similar a la harina.	La estructura se puede manejar con toda libertad sin que se rompa. Ligeramente moldeable. Al frotar la superficie, adquiere una apariencia fisurada o arrugada.
MARGA ARCILLOSA LIMOSA	Los agregados son muy firmes. Los terrones son entre duros y muy duros.	Libre manejo sin que se rompa la estructura. Manejable, tacto grasiento, moderadamente pegajosa.
ARCILLA LIMOSA		En condiciones de humedad adecuada es moldeable; tacto pegajoso.

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización

Nota. Criterios típicos más importantes que se toman en cuenta para la selección del emplazamiento o localización de los sistemas de infiltración.

En la figura 2-3, se muestran algunas de las texturas mencionadas en la tabla anterior:

Figura 2-3. Apariencia de los suelos arcilla, margo arcilloso y margo arcilloso limoso en diferentes condiciones de humedad.



Fuente: Apariencia de los suelos

A continuación se resume en la siguiente tabla 2-6, las propiedades del suelo y criterios típicos más importantes que se toman en cuenta para la selección del emplazamiento o localización de los sistemas de infiltración: (tabla 2-6).

Tabla 2-6. Criterios típicos para la selección del emplazamiento de los sistemas y lechos de infiltración.

ELEMENTO	CRITERIO
SITUACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	Es preferible seleccionar zonas horizontales, bien drenadas, coronación de pendientes, y pendientes convexas.
PENDIENTE	0 a 25 por 100. Se pueden emplear pendientes superiores al 25 por 100, pero pueden dificultar el uso de la maquinaria de construcción. Los lechos de infiltración solo se pueden ubicar en terrenos con pendientes de hasta un 5 por 100.
TEXTURA	Los suelos más indicados son suelos con textura arenosa o margosa. No son tan indicados los suelos gravosos, con poros abiertos, ni los suelos arcillosos de baja permeabilidad.
ESTRUCTURA	Las estructuras indicadas es la estructura granular existente, estructura en bloques, o estructura prismática. Es preferible evitar suelos masivos sin estructura definida y suelos de estructura laminar.
COLOR	Los colores brillantes y uniformes son indicativos de un suelo bien drenado y bien aireado. Los colores indefinidos, grises o moteados indican la saturación continua o estacional del suelo.
ESTRATIFICACIÓN	Los suelos que presenten estratos de diferente estructura o cambios estructurales se deben analizar con detalle para asegurar que no impongan graves restricciones al movimiento del agua.
PROFUNDIDAD DE LA ZONA NO SATURADA	Debe existir una zona de 0.6 a 1.2 m de suelo no saturado entre el fondo del pozo de evacuación y el máximo nivel freático o el estrato rocoso subyacente.

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización

Nota. Textura del suelo apariencia y tacto suelo seco y suelo húmedo. Extraído de la tesis metodología para el dimensionamiento de zanjas de infiltración para el tratamiento de aguas residuales realizado por Rafael L. MILLÁN R, NATALIA A. PASTRANA C.pg. 35

La ubicación y pendiente del emplazamiento son más restrictivos en el caso de lecho de infiltración debido a la profundidad de la excavación en el lado más elevado.

Las distancias de seguridad varían de un emplazamiento a otro en función de las normas locales, características topográficas, permeabilidad del suelo, gradientes de aguas subterráneas, geología, etc.

Según las Normas, las zanjas deberán ubicarse en un sitio adecuado que no ofrezca riesgo de contaminación en las fuentes de abastecimiento de agua para uso humano, debiendo guardar las distancias mínimas los cuales se indican en la siguiente Tabla 2-7.

TABLA 2-7. Ubicación de los componentes de un Sistema de Disposición de aguas servidas, distancias mínimas a mantenerse de borde a borde.

TIPO DE SISTEMA	FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA	CUERPO DE AGUA	ESTANQUE SUBTERRÁNEO	VIVIENDA	LINDERO	CAMPO DE RIEGO	SUMIDERO
SÉPTICO	15	5	10	1.5	1	-	-
CAMPO DE RIEGO	30(*)	7.5	15	3	3.0(**)	-	6
SUMIDERO	30(*)	15	15	5	4.5(**)	6	6(***)
LETRINA	45	15	15	6	4.5	4.5	4.5
POZO SECO	15	-	3	3	3	6	6

Fuente: Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones

(*) A juicio de la Autoridad Sanitaria Competente esta distancia puede ser reducida hasta 15 metros, según las condiciones del suelo (**) Esta distancia podrá ser aumentada a juicio de Autoridad Sanitaria Competente, cuando el terreno donde se vaya a construir el sumidero o campo de riego presente considerable desnivel hacia el predio del vecino. (***) Cuando hay más de un sumidero.

2.2.6.2. Ensayo de percolación

En muchos lugares, se emplean los resultados de los ensayos de percolación para determinar las dimensiones necesarias para el sistema de absorción en el terreno.

Este ensayo se realiza con el propósito de determinar la aceptabilidad o rechazo del sitio escogido como la zona donde se tendrá colocado el subsistema de drenaje, que complementa el proceso de tratamiento de aguas que se realiza en forma individual, por medio de un sistema de tratamiento previo (tanque séptico, laguna, etc.). Con los resultados de esta prueba, es posible saber si el agua que haya pasado por las etapas de tratamiento será absorbida o no, por el terreno.

En el ensayo de percolación, se perforan agujeros de ensayo de diámetro variable en el emplazamiento general en el que se desea ubicar el sistema de infiltración, y se realizan mediciones o lecturas directas en el sitio. Es una prueba con la que se pretende conocer las velocidades en que el agua se infiltra en ese terreno.

El procedimiento por seguir, mide cambios en la profundidad del nivel del agua que se coloca en el agujero de prueba, durante el tiempo especificado para el trabajo que interesa. Con esos valores o datos de campo, se procede a realizar los cálculos matemáticos requeridos, utilizando también en ello referencias técnicas en las que se encuentran caracterizaciones previas efectuadas a diferentes tipos de suelo, de manera tal que con el trabajo de cálculo se inducen y concluyen las características del sitio en estudio.

La carga hidráulica permisible en el sistema de absorción sobre el terreno se determina mediante una curva o tabla que relaciona la velocidad media de percolación con la carga hidráulica admisible.

2.2.6.2.1. Capacidad de asimilación de un emplazamiento

La capacidad de asimilación de un emplazamiento se define como la capacidad del terreno para aceptar agua. El agua puede infiltrar en dirección descendente o se puede transportar lateralmente lejos del emplazamiento, las pueden consumir las plantas o se puede evapotranspirar conforme se reintroduce en el ciclo natural del agua.

La capacidad de asimilación de un terreno que se desea emplear para la evacuación de un efluente depende de la permeabilidad del estrato subyacente, de la situación y pendiente del nivel freático, de la pendiente de la superficie del terreno y de las características hidráulicas del lugar.

El análisis de la capacidad de asimilación de un terreno se puede realizar mediante la Ley de Darcy y los principios que gobiernan el flujo subterráneo. La ley de la Darcy es la siguiente:

$$V = K * S \quad (2.1)$$

Donde:

V: velocidad de flujo, (m/d).

K: coeficiente de permeabilidad, (m/d).

S: gradiente hidráulico, (m/m).

El coeficiente de permeabilidad también se conoce como conductividad hidráulica, permeabilidad efectiva, o coeficiente de percolación. En general, la permeabilidad de un suelo está influenciada por el tamaño de las partículas, la relación de vacíos, la composición, el grado de saturación

y la temperatura. El coeficiente de permeabilidad se puede definir en función de las propiedades del flujo y de un tamaño característico del medio poroso.

En la siguiente tabla se presentan los valores típicos del coeficiente de permeabilidad asociados a los tipos de suelos identificados (en la tabla 2-8, Coeficientes de permeabilidad, velocidades de percolación).

TABLA 2-8. Coeficientes de permeabilidad aproximados y velocidades de percolación y de asimilación asociadas a los diferentes tipos de suelo.

TEXTURA DEL SUELO	VALOR APROXIMADO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD k.	VELOCIDAD DE PERCOLACIÓN VERTICAL CORRESPONDIENTE AL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	VELOCIDAD DE ASIMILACIÓN VERTICAL CORRESPONDIENTE AL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD
	m/d	min/102mm	m ³ /m ² /d
GRAVA, ARENA GRUESA.	10 ² – 10 ³	1,5 – 0,15	100 - 1000
ARENA MEDIA A GRUESA.	10 ¹ – 10 ²	15 – 1,5	10 - 100
ARENA FINA, ARENA MARGOSA.	10 ⁰ – 10 ¹	150 - 15	1 - 10
MARGA ARENOSA, MARGA.	10 ⁻¹ – 10 ⁰	1500 - 150	0,1 - 1
MARGA, MARGA SEDIMENTARIA	10 ⁻² – 10 ⁰	15000 - 150	0,01 – 0,1
MARGA ARCILLOSA SEDIMENTARIA, MARGA ARCILLOSA.	10 ⁻³ – 10 ⁻¹	15X10 ⁴ - 15X10 ²	0,001 – 0,1
ARCILLAS, ARCILLAS COLOIDALES.	< 10 ⁻³	> 15X10 ⁴	< 0,001

Fuente: Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización

Nota. Coeficientes de permeabilidad aproximados y velocidades de percolación y de asimilación asociadas a los diferentes tipos de suelo. Mediante Finnemore y Hantzsche. Recuperado, sistemas alternativos de tratamiento de aguas residuales <http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2597/1/38-TESISIC010P60.pdf>.

2.2.6.2.2. Determinación de la capacidad de asimilación hidráulica

Para determinar la capacidad de asimilación hidráulica, se deben utilizar datos obtenidos de un ensayo de percolación: dimensión del pozo o zanja, profundidad del agua en dentro del pozo o zanja y por debajo del fondo de estos, la altura de la zona capilar, grado de saturación, porosidad del suelo, agua aplicada durante el análisis, extensión total del campo de agua.

En primer lugar se debe determinar el volumen de agua remanente en la zanja, en la zona saturada y el agua en la franja capilar. El volumen de agua absorbida en m³, será la diferencia entre el agua aplicada y el agua total remanente.

$$A - a = a - a - a \quad (2.2)$$

La tasa de aceptación del suelo o capacidad de asimilación hidráulica en m/d está dada por:

$$t \quad d \quad a = \frac{a \quad t \quad a}{a \quad * \quad t} \quad (2.3)$$

El área será la de la extensión total del campo de agua (m²), y el tiempo será la duración de la prueba en días.

Para maximizar la capacidad de transporte de efluente en un terreno inclinado es necesario disponer el sistema de infiltración en dirección normal a la del movimiento del agua subterránea.

Se han producido muchos fallos en sistemas de absorción sobre el terreno en los que los sistemas de infiltración se situaban en paralelos a la dirección de flujo del agua subterránea.

En zonas llanas con limitada capacidad de percolación, el caudal que sale de los sistemas de infiltración tiende a distribuirse lateralmente hasta que se disipa. Por ello, la ubicación y orientación de los sistemas de infiltración no es un factor tan importante como en terrenos inclinados.

2.2.6.2.3. Procedimiento para realizar ensayo de percolación.

Existen diferentes procedimientos para realizar el ensayo de percolación y obtener la velocidad o rata de infiltración, entre los cuales se encuentran:

a. Método según Gaceta N°4.044 de la República Bolivariana de Venezuela (Normas Sanitarias para el Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones):

En el artículo 513 de esta norma, nos indica el siguiente procedimiento:

- J Se excava un hoyo en el centro geométrico del sistema de disposición de aguas negras a ser usado, con una profundidad promedio de los niveles extremos probables del sistema. Esta profundidad por debajo de la superficie del terreno, no debe ser menor a 1.50 metros cuando se pretenda construir sumideros, o de 0.60 metros en el caso de zanjas de absorción. En el fondo del hoyo se excava otro menor, de sección cuadrada, de 30cm de lado y 45cm de profundidad.
- J Se vierte la cantidad necesaria de agua para que el hoyo pequeño se llene completamente, esperando que ésta sea absorbida por el terreno.
- J A continuación se repite el procedimiento anterior, cuidando esta vez de anotar el tiempo de infiltración en minutos. Este valor dividido por

18 dará el promedio del tiempo que demora el terreno en absorber 2.5cm de agua.

b. Método según normas de El Salvador (Guía técnica sanitaria para la instalación y funcionamiento de sistemas de tratamiento individuales de aguas negras y grises), y México (Fosas sépticas prefabricadas – Especificaciones y métodos de prueba):

- J Excavar como mínimo seis pozos espaciados uniformemente dentro del área propuesta para el campo de infiltración. Las excavaciones para realizar las pruebas deben tener lados o un diámetro de 0,30 metros, excavados hasta la profundidad del campo de riego o zanja de infiltración propuesta. Las paredes de las excavaciones deben ser raspadas, con el propósito de lograr una absorción natural del suelo, y agregar una capa de arena gruesa o grava fina de 0,05 metros de espesor para proteger el fondo.
- J Agregar agua a la excavación de prueba hasta el nivel del terreno por 4 horas. Si el suelo es altamente permeable se debe agregar más agua hasta cumplir las 4 horas para lograr la saturación del mismo. Cuando hayan transcurrido 24 horas, luego de lograr la saturación de la excavación de prueba, se determina la tasa de infiltración de acuerdo a las siguientes consideraciones:
- J Agregar nuevamente agua a la excavación de prueba hasta el nivel del terreno.

-) En terrenos poco permeables la prueba de infiltración se realiza midiendo el descenso del nivel del agua durante intervalos de 30 minutos en un período de 4 horas.
-) El descenso que ocurre durante el período final de 30 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración.
-) En terrenos permeables la prueba de infiltración se realiza midiendo el descenso del nivel del agua durante intervalos de 10 minutos en un período de 1 hora.
-) El descenso que ocurra en los últimos 10 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración.

c. Otro procedimiento para la realización de un ensayo de percolación explicado en la referencia (Difusión y capacitación para el uso de ecotecnologías aplicadas al tratamiento de efluentes domiciliarios in situ) es el siguiente:

Paso 1: Cavar 6 pozos:

La capacidad de infiltración del agua en el suelo puede variar mucho en pocos metros de distancia dentro del mismo terreno. Por eso, en el lugar elegido para el tratamiento, se recomienda cavar como mínimo 6 pozos de 30cm de diámetro y de 60 cm de profundidad. Deben estar distribuidos cubriendo el lugar destinado al tratamiento. Una vez hechos los pozos, se raspan sus paredes con un elemento filoso para eliminar la superficie compactada que deja la pala. Luego se saca la tierra suelta y se colocan 5 cm de arena en el fondo. Por último, en la pared del pozo, a 20 cm por

encima de la arena, se clava una pequeña cuña de madera que sirva como marca de referencia para las mediciones.

Pasó 2: Saturación del suelo:

Una vez hechos los pozos, se comienza a agregarles agua. Al principio la tierra la absorbe muy rápido y luego cada vez más lentamente. Debemos llenarlos y mantenerlos con agua por encima de la cuña durante 12 horas. Cuando el agua desplaza el aire y ocupa el espacio entre los granos del suelo, sé que el suelo está saturado.

En condiciones de saturación, el suelo tiene su menor capacidad de infiltración. Por eso el ensayo de infiltración se realiza con el suelo alrededor de los pozos totalmente saturado. Este proceso de saturación puede demorar muchas horas dependiendo del tipo de suelo.

Paso 3: Medición de la capacidad de infiltración del agua en el suelo

Después de 12 horas de saturación del suelo, se mide la capacidad de infiltración. Para ello en la boca de cada pozo se arma un pequeño arco con maderas como el de la Figura 14. La varilla horizontal debe quedar 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. Los pozos se enumeran y se procede de la siguiente manera:

Se inicia con el pozo número 1:

- J Ajustar el nivel de agua hasta la cuña. Para ello se agrega o se saca agua según corresponda.
- J Con el agua al nivel de la cuña se mide con una cinta métrica la distancia entre la superficie del agua y la varilla con la mayor precisión posible. Para ello se debe introducir la cinta métrica en forma vertical junto al centro de la varilla, hasta que la punta toque la superficie del agua en el centro del pozo.
- J Cuidando que no se mueva la cinta, se toma la medida por encima de la varilla. En una planilla se registra la hora y la medida Inicial del nivel de agua.
- J Esperar 30 minutos. Durante este período de espera se repite el procedimiento (pasos 1 y 2) en los otros pozos, en forma sucesiva y ordenada. La medición en cada pozo lleva unos pocos minutos, de manera que se pueden medir todos antes de tener que volver al primero.

Cumplidos los 30 minutos se mide nuevamente en el pozo 1 la distancia entre la varilla y la superficie del agua, se anota en la planilla la hora y la medida 2, y se completa el pozo con agua hasta la cuña.

Repetir los pasos 3 y 4 en el resto de los pozos y continuar hasta realizar seis mediciones en cada pozo y completar la planilla. Si las últimas tres medidas no difieren en más de medio centímetro (5 mm) entre sí (infiltración constante), damos por terminado el ensayo. De lo contrario seguimos midiendo hasta lograr infiltración constante.

Como después de cada medición se completa el nivel de agua hasta la cuña, todas las mediciones del mismo pozo deben ser aproximadamente iguales. Las diferencias se deben a pequeños cambios en la capacidad de infiltración.

Las medidas entre distintos pozos pueden ser muy diferentes. Eso se debe a diferencias del suelo de un lugar a otro.

Paso 4: Cálculo de la capacidad de infiltración del terreno

Una vez concluido el ensayo de infiltración, con los datos obtenidos se procede a calcular la capacidad de infiltración del terreno de la siguiente manera:

-) Calcular las diferencias de cada medida con la medida inicial y anotarlas en la planilla.
-) Calcular el promedio de las tres últimas diferencias.
-) Los 30 minutos transcurridos entre las mediciones se dividen por el promedio obtenido en cada pozo. Estos resultados serán el tiempo que tarda el suelo en absorber un cm de agua (min/cm) en cada pozo.
-) Finalmente, para obtener la capacidad de infiltración del terreno, se debe promediar los valores obtenidos en todos los pozos. Ese promedio es el resultado del ensayo de infiltración.

d. Método según norma técnica I.S.-020 del PERÚ (Especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración):

La prueba de percolación se utiliza para obtener un estimativo de tipo cuantitativo de la capacidad de absorción de un determinado sitio. El procedimiento recomendado para realizar tales pruebas es el siguiente:

1. Número y Ubicación de las Pruebas

Se harán 6 o más pruebas en agujeros separados uniformemente en el área donde se construirá el campo de percolación.

2. Tipo de Agujeros

Excávense agujeros cuadrados de 0,3 x 0,3 m cuyo fondo deberá quedar a la profundidad a la que se construirán las zanjas de drenaje.

3. Preparación del Agujero de Prueba

Cuidadosamente, con cuchillo se raparán paredes del agujero; añada 5 cm de grava fina o arena gruesa al fondo del agujero.

4. Saturación y Expansión del Suelo

Se llenará cuidadosamente con agua limpia el agujero hasta una altura de 0.30 m sobre la capa de grava y se mantendrá esta altura por un período mínimo de 4 horas. Esta operación debe realizarse en lo posible durante la noche. A las 24 horas de haber llenado por primera vez el agujero, se determinara la tasa de percolación de acuerdo con el procedimiento que se describe a continuación.

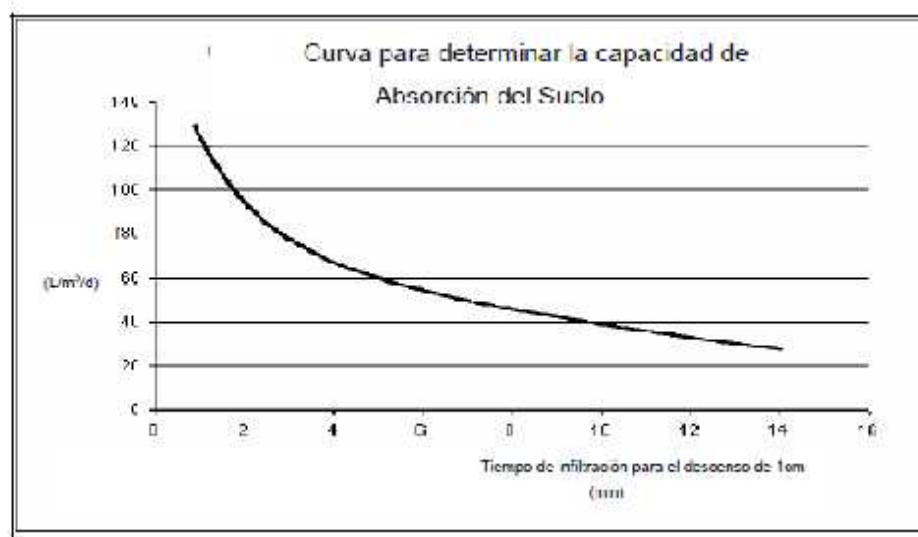
5. Determinación de la Tasa de Percolación:

- J Si el agua permanece en el agujero después del periodo nocturno de expansión, se ajusta la profundidad aproximadamente a 25 cm sobre la grava. Luego utilizando un punto de referencia fijo, se mide el descenso del nivel de agua durante un periodo de 30 min. Este descenso se usa para calcular la tasa de percolación.

- J Si no permanece agua en el agujero después del periodo nocturno de expansión, se añade agua hasta lograr una lámina de 15 cm por encima de la capa de grava. Luego, utilizando un punto de referencia fijo, se mide el descenso del nivel de agua a intervalos de 30 minutos aproximadamente, durante un periodo de 4 horas. Cuando se estime necesario se podrá añadir agua hasta obtener un nuevo nivel de 15 cm por encima de la capa de grava. El descenso que ocurre durante el periodo final de 30 minutos se usa para calcular la tasa de absorción o infiltración. Los datos obtenidos en las primeras horas proporcionan información para posibles modificaciones del procedimiento, de acuerdo con las condiciones locales.

- J En suelos arenosos o en algunos otros donde los primeros 15 cm de agua se filtran en menos de 30 minutos después del periodo nocturno de expansión, el intervalo de tiempo entre mediciones debe ser de 10 minutos y la duración de la prueba una hora. El descenso que ocurra en los últimos 10 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración. (figura 2-4).

Figura 2-4: Curva para determinar la capacidad de absorción del suelo mediante el tiempo de infiltración para conseguir el coeficiente de infiltración en tipos de suelo.



Nota: Curva para determinar la capacidad de absorción del suelo mediante el tiempo de infiltración para conseguir el coeficiente de infiltración en tipos de suelo. Extraído del reglamento nacional de edificaciones I.S.020, publicado en el diario oficial el peruano, año 2006 pg. 11

2.2.6.3. Caracterización hidrogeológica

La información hidrogeológica más importante incluye la profundidad del nivel freático, el gradiente hidráulico y la dirección del flujo subterráneo. Esta información se emplea para determinar si es posible asimilar y transportar lejos del emplazamiento el efluente aplicado sin que aparezca en superficie o forme una bolsa de agua subterránea que pueda aflorar en superficie cuando aumente el nivel freático en tiempo húmedo.

La pendiente del nivel freático se suele determinar midiendo el nivel estático del agua en tres pozos dispuestos en forma de triángulo. La dirección del flujo se determina haciendo pasar un plano por los tres puntos determinados. Caso de que se encuentre agua confinada, será necesario perforar más pozos. En general, para aprovechar eficazmente la capacidad de asimilación del terreno, los sistemas de

infiltración se deben orientar perpendicularmente a la dirección de flujo del agua subterránea. (Metcalf & Eddy).

2.2.6.3.1. Variación del nivel freático

En la disposición de aguas residuales provenientes de conjunto de viviendas, instituciones, comercios e industrias, se recomienda realizar evaluaciones que determinen la variación del nivel freático, para conocer cuánto se elevará el agua subterránea en un tiempo esperado, para examinar opciones tales como adecuar el sitio de disposición rectangular con el eje longitudinal perpendicular al gradiente de agua subterránea o incrementar el área de absorción. (Crites r., Tchobanoglous G.).

El procedimiento desarrollado por Finnemore y Hantzsche se puede utilizar para este fin:

$$h = k + z / 2 \quad (2.4)$$

Donde:

h: distancia desde el nivel de referencia hasta el punto medio de la acumulación a largo plazo (m).

H: altura de la tabla de agua subterránea sobre el nivel de referencia (m).

Zm: altura máxima de acumulación a largo plazo (m), calculado mediante la siguiente ecuación:

$$Z = \left(\frac{Q}{A}\right) \left(\frac{L}{4}\right)^{0.5n} \left(\frac{L}{S}\right)^{1-0.5n} \quad (2.5)$$

Donde:

Q: caudal promedio (m³/d).

A: área del campo e disposición.

C: constante (tabla 2-09).

L: longitud del campo de disposición (m).

K: permeabilidad horizontal del suelo (m/d).

N: exponente (tabla 2-09).

Sy: coeficiente de almacenamiento del suelo receptor (tabla 2-10).

t: tiempo a partir del inicio de la aplicación de agua residual (d).

El coeficiente de almacenamiento del suelo o acuífero receptor (Sy) corresponde al volumen de los espacios drenables dividido por el volumen total del suelo o acuífero.

El valor de la permeabilidad horizontal del suelo se puede determinar en campo utilizando un análisis hidrogeológico estándar (tabla 2-09).

Tabla 2-09. Constantes para la ecuación de acumulación de aguas subterráneas.

RELACIÓN LONGITUD/ANCHO DEL CAMPO DE DISPOSICIÓN	C	n
1	3.4179	1.7193
2	2.0748	1.7552
4	1.1348	1.7716
8	0.5922	1.7793

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones.

Nota. Relación longitud/ancho del campo de disposición constante de c, n para la acumulación de aguas subterráneas se requiere asumir el valor de Zm de la ecuación (2.4) para así poder determinar h, de manera que la ecuación (2.5) pueda ser resuelta.

Se recomienda un período de 10 años para el análisis. Una aproximación mediante iteraciones es necesaria ya que se requiere asumir el valor de Z_m de la ecuación (2.4) para así poder determinar h , de manera que la ecuación (2.5) pueda ser resuelta (tabla 2-10)

TABLA 2-10. Valores del coeficiente de almacenamiento para diferentes medios

MATERIAL	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO (%)
GRAVA GRUESA	23
GRAVA MEDIANA	24
GRAVA FINA	25
ARENA GRUESA	27
ARENA MEDIANA	28
ARENA FINA	23
LIMO	8
ARCILLA	3
ARENISCA FINA GRANULADA	21
ARENISCA MEDIANA GRANULADA	27
CALIZA	14
ARENA DE DUNA	38
TURBA	44
ESQUISTO	26
PIEDRA DE LIMO	12
ARADO, OREDOMINIO LIMO	6
ARADO, PREDOMINIO ARENA	16
ARADO PREDOMINIO GRAVA	16

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones.

Nota. El porcentaje del coeficiente almacenamiento por cada material El procedimiento desarrollado por Finnemore y Hantzsche se puede utilizar para este fin: recuperado de la tesis metodología para el dimensionamiento de zanjas para el tratamiento de aguas residuales doméstica 2010 pg. 50

2.2.7. Marco conceptual

2.2.7.1. Capacidad de infiltración

Se denomina a la cantidad máxima de agua que pueda absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la

humedad del suelo, el material que conforma el suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo.

Los factores que afectan la capacidad de infiltración son la entrada superficial, transmisión a través del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, características del medio permeable y características del fluido.

2.2.7.2. UBS – Arrastre Hidráulico

Una unidad básica de saneamiento (UBS) con arrastre hidráulico, es aquella que utiliza agua, en una cantidad suficiente (de 2 a 4 litros) para el arrastre de las excretas hasta un tanque séptico, biodigestor u otro sistema de tratamiento en el cual los desechos orgánicos son sometidos a un proceso de sedimentación y descomposición, y las aguas servidas son dispuestas a pozos o zanjas de infiltración. Según los términos de referencia proporcionados por el PROCOES, indican que la disposición de la unidad básica de saneamiento de arrastre hidráulico, se distribuye: CASETA + CAJA DE REGISTRO + BIODIGESTOR + ZANJA DE INFILTRACIÓN.

) Arrastre Hidráulico: Fuerza de tracción que produce el agua para la evacuación de las excretas desde el aparato sanitario hasta el hoyo o pozo.

2.2.7.3. Zanjas de infiltración

Uno de los sistemas más comunes de disposición in situ de aguas residuales son las zanjas de infiltración, las cuales son usadas desde principios de 1900. Las zanjas de infiltración, llamadas también campos de infiltración o campos de absorción, son un elemento opcional utilizado para descargar el efluente

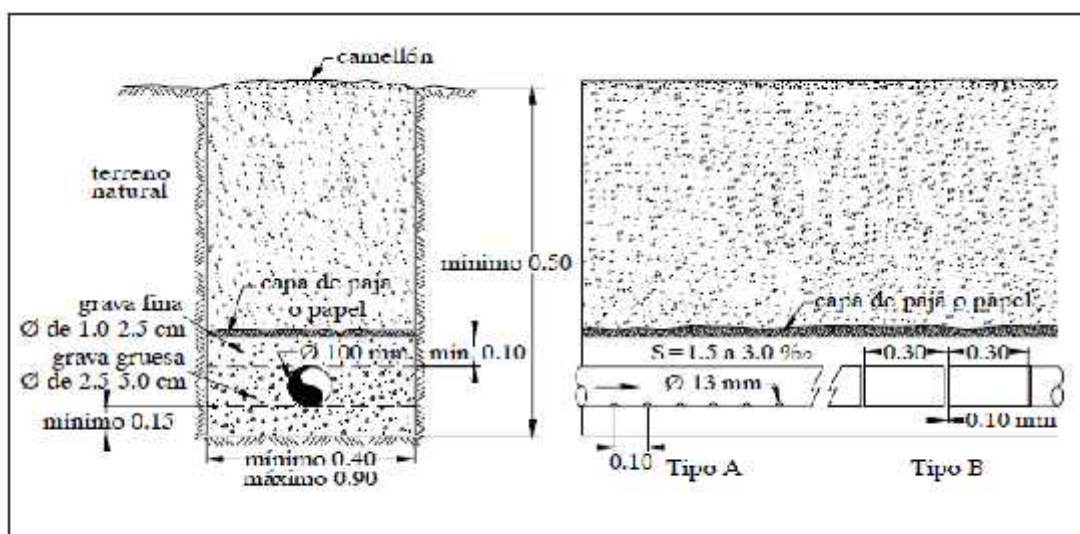
proveniente del tanque séptico u otro sistema de tratamiento previo. (Crites r., Tchobanoglous G.)

Las zanjas de infiltración son sistemas poco profundos de absorción en el suelo, que constan de una serie de zanjas de poca profundidad, llenas de grava. El efluente se dispone a través de las zanjas en el subsuelo, permitiendo su oxidación y disposición.

Las zanjas de infiltración mejoran el tratamiento químico y biológico del efluente de un tratamiento primario, porque aprovechan la actividad bacteriana del suelo e incrementan la oportunidad de absorción de fósforo, metales y virus. Además de mayores remociones de DBO, sólidos suspendidos totales (SST) y nitrógeno.

Las zanjas de infiltración están conformadas por una serie de tuberías convenientemente localizadas y son utilizados para recibir directamente el efluente de agua residual proveniente del sistema de tratamiento previo y filtrarla en el terreno circundante (figura 2-5).

Figura 2-5: Detalle de zanja de infiltración.



Referencia: especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración.

Este tipo de disposición funciona bien en sitios con suelos profundos y permeabilidad relativa, donde se tienen aguas subterráneas profundas y el terreno es relativamente nivelado.

El diseño de las zanjas de infiltración depende de la forma y tamaño del área disponible, de la capacidad requerida, de la topografía del terreno y de la tasa de infiltración del subsuelo. Para la construcción de los campos de absorción se utilizan los siguientes materiales: tubería perforada, grava y geotextil.

El medio poroso se emplea para:

- Mantener la estructura de las zanjas;
- Proporcionar un tratamiento parcial del efluente;
- Distribuir el efluente a las áreas de infiltración en el terreno.

El sistema que se consigue en los sistemas de infiltración se produce mediante las siguientes fases:

- a. Al circular el efluente a través y por encima del medio poroso que se dispone en las zanjas de infiltración.
- b. Al infiltrarse en el terreno el tratamiento en el medio poroso de las zanjas se produce por la combinación de una serie de mecanismos físicos, biológicos y químicos. Si la inundación es permanente, el medio poroso actúa como un filtro anaerobio sumergido, mientras que si la aplicación es periódica, actúa como un filtro percolador aerobio (Metcalf & Eddy).

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 o sistema de aguas residual utilizado como tratamiento previo, que evitará el paso de sólidos a las zanjas de infiltración.

Este sistema de disposición final de las aguas residuales puede utilizarse para el riego del área donde se localizarán los tubos perforados del campo de absorción ya que el terreno absorbe y utiliza el agua que se está desechando.

2.2.7.4. Tanquilla de distribución

Este componente tiene por objeto distribuir el agua servida procedente del sistema de tratamiento previo proporcionalmente a cada uno de los ramales del campo de infiltración, para lo cual se colocaran todas las tuberías de salida a la misma altura.

Según el artículo 508 de la Gaceta Oficial N° 4.044 (M.S.A.S. / MINDUR.), las tanquillas de distribución deben colocarse en un lugar que permita la adecuada alternabilidad en el uso de diversas zonas en que pueda estar dividido el sistema de disposición, de ser necesario, y la uniforme distribución del efluente, así como la limpieza de las mismas.

Las tanquillas de distribución pueden ser de forma rectangular, cuadrada o circular, siempre que la menor dimensión transversal no sea inferior a 0.60m, según el artículo 510 (M.S.A.S. / MINDUR.).

2.2.7.5. Superficies de infiltración de las zanjas de infiltración

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 microbios digieren los componentes de las aguas negras. La capa biológica suele ser muy efectiva en la eliminación de virus y patógenos. Desde el punto de vista funcional, la biopelícula funciona como un filtro biológico.

La biopelícula o capa biológica de la superficie de las paredes de la zanja no suele estar tan desarrollada como la del fondo de la zanja dado que los sólidos tienen a sedimentarse y acumularse en el fondo. Por esto, en muchos métodos de cálculo de zanjas de infiltración sólo toman en cuenta el fondo de la zanja como superficie de infiltración.

Debido a los valores relativamente elevados de las cargas orgánicas y de sólidos aplicados, el medio suele ser anaerobio. El grosor de la película biológica crece a medida que los microorganismos metabolizan la materia orgánica presente en el efluente de las fosas sépticas, (Crites r., Tchobanoglous G.).

2.2.8. Grado de tratamiento

Uno de los objetivos de diseño más importantes de los sistemas de tratamiento individual es el tratamiento efectivo del agua residual, de modo que no provoque condiciones nocivas ni tenga impacto alguno sobre los usos beneficiosos de las aguas subterráneas de la zona. Los sólidos suspendidos, el nitrógeno, el fósforo, las bacterias y los virus son los principales constituyentes a considerar. A una profundidad de 0,9 m por debajo del nivel inferior de las zanjas de infiltración, la concentración de la mayoría de los constituyentes es inferior a los límites menores de detectabilidad como se muestra en la Tabla 2-11 (Columna 4). Los nitratos y el fósforo constituyen excepciones de este hecho. Los contaminantes prioritarios

presentes en el efluente de los tanques sépticos, como los metales, también son importantes, pero la información disponible acerca de la reducción de estos componentes en los sistemas de infiltración es limitada (tabla 2-11).

Tabla 2-11. Rendimiento de tratamiento de los componentes de los sistemas in situ y de los filtros de arena con recirculación o intermitentes.

PARÁMETROS	AGUA RESIDUAL BRUTA	EFLUENTE DE LA FOSA SÉPTICA	30cm POR DEBAJO DE LA ZANJA DE INFILTRACIÓN	90cm POR DEBAJO DE LA ZANJA DE INFILTRACIÓN	EFLUENTE DEL FILTRO DE ARENA INTERMITENTE	EFLUENTE DEL FILTRO DE ARENA CON RECIRCULACIÓN
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DBO ₅ (mg/L)	210-530	140 - 200	0	0	< 10	< 15
SS, (mg/L)	237-600	50-90	0	0	< 10	< 15
NITRÓGENO (mg/L)						
TOTAL	35-80	25-60	-	-		
NH₄	07-40.	20-60	20	-	< 0.5	< 0.5
NO₃	< 1	< 1	40	40	25	25
FÓSFORO TOTAL, (mg/L)	10-27.	10-30.	10	1		
COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)	10 ⁶ - 10 ¹⁰	10 ³ -10 ⁶	0-10 ²	0	10 ² -10 ⁴	10 ² -10 ⁴
VIRUS (UFP/100 ml)	Desconocido	10 ⁵ -10 ⁷	0-10 ²	0		

Nota: El valor varía desde el nivel inicial hasta el valor indicado. UFP: unidad formadora de placas.

2.2.9. Métodos de cálculo de zanjas de infiltración

Existen diferentes métodos de cálculo para las zanjas de infiltración: por gravedad, y a presión, este último se utiliza cuando el efluente es expulsado del tanque séptico mediante bombas.

En la siguiente (tabla 2-12), se resumen los métodos de cálculo de zanjas de infiltración por gravedad, que serán los analizados, y están referidos en diferentes fuentes bibliográficas:

Tabla 2-12. Métodos para el cálculo de zanjas de infiltración por gravedad.

MÉTODO DE INFILTRACIÓN	AUTOR	LUGAR Y FECHA	PARÁMETROS PARA EL CALCULO DEL ÁREA DE INFILTRACIÓN
Normas Sanitarias para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones	M.S.A.S /MINDUR	Venezuela. 1988	1. Rata de percolación [R] (min/2,5cm) 2. Gasto aguas servidas (250 L/hab/d) 3. Número de habitantes [P]
Guía Técnica Sanitaria para la Instalación y Funcionamiento de Sistemas de Tratamiento Individuales de Aguas Negras y Grises	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.	El Salvador. 2009	1. Rata de percolación [R] (L/m ² /día) 2. Aporte [Q] (L/hab/día) 3. Número de habitantes [P]
Especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente	Lima. 2003	1. Rata de percolación [R] (L/m ² /día) 2. Aporte [Q] (L/hab/día) 3. Número de habitantes [P]
Guía Técnica: Tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones	Ing. Elías Rosales Escalante	Costa Rica. 2003	1. Tasa de infiltración (min/cm) 2. Velocidad de infiltración [Vp] 3. Caudal o gasto [Q] (L/s) 4. Factor precipitación [Fp] (1 – 2,5) 5. Revestimiento superior [rc] 6. Perímetro efectivo [Pe]
Tanques sépticos prefabricados – Especificaciones y métodos de prueba.	Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca	México. 1997	1. Rata de percolación [R] (L/m ² /día) 2. Aporte [Q] (L/hab/día) 3. Número de habitantes [P]

Fuente: metodología para el dimensionamiento de zanjas de infiltración

2.2.10. Metodología según la gaceta oficial N°4.044 de la República Bolivariana de Venezuela. (M.S.A.S. / MINDUR.).

La capacidad de absorción del suelo se determina mediante una prueba de percolación descrita previamente en la sección 2.2.6.2.3.

Al obtener el tiempo de infiltración en minutos de la prueba de absorción, la rata de percolación (tiempo que demora el terreno en absorber 2.5cm de agua), se calcula dividiendo el tiempo de infiltración en minutos por 18, esto viene dado por:

$$\frac{T}{p} = \frac{m}{d \text{ ho}} = \frac{T}{2.5c} \quad (2.6)$$

Como la profundidad del hoyo en la prueba de absorción según esta norma, descrita, es de 45 cm, por lo tanto, sustituyendo en la ecuación 2.3 queda:

$$\frac{T}{45} = \frac{T}{2.5c}$$

Despejando el tiempo necesario para que el agua infiltre 2.5 cm, se obtiene la rata de percolación:

$$R = \frac{P}{d} = \frac{T(m)}{1} \quad (2.7)$$

Luego de haber determinado la rata de percolación, con el valor obtenido, se podrá determinar el área de absorción requerida para la disposición de 1000 litros diarios según la (Tabla 2-13).

Si la rata de percolación da como resultado un número mayor de 60min no puede ser utilizado el sistema de zanjas de infiltración, en este caso la norma recomienda utilizar zanjas filtrantes.

Tabla 2-13. Áreas de absorción requeridas en metros cuadrados por cada mil litros de aguas servidas por día, a disponer en sumideros o en zanjas de absorción de acuerdo con la rata de percolación.

RATA DE PERCOLACIÓN (Tiempo en minutos requeridos por el agua para caer 2.5cm)	ÁREAS DE ABSORCIÓN (*) (Requeridas en metros cuadrados por cada 1000 litros por día)
1	4.9
2	7
3	8.5
4	9.8
5	11
10	15.6
15	19.1
20	22
25	24.6
30	26.9
40	31.1
50	34.8
60	38.1

Fuente: Metcalf & Eddy.

Nota: Si en las viviendas se instalan trituradoras de desperdicios, lavadoras automáticas de ropa u otros artefactos similares que incrementen la cantidad de aguas servidas, las cifras de la Tabla deberán aumentarse en un 20% para las primeras y 40% para las segundas.

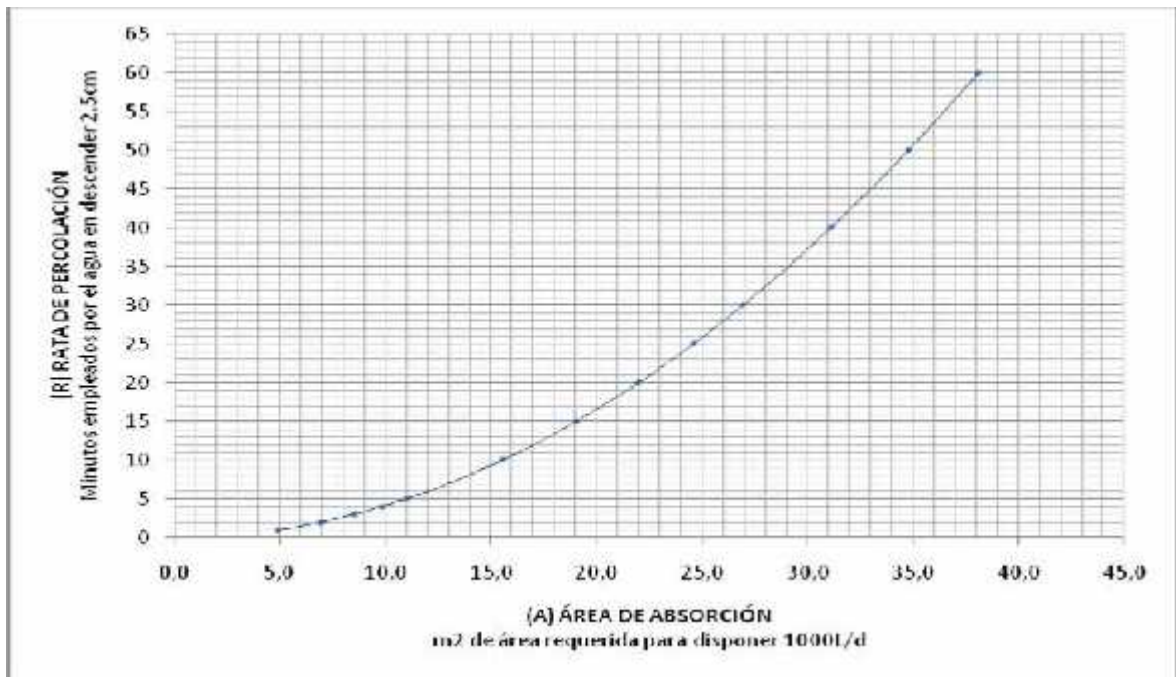
En zanjas de infiltración será el área del fondo de la zanja. Para cifras intermedias a los valores de la rata de percolación de la tabla 2-13, se podrá utilizar el diagrama de la figura 2-6, y/o la siguiente ecuación:

$$A = 4.92\sqrt{R} \quad (2.8)$$

Donde:

R= rata de percolación, (min/cm)

Figura 2-6. Grafica Área de Absorción vs. Rata de Percolación



Fuente: López, L.

Según el artículo 515 (M.S.A.S. / MINDUR.), con el área de absorción obtenida anteriormente, se calculará el área efectiva requerida, considerando un gasto de agua servida de 250 litros por persona y por día para edificaciones destinadas a viviendas. Para otros tipos de edificaciones se estimará el gasto de aguas servidas de acuerdo con la dotación de agua correspondiente, incrementándola en un 10% como margen de seguridad.

El área requerida efectiva (A_i), se calcula con la siguiente ecuación:

$$A = A \quad d \quad a \quad /1000L/d \quad x \quad (2.9)$$

Donde:

Q: gasto de agua residual generado, (L/d) según el artículo 519 de la gaceta (M.S.A.S. / MINDUR.), las zanjas de los campos de absorción se diseñarán y

construirán de acuerdo al área de absorción efectiva requerida, a las siguientes especificaciones y según los modelos descritos en la norma.

- a. El material filtrante deberá ser arena lavada, piedra picada o grava limpia de tamaño variable, entre 1 y 5 cm y se extenderá a todo lo ancho de las zanjas, 15 cm por debajo de las tuberías y 5 cm por encima de ellas. Sobre esta última se colocarán 5 cm de paja seca o material similar. El resto de la zanja se rellenará con tierra compactada.
- b. La sección podrá ser rectangular o trapezoidal, recomendándose zanjas rectangulares para terrenos firmes y trapezoidales para terrenos deleznales.
- c. Para terrenos permeables se recomiendan zanjas de poco ancho y para terrenos de poca permeabilidad, zanjas de mayor ancho.
- d. La longitud máxima de los ramales será de treinta metros.
- e. La pendiente máxima uniforme de los ramales será de 0.25%.
- f. El tamaño, profundidad y distancia entre las zanjas se establecerá de acuerdo a la siguiente (tabla 2-14).

TABLA 2-14. Dimensiones de las Zanjas de Absorción y separación entre ellas

ANCHO DEL FONDO DE LA ZANJA	PROFUNDIDAD RECOMENDADA DE LA ZANJA	DISTANCIA CENTRO A CENTRO ENTRE TUBERÍAS
(cm)	(cm)	(metros)
30	45 – 75	1.8
45	45 – 75	1.8
60	45 – 75	1.8
75	45 – 90	2.3
90	60 – 90	2.5

Fuente: Metcalf & Eddy.

Las tuberías podrán ser de 10 cm, de diámetro, de extremidades lisas sin campana, de arcilla vitrificada, hierro fundido, asbesto cemento, concreto u otro material

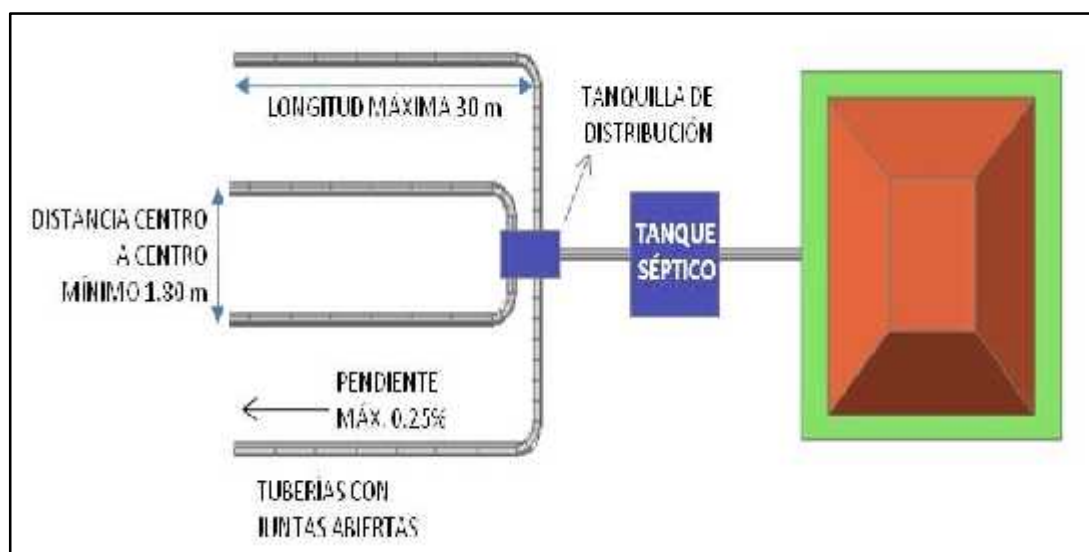
aprobado por la Autoridad Sanitaria Competente. Las juntas serán abiertas, espaciadas cada metro y con separación entre tubos que podrá variar entre 0.3 y 1.0 cm. Las juntas abiertas se protegerán en su parte superior con tejas de arcilla, hojas de cartón asfáltico, de otro material resistente, para evitar la entrada del material de relleno.

El cálculo de la longitud de la(s) zanja(s), se calcula despejando la ecuación (2.10):

$$A \quad d \quad a \quad = \quad l \quad x \quad a \quad h \quad o \quad (2.10)$$

A continuación se muestra un esquema del sistema de zanjas de infiltración: (figura 2-7).

Figura 2-7. Esquema del sistema de infiltración según la Gaceta Oficial N° 4.044



Fuente: metodología para el dimensionamiento de zanjas de infiltración

2.2.11. Metodología según la guía técnica: tanques sépticos (Costa Rica) (Rosales E., E.)

Con la tasa de filtración T obtenida (min/cm) de la prueba de percolación del terreno se deduce, la velocidad máxima de aplicación de aguas (m/s o L/m²-d). Estas

velocidades han sido establecidas, para el caso de Costa Rica, por el Ministerio de Salud o por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados AyA, (según la tabla 2-15).

A este nivel del proceso de cálculo es necesario conocer la cantidad de agua que estará aportando la vivienda o el sistema en análisis; esto sería el gasto o aporte diario de aguas.

Con la comparación de los datos anteriores, se deduce el área de absorción (A_i) requerida en m^2 , según la siguiente ecuación:

$$A = Q/V \quad (m^2) \quad (2.11)$$

Donde:

Q = Aporte de agua residual, (m^3/s)

V_p = Velocidad máxima de aplicación de agua, (m/s).

Número y localización de las pruebas:

Existen diferentes criterios sobre este aspecto, sin embargo dependiendo del proyecto y la importancia del mismo signifique deben realizarse cuatro o más pruebas en sitios uniformemente espaciados sobre el campo de absorción propuesto. En situaciones de exploración para un proyecto de viviendas, cuando se trabaja con los terrenos en verde, los sitios de la prueba deben estar separados 30 metros pero nunca más de 50 metros. Para el caso de viviendas unifamiliares, es conveniente la realización de dos pruebas.

Tipo de agujero:

Cuando se vayan a utilizar pozos de infiltración y no zanjas de infiltración, el fondo de los agujeros de prueba se hace a diferentes profundidades. Por ejemplo, si se estima que el pozo tendrá 3 m de profundidad es necesario ejecutar al menos tres pruebas de infiltración; esto será a 1 metro, a 2 metros y a 3 metros. Porque se debe conocer la capacidad de infiltración en cada uno de los diferentes estratos.

Preparación del agujero de prueba:

Se raspa cuidadosamente el fondo y las paredes del agujero perforado con el filo de un cuchillo o un instrumento punzocortante, para remover cualquier superficie de suelo remoldeado y proporcionar una interface natural del suelo en el cual pueda filtrarse el agua. Se retira todo material suelto del agujero; se agregan 5 centímetros de arena gruesa, grava fina o piedra quintilla para proteger el fondo contra socavaciones y sedimentos. Es muy importante registrar el tipo de suelo que se extrae de ese agujero. Con ello, se aproxima otra apreciación de las posibles condiciones filtrantes del sitio.

Saturación y expansión del suelo:

Para asegurar una completa saturación y expansión del suelo, se mantiene el agujero menor (el cilíndrico) lleno de agua durante un período conveniente de 24 horas consecutivas, previo a la prueba o toma de lecturas. La saturación del suelo es muy importante porque los sistemas de infiltración deben funcionar correctamente en las épocas de lluvia. Con esta etapa se pretende simular ese hecho. Y si no se realiza en forma correcta, los sistemas que se dimensionen con datos errados, no funcionarán

cuando las personas requieran utilizar los sistemas de saneamiento en los períodos de alta precipitación y saturación natural de los terrenos.

Medición de la tasa de infiltración:

Pasado el período de saturación, indicado en el punto anterior, se ajusta la profundidad del agua a por lo menos 15 centímetros sobre la grava o arena gruesa colocada en el fondo. Desde un punto de referencia fijo, se mide el nivel de agua a intervalos de 30 minutos durante un período entre 2 y 4 horas, añadiendo agua sobre la grava cuando sea necesario (se agrega agua cuantas veces se requiera dentro del período establecido para la toma de datos). El descenso que ocurra en los últimos 30 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración, usualmente expresada en minutos/cm.

Datos:

La diferencia de lecturas, al inicio y al final del último período de 30 minutos, es la que se utiliza para definir la tasa de infiltración (T), la cual se expresa generalmente en minutos/centímetro. Siempre es conveniente obtener el promedio de todas las lecturas realizadas y compararlo con el dato encontrado durante el último período. Si se dieran diferencias significativas, se tendrá evidencia de errores cometidos durante las lecturas o el efecto de una deficiente saturación previa, (tabla 2-15).

Tabla 2-15. Velocidad de infiltración (Tabla A y A, en Normas de presentación, diseño y construcción para urbanizaciones y fraccionamientos).

TASA DE INFILTRACIÓN (T) (min/cm)	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN (Vp) (m/s)
2	1.00×10^{-6}
3	8.20×10^{-7}
4	7.10×10^{-7}

Continuación Tabla 2-15. Velocidad de infiltración (Tabla A y A, en Normas de presentación, diseño y construcción para urbanizaciones y fraccionamientos).

TASA DE INFILTRACIÓN (T) (min/cm)	VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN (Vp) (m/s)
5	6.35×10^{-7}
6	5.80×10^{-7}
7	5.37×10^{-7}
8	5.02×10^{-7}
9	4.73×10^{-7}
10	4.49×10^{-7}
11	4.28×10^{-7}
12	4.10×10^{-7}
14	3.80×10^{-7}
16	3.55×10^{-7}
18	3.35×10^{-7}
20	3.18×10^{-7}
22	3.03×10^{-7}
24(*)	2.90×10^{-7}
25	2.84×10^{-7}

Fuente: AyA

Nota. * Resultado mayor, inadecuado para pozos de absorción ** resultado mayor, inadecuado para sistemas de absorción Valores promedio velocidades de infiltración. Recuperado de la publicación del ing. Elías rosales Escalante. <http://www.cfia.or.cr/descargas/infiltracion.pdf>

La desinfección de las aguas depuradas se está convirtiendo en un proceso cada día más necesario en la depuración de las aguas residuales, tanto para su reutilización como para proteger la salud pública a través del control de los microorganismos causantes de enfermedades de transmisión hídrica, que llegan a los medios naturales mediante el vertido de las aguas depuradas. Así también se pueden proteger los medios receptores y mantener la calidad de las aguas naturales, minimizando el impacto que supone un vertido. En general, para la desinfección de las aguas es más compatible tecnológica y económicamente combinar un sistema de filtración con un

sistema de desinfección. En este trabajo se han llevado a cabo estudios comparativos empleando la Infiltración-Percolación modificada (Imp.).

Adicionalmente, en este proceso de cálculo para definir el área del campo de infiltración requerido, se aplican otros factores. Estos son coeficientes que toman en consideración el efecto de la lluvia y la limpieza o tipo de cobertura que tendrá la superficie donde estará colocada el área de infiltración.

A partir de las condiciones prevalecientes y la aplicación de esos coeficientes, se incrementa el valor anteriormente 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) que se busca, en m^2 :

$$A = \frac{A \times F}{(1-R)} \quad (2.12)$$

Donde:

F_p = Factor precipitación; de 1 a 2.5.

R_c = Revestimiento superior; 0 con nada cubriendo la superficie del terreno y casi 1, al cubrirse (No puede ser 1, ya que la ecuación se indetermina). La geometría de ese campo de infiltración calculado, se obtiene al fijarse características como: el ancho de zanja y la profundidad de material filtrante graduado bajo las tuberías de drenaje.

Según ese ancho y esa profundidad de material bajo los drenes, también de normas vigentes, se obtiene un factor de corrección con el que se fija un nuevo parámetro, conocido como el perímetro efectivo (P_e), donde:

$$P = \frac{0.7 (W+5 +2D)}{(W+1)} \quad (2.13)$$

Donde:

W= Ancho de la zanja, (cm)

D= Profundidad de la zanja, (cm)

La longitud total de las zanjas (Lz) en metros, por utilizar, se obtendrá de la relación que es posible hacer entre el área de absorción calculada (Ac) y ese dato de perímetro efectivo.

$$L = \frac{A}{P} \quad (2.14)$$

Quedando entonces por establecerse otra relación entre el valor de la superficie por ocupar por todo el campo de infiltración y la longitud calculada de las zanjas. De esta manera, se establecerá el ancho requerido por la superficie total del campo de infiltración pretendido (Ls) en metros:

$$L = \frac{A}{L} \quad (2.15)$$

La longitud a centros (S), debe ser mayor o igual a 2,0 m

$$S = \frac{L - (N_i \cdot \frac{d \cdot z_i}{d \cdot z_i} \cdot \frac{*W}{-1})}{N_i} + W \quad (2.16)$$

2.2.12. Metodología según normas mexicanas (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca – Comisión Nacional del Agua.) y Normas de el Salvador (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.)

Para el cálculo de zanjas de infiltración, la Norma Mexicana y la Norma de El Salvador, recomiendan la misma metodología, la cual se explica a continuación.

El área de infiltración se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{R} \quad (2.17)$$

Donde:

A= Área de absorción, (m²)

Q= Caudal promedio, efluente del tanque séptico, (L/día)

R= Coeficiente de infiltración, (L/m²/día).

El coeficiente de infiltración proviene de la tasa obtenida en los estudios de percolación realizados, según estas Normas, estos son los indicados en la siguiente (Tabla 2-16).

La profundidad de las zanjas se determinará de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de infiltración. La profundidad mínima de las zanjas será de 0,60 m, procurando mantener una separación mínima de 1,2 m entre el fondo de la zanja y el nivel freático.

Tabla 2-16. Tasa de infiltración y coeficiente de infiltración del efluente para pozos de 0,30 m de diámetro

TASA DE INFILTRACIÓN (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN DEL EFLUENTE PARA POZOS DE 0,30 m DE DIÁMETRO (L/m ² /día)
0.41	189
0.83	130
1.25	109
1.66	94
2.08	83
4.16	60
6.25	49
12.5	34
18.75	30
25	22

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.), (ROSALES E., E.

En la tabla se describe velocidades de percolación/infiltración y el coeficiente de infiltración en pozos de 0.30 m de diámetro.

El ancho de la zanja recomendable es de 0.50 m, con un mínimo de 0.25 m para terreno de alta permeabilidad.

El espaciamiento entre los ejes de las zanjas será de 2 m con un mínimo de 1.50 m para terrenos de alta permeabilidad.

La pendiente promedio recomendable es de 0,25%, no debiendo exceder al 0,50%.

2.2.13. Metodología según norma técnica I.S._020 del PERÚ

El área útil de las zanjas de infiltración será el mayor valor entre las áreas del fondo y de las paredes laterales, contabilizándolas desde la tubería hacia abajo. En consecuencia, el área de absorción (A) en m² se estima por medio de la siguiente relación: (figura 2-8).

$$A = \frac{Q}{R} \quad (2.18)$$

Donde:

Q= Caudal promedio del efluente, (L/día)

R= Coeficiente de infiltración, (L/m²/día), el cual se obtiene de la siguiente gráfica: (figura 2-8).

Figura 2-8. Capacidad de absorción del suelo.



Fuente: norma técnica I.S._020 del PERÚ.

Con la fig. 2-8 se determina la capacidad de absorción del suelo con el tiempo de infiltración obtenida de los ensayos de percolación realizados previamente.

La profundidad de las zanjas se determinará de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de percolación. La profundidad mínima de las zanjas será de 0,60 m, procurando mantener una separación mínima de 2 m entre el fondo de la zanja y el nivel freático.

El ancho de las zanjas estará en función de la capacidad de percolación de los terrenos y podrá variar entre un mínimo de 0,40 m y un máximo de 0,9 m.

La longitud de las zanjas se determinará de acuerdo con la tasa de percolación y el ancho de las zanjas. La configuración de las zanjas podrá tener diferentes diseños dependiendo del tamaño y la forma de la zona de eliminación disponible, la capacidad requerida y la topografía del área.

La longitud máxima de cada línea de drenes será de 30 m. Todas las líneas de drenaje en lo posible serán de igual longitud.

Todo campo de absorción tendrá como mínimo dos líneas de drenes. El espaciamiento entre los ejes de cada zanja tendrá un valor mínimo de 2 metros.

La pendiente mínima de los drenes será de 1,5 ‰ (1,5 por mil) y un valor máximo de 5 ‰ (5 por mil).

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis General

El dimensionamiento de zanjas de infiltración tiene relación directa con la textura y granulometría del suelo del centro poblado Uchubamba Distrito Masma - Jauja, influyendo en la velocidad de infiltración de aguas residuales domésticas.

2.3.2. Hipótesis Específico

- a) La capacidad de infiltración tiene relación directa con el tipo de suelo, influyendo para el dimensionamiento de zanjas de infiltración en el Centro Poblado Uchubamba distrito Masma – Jauja.
- b) Con la evaluación por el método de cálculo por gravedad, se optimizara el cálculo y dimensionamiento de zanjas de infiltración para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

2.4.1. variable independiente

Dimensionamiento de zanjas de infiltración.

Las zanjas de infiltración son un elemento opcional utilizado para descargar el efluente proveniente del tanque séptico u otro sistema de tratamiento previo. La naturaleza del perfil del suelo y su permeabilidad es de vital importancia en la evaluación del lugar donde se desea colocar este tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales. Los campos de absorción consisten en un sistema de zanjas poco profundas, en las cuales se instalan tuberías perforadas, y se rellena con grava el cual servirá como filtro para el tratamiento del efluente.

Indicadores:

- Longitud de zanja
- Profundidad de zanja

2.4.2. variables dependientes

Capacidad de infiltración.

Se denomina a la cantidad máxima de agua que pueda absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la

humedad del suelo, el material que conforma el suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo.

Los factores que afectan la capacidad de infiltración son la entrada superficial, transmisión a través del suelo, capacidad de almacenamiento del suelo, características del medio permeable y características del fluido.

Indicadores:

- Porosidad
- Permeabilidad

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. UBICACIÓN.

Ubicación Política.

REGIÓN : JUNÍN

PROVINCIA : JAUJA

DISTRITO : MASMA

LOCALIDAD : CENTRO POBLADO UCHUBAMBA



Ubicación Geográfica.

La localidad Centro poblado Uchubamba, Políticamente pertenece al distrito de Masma, provincia de Jauja, región Junín. La localidad de Uchubamba se ubica y se encuentra a una altitud como se ve en el cuadro siguiente:

-) Este : 472166
-) Norte : 8734279
-) Altura : 1773 m.s.n.m.

Vías de Acceso.

A. Vías de comunicación y medios de comunicación.

No se cuenta con medios de transporte directo de Huancayo a Uchubamba El acceso es desde la ciudad de San Ramón hasta el lugar del proyecto, es por de una vía afirmada, el estado de la vía es regular, y el medio de transporte es camionetas y/o autos colectivos en un tiempo aproximado de 2 horas.

✓ Medios de transporte.

Existen salidas diarias para la ruta, San Ramón - Uchubamba y viceversa, pudiéndose emplear camionetas y autos, cuyo horario de salida es Variable, desde la ciudad de san Ramón a Uchubamba y Viceversa.

✓ Medios de comunicación.

Existe señal de radioemisoras, son sintonizadas también las radios capitalinas como Radio Nacional.

La señal televisiva que reciben los pobladores es ATV Televisión Nacional del Perú. Existen las señales de telefonía celular CLARO y MOVISTAR.

Clima.

El clima de la localidad de Uchubamba es templada moderado y lluvioso, con grandes variaciones de temperatura.

Precipitaciones.

Las lluvias con mayor intensidad se presentan en los meses de diciembre a marzo, con escasas precipitaciones en Junio, Julio o Agosto.

Temperatura.

La temperatura promedio mensual es de 12° C, siendo la máximo 15° C en la temporada más frígida. En temporada de verano la temperatura se eleva. Desde los 34° a más.

Topografía y Tipo de Suelo

La topografía de la localidad es ondulante y de pendiente medianamente pronunciada. El tipo de suelo que tiene esta población es de tipo grava, limosa arcillosa.

Población Total.

La población total de la localidad de Uchubamba, se estima en un promedio de 915 habitantes. La tasa de crecimiento poblacional en el centro poblado de Uchubamba es de 1.15% anual.

Salud

En la localidad de Uchubamba cuenta con un puesto de salud, para la atención de la demanda de la salud de la población.

Este Establecimiento de Salud es de nivel I – 1 (Atención Primaria de salud).

Las referencias de los pacientes que requieren atención especializada se realizan en la provincia de Chanchamayo por ser la más cercana.

Educación

Referente al grado de instrucción en la localidad de Uchubamba, cuenta con una institución educativa para cada nivel básico de enseñanza. Inicial, primaria y secundaria.

Por lo tanto se puede evidenciar que el nivel educativo de las familias es bueno para el trabajo de capacitación.

Actividades Principales.

Agricultura

Se constituye en la principal fuente de ingresos económicos de las familias de la localidad de Uchubamba, aportando al sostenimiento de familiar.

Los principales productos agrícolas que se siembran son Granadilla, ajís, y diversos tipos de frutales.

Comercio

En Uchubamba existe algunas tiendas de abarrotes para el consumo de los pobladores, también existen hospedajes ya que la zona cuenta con atractivos turísticos.

Principales servicios.

Energía eléctrica.

La localidad de Uchubamba cuenta con servicio de energía eléctrica y domiciliara.

El pago mensual por el servicio eléctrico se realiza a la Compañía Electrocentro S.A.

Sistema de Agua Potable

En la localidad de Uchubamba son abastecidos de agua mediante un sistema de gravedad y sin tratamiento (SGST).

Servicio De Saneamiento Básico

La oferta actual es nula, según las la visita de campo realizada, nos indica que en esta localidad existen letrinas de hoyo seco, y pozos ciegos en mal estado, la mayor parte de la población realiza sus necesidades a campo abierto en más del 60%.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene un diseño cuantitativa - correlacional. Tomando en cuenta que son muchas las situaciones sociales que el investigador puede introducir igual al diseño experimental en su programación de procedimientos para recopilación de datos (el cuándo y a quien de la medición), aunque carezca de control total acerca de la programación de estímulos experimentales (el cuándo y el a quien de la exposición), que permite realizar un auténtico experimento, en general, tales situaciones pueden considerarse como diseños cuantitativa - correlacional. Uno de los propósitos de este trabajo es inducir a que se utilicen estos experimentos y se aumente el conocimiento de los tipos de situaciones en que se dan oportunidades para su empleo. Pero precisamente se carece de control experimental total, es imprescindible que el investigador tenga un conocimiento a fondo de cuáles son las variables específicas que su diseño particular no controla.

En la primera parte se realizara los ensayos de test de percolación a los tipos de suelo en la localidad obteniendo datos de campo. En la segunda etapa se realizara la evaluación de los datos obtenidos para luego re-direccionar la investigación de acuerdo a nuestros objetivos y verificar de esta manera el desarrollo de nuestras hipótesis.

3.3. POBLACIÓN

La población para la presente investigación son las viviendas del centro poblado Uchubamba las cuales se encuentran en ambas márgenes de la carretera Uchubamba, la cual consta 8 km, en cuyo tramo se encuentran las viviendas, de los cuales se pudo observar que existe viviendas de material rustico y material noble, también se determinó que cada vivienda cuenta con un promedio de entre 5 y 6 personas.

3.4. MUESTRA

La muestra para la siguiente investigación es no probabilística ya que se tomaron las viviendas ubicadas a lo largo de 2 km desde la progresiva 60 + 120 hasta la progresiva 62 + 980 donde se contabilizó 24 viviendas, de las cuales se tomaron 6 viviendas en forma arbitraria para las pruebas pertinentes de la investigación (Ver anexos)

3.5. INSTRUMENTACIÓN

En el proceso de la recolección de la información, es necesario tomar una técnica que apoye los requerimientos de investigación, obteniendo como resultado información confiable, directa y fácil de interpretar. Para la obtención de los datos requeridos en la ejecución del proyecto de investigación, será necesario realizar una evaluación directa de la zona. Empezando por la ubicación del área para la excavación de los pozos de prueba y las zanjas de infiltración.

3.6. RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Técnicas

Las técnicas de recolección de datos serán: observación insitu, la entrevista, levantamiento topográfico, fichas de observación, elaboración de calicatas, evaluación de la columna estratigráfica del suelo, pruebas de infiltración, toma de tiempos. Para la aplicación del test de percolación.

Además a ello se agrega los datos obtenidos a los resultados del “test de percolación”, para determinar la permeabilidad del suelo del centro poblado de Uchubamba. Para la aplicación del test de percolación, se ha tomado en cuenta el procedimiento indicado en el anexo 1 de la Norma Técnica IS.020 – Instalaciones Sanitarias.

Se realizó ensayos mediante la medición del tiempo de absorción en un pozo percolador incorporando agua en una altura de 30 cm. Se realizó la medición con

una cinta métrica, el tiempo que demora en descender el agua en el sub suelo en t/cm. La técnica que se utilizo es la observación y medición de los test realizados en los pozos percoladores, se obtuvo datos de los ensayos de campo con los que comprobaremos nuestras hipótesis.

3.6.2. Instrumentos de investigación

Medios de observación

Se empleó una cámara fotográfica para registrar las imágenes fijas en el transcurso de las visitas de campo y evaluaciones, para posteriormente ser descritas durante el proceso de desarrollo de la investigación.

Instrumentos de observación

Se empleó un, cuestionario de velocidad de infiltración, Cinta métrica para medición de altura, Cubeta de agua, Hormigón, Herramientas manuales (pico, pala). Producto de las evaluaciones en campo, se registró los datos para luego ser procesados y analizados.

Instrumentos de medición

Se empleó un reloj horario y un cronometro para poder tomar los tiempos de infiltración en las pruebas de percolación.

Análisis de datos

Para realizar el análisis y procesamiento de datos se empleó procesos matemáticos y estadísticos, usando software como el Excel.

3.6.3. Validez y confiabilidad

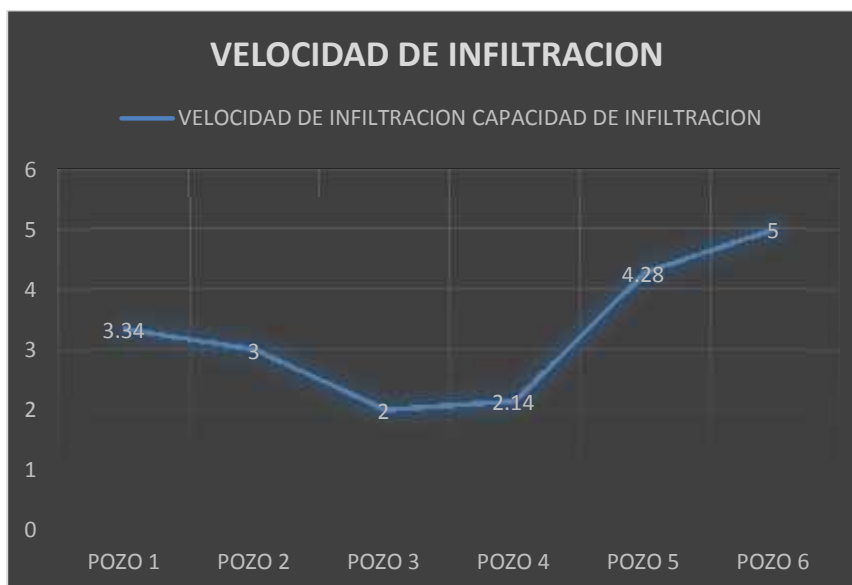
Validez grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide (Kerlinger). La confiabilidad es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes. Es decir en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales (figura 3-1).

Variables:

X: Dimensionamiento de zanjas de infiltración.

Y: Capacidad de infiltración.

Figura 3-1. Cuadro comparativo entre la capacidad de infiltración y las zanjas de infiltración



Fuente: elaboración propia, graficado en Microsoft Excel.

3.7. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para cumplir los objetivos establecidos, se llevaron a cabo revisiones bibliográficas de textos nacionales e internacionales referentes al tema de zanjas de infiltración.

Se consultó la Norma Peruana Norma Técnica IS.020 Art. 17 PERÚ., para estudiarla y poder hacer comparación con métodos encontrados en las guías técnicas, normas internacionales, manuales, informes prácticos, proyectos y material proveniente de internet avalados por organismos e instituciones de la localidad procedente.

3.8. SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE CÁLCULO

De la revisión bibliográfica se obtuvieron cinco 5 métodos diferentes para el cálculo del área de absorción de las zanjas, por gravedad; y tres 3 para comparar lo referente al ensayo

de percolación, que es el primer paso a considerar para determinar la factibilidad del sistema de disposición de efluentes en estudio.

En cuanto a los ensayos de percolación, se utilizó como referencia el procedimiento establecido por la Norma Peruana (Norma Técnica IS.020 Art. 17 PERÚ.), para ser comparado con los métodos recomendados en las referencias anteriores.

Los mismos fueron comparados a nivel de metodología y cálculo, con los resultados obtenidos en los ensayos de infiltración obtenidos en campo realizado en el centro poblado Uchubamba para este trabajo de grado.

Los métodos para el cálculo de las zanjas de infiltración según las normas de El Salvador (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social), México (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca – Comisión Nacional del Agua) y de la norma técnica I.S._020 del PERÚ (Especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración), utilizan las mismas variables para el cálculo del área de infiltración: caudal promedio del efluente en L/d y coeficiente de infiltración en L/m²/d. Para las normas de El Salvador y de México, los valores del coeficiente de infiltración se encuentran tabulados; mientras que la norma técnica I.S._020 del PERÚ, lo presenta en forma de diagrama por lo que permite hallar valores intermedios.

El Ingeniero Elías Rosales Escalante, en su publicación (Tanques Sépticos: conceptos teóricos base y aplicaciones) presenta un mayor número de parámetros a considerar al momento de calcular el área de terreno requerido para el campo de absorción; añadiendo factores que toman en cuenta la precipitación en la zona donde se quiere instalar el sistema de tratamiento de efluentes y el cubrimiento sobre el área de infiltración.

3.9. DATOS DE DISEÑO PARA LA COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS

A continuación, se presentan ejemplos de cálculo de zanjas de infiltración según las metodologías anteriormente explicadas.

Para iniciar el cálculo de las zanjas de infiltración, partiremos desde un conocimiento inicial de una rata de percolación de 4 min/cm, obtenida mediante el promedio de pruebas de infiltración; una cantidad de habitantes igual a 6, Uchubamba; y un aporte de aguas servidas por personas igual a 250L/d.

3.10. CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN LA GACETA OFICIAL N°4.044 (M.S.A.S. / MINDUR.)

Con los parámetros asumidos anteriormente, se procede al dimensionamiento y diseño del sistema de disposición de efluentes provenientes de un tanque séptico.

- a. Se calcula el gasto de agua residual generado por la cantidad de habitantes:

$$Q = 250L/d - ha * n^{\circ}d \quad ha$$

$$Q = 250 \frac{L}{d - ha} * 6 \quad ha$$

$$Q = 1500L/d$$

- b. Tiempo que tarda en infiltrar 2,5 cm.

La Gaceta Oficial Venezolana N°4.044, establece que la rata de percolación debe estar en función del tiempo que demora el terreno en absorber 2,5 cm de agua, de esta manera se calcula a partir de la rata de percolación conocida, el tiempo en el que los 2,5 cm es absorbida.

Para ello, se debe conocer primero la duración en minutos que le tomo al suelo absorber los 45 cm de agua (profundidad del hoyo de la prueba de percolación,

establecida por la Gaceta Oficial Venezolana 4.044, al realizar la prueba de percolación.

$$4 \frac{m}{c} = \frac{T}{45c}$$

$$T = 180m$$

Seguidamente se utiliza la ecuación (2.7):

$$R \quad d \quad p \quad = \frac{180m}{18}$$

$$R \quad d \quad p \quad = 10 \quad m$$

c. Área de absorción requerida para la disposición de 1000 litros de agua

El área de absorción se determinará en base a la rata de percolación y según la tabla 2-14.

Para un valor de 10 min el área de absorción requerida para la disposición de 1000 litros de agua será de 15.60 m².

También se puede usar el diagrama y/o la ecuación (2.8):

$$A = 4,92\sqrt{10}$$

$$A = 15.5584m^2 / \frac{1}{d} \frac{L}{d} \approx 15.60m^2 / \frac{1}{d} \frac{L}{d}$$

d. Área de infiltración efectiva requerida

Como Q = 1500 L/d, tenemos que, según la ecuación (2.9):

$$A \quad d \quad a \quad e \quad = \quad a \quad d \quad a \quad / 1000L/d * Q$$

$$A \quad d \quad a \quad e \quad = 15.60m^2 / 1000L/d * 1500L/d$$

$$A \quad d \quad a \quad e \quad = 23.40m^2$$

e. Dimensiones de las Zanjas de Absorción y separación entre ellas:

Si asumimos un ancho de fondo de zanja de 50 cm, según la tabla 2-1, se obtiene mediante la ecuación (2.10) una longitud total de zanjas:

$$L = \frac{2.4 \text{ m}^2}{0.5 \text{ m}}$$

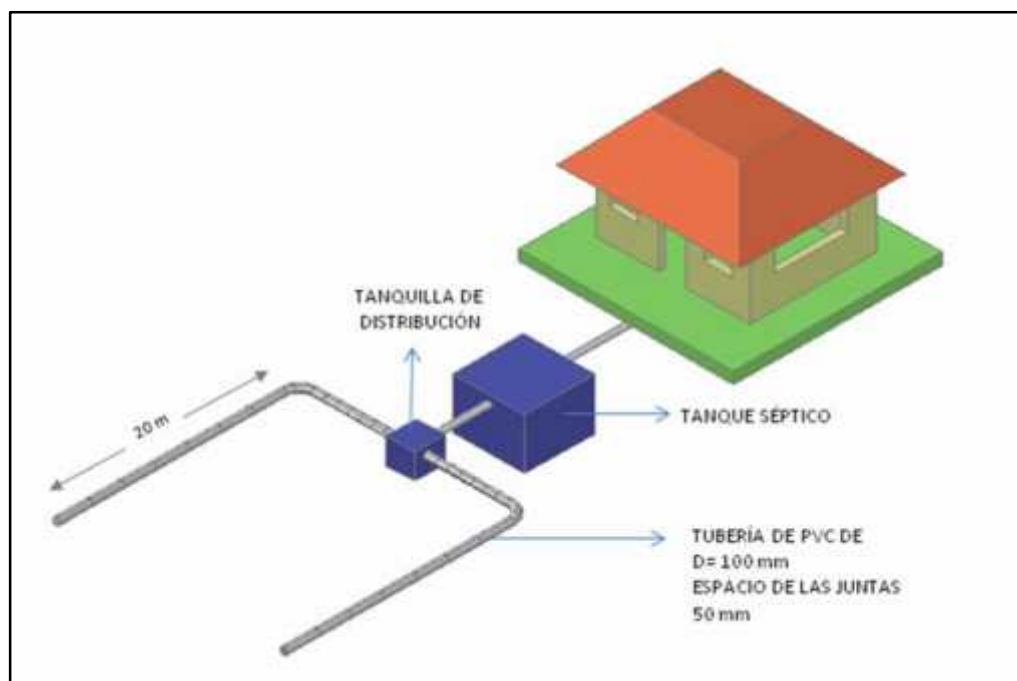
$$L = 46.8\text{m} \approx 47\text{m}$$

Como la longitud máxima permitida es igual a 30m, distribuimos el área efectiva en dos zanjas, entonces, tenemos una longitud de 23.50 m por zanja; y una distancia de centro a centro entre tuberías de 1,80 m.

$$\begin{aligned} A_{\text{distribución}} &= 20\text{m} * 2.40\text{m} \\ A_{\text{total}} &= 48\text{m}^2 \end{aligned}$$

La profundidad total de cada zanja será de 0.60 m según lo recomendado en la tabla 2-15 para un ancho de zanja asumido igual a 0.50 m (figura 3-2)

Figura 3-2. Representación gráfica de las dimensiones obtenidas:



En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema zanjas de infiltración según la Gaceta Oficial N°4.044.

3.11. CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN GUÍA TÉCNICA: TANQUES SÉPTICOS (ROSALES E., E.)

a. Velocidad de infiltración (V_p)

Partiendo de una tasa de infiltración de 4 min/cm, de los ensayos de campo (pruebas de percolación), una velocidad de infiltración de $7,10 \times 10^{-7}$ m/s.

b. Caudal o gasto (Q) de agua por días que recibirá el suelo:

$$Q = g \quad d \quad a \quad s \quad * \quad N^{\circ} \quad d \quad ha$$

$$Q = 250 \frac{L}{d-na} * 6 \quad ha$$

$$Q = 1500 \frac{L}{d}$$

Se hace una conversión de unidades de L/d a m³/s y se obtiene que:

$$Q = 1.736 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

c. Área de infiltración que se requiere en zanjas o pozos, ecuación (2.11):

$$A = \frac{Q}{V_p}$$

$$A = \frac{1.7 * 10^{-5} m^3/s}{7.1 * 10^{-7} m/s}$$

$$A = 24.45 m^2$$

Este valor debe ser afectado por otros factores, siendo los más importantes:

- Precipitación (Fp) (valor entre 1 y 2,5).
- El revestimiento superior (rc) ("0" con nada cubriendo la superficie del terreno y casi 1, al cubrirse) No puede ser 1, ya que la ecuación se indetermina.

Entonces, utilizando un factor de precipitación de 2,5 como más desfavorable, y suponiendo que no se cubre la superficie, se calcula la superficie del terreno.

d. Superficie del terreno o área verde requerida Con la ecuación (2.12):

$$A = \frac{A * F}{1-r}$$

$$A = \frac{2.4 * 2.5}{1-0}$$

$$A = \frac{6.1 \text{ m}^2}{1-0}$$

$$A = 61.1307 \text{ m}^2 \approx 62 \text{ m}^2$$

e. Perímetro efectivo

Se asumen las características de la sección transversal:

- Ancho de fondo de la zanja (W): 50 cm
- Distancia de grava bajo el tubo (D): 15 cm

Entonces, utilizando la ecuación (2.13), tenemos:

$$P = \frac{0.7 (W+5 +2D)}{W+1}$$

$$P = \frac{0.7 (5 +5 +2*1)}{5 +1}$$

$$P = 0.6308 \text{ m}$$

f. Longitud total de las zanjas

La longitud total de las zanjas se determinará mediante la ecuación (2.14):

$$L = \frac{A}{P}$$

$$L = \frac{2.4 \text{ m}^2}{0.6 \text{ m}}$$

$$L = 38.7603\text{m} \approx 40\text{m}$$

Como el mínimo de zanjas debe ser igual a dos, distribuimos esta longitud quedando cada zanja con una longitud de 20 m.

- g. Ancho requerido por la superficie total del campo de infiltración según ecuación (2.15):

$$L = \frac{A}{L}$$

$$L = \frac{6.1 \text{ m}^2}{2 \text{ m}}$$

$$L = 3.1\text{m}$$

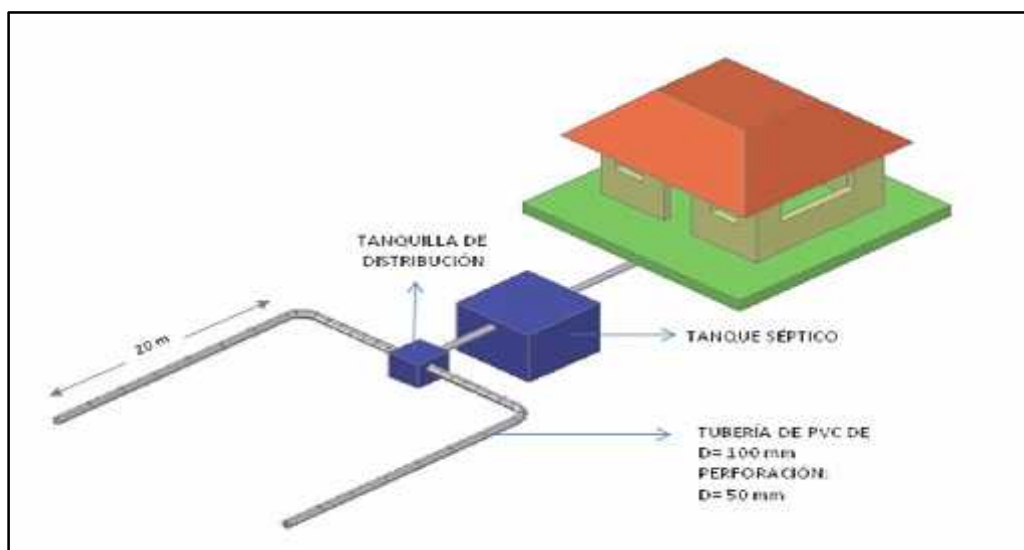
- h. Separación a centros entre zanjas según ecuación (2.16):

$$S = \frac{L - (n \cdot a \cdot z \cdot W)}{n \cdot a \cdot z \cdot -1} + W$$

$$S = \frac{3 - (2 \cdot 0.5)}{2 - 1} + 0.50 = 2.50\text{m}$$

Representación gráfica de las dimensiones obtenidas En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según guía técnica: tanques sépticos (Figura 3-3).

Figura 3-3. Representación gráfica de las dimensiones obtenidas



3.12. CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN NORMAS DE MÉXICO (SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA – COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.) Y EL SALVADOR (MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL).

- a. Se calcula el caudal de agua residual generado por la cantidad de habitantes según la ecuación (2.8):

$$Q = 250 \frac{L}{d-ha} * m \quad d \quad ha$$

$$Q = 250 \frac{L}{d-ha} * 6ha$$

$$Q = 1500L/d$$

- b. Coeficiente de infiltración (R) (L/m²/día).

Haciendo uso de la tabla 2-17, hallamos un coeficiente de infiltración igual a 60 L/m²/día. Valor, que es el resultado para una tasa de infiltración de 4,16 min/cm.

Como la Norma Mexicana solo se basa en esta tabla, lo asumiremos por ser el más desfavorable

c. Cálculo del área de absorción

Haciendo uso de la ecuación 2.17, se obtiene que:

$$A = \frac{1 \text{ l/d}}{6 \text{ L/m}^2\text{-d}}$$

$$A = 25\text{m}^2$$

d. Longitud de zanjas

Asumiendo un ancho de zanja de 50 cm, tenemos que:

$$L = \frac{2 \text{ m}^2}{0.5 \text{ m}}$$

$$L = 50\text{m}$$

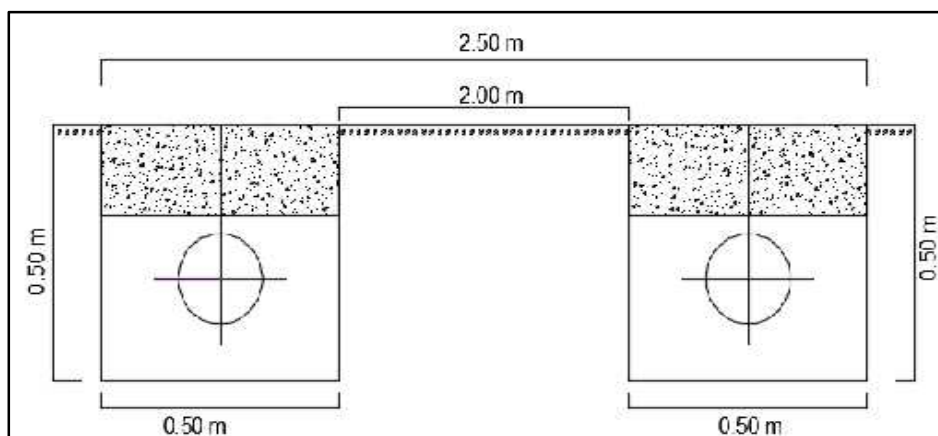
Como la longitud máxima permitida es igual a 30m, distribuimos el área efectiva en dos zanjas, entonces, tenemos una longitud de 25 m por zanja; se asume una distancia de centro a centro entre tuberías de mínimo 2 m y una profundidad total de la zanja de 60cm.

e. Área de terreno requerida:

$$A = d \cdot t + r = 25.00\text{m} * (2.0 + 0.60\text{m})$$

$$A = d \cdot t + r = 65\text{m}^2$$

f. Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según normas de México y El Salvador (Figura 3-4).

Figura 3-4. Dimensión de las zanjas:

Fuente: elaboración propia programa AutoCAD 2016

3.13. CÁLCULO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN NORMA TÉCNICA

I.S._020 DEL PERÚ

- a. Se calculó el caudal de agua residual generado por la cantidad de habitantes según la ecuación (2.8):

$$Q = 250L/d - ha * N \quad d \text{ hal}$$

$$Q = 250 \frac{L}{d-na} * 6ha$$

$$Q = 1500L/d$$

- b. Coeficiente de infiltración (R) (L/m²/día).

Mediante la figura 4 y a partir de la tasa de infiltración conocida 4 min/cm, se obtiene un coeficiente igual a 66 L/m²/día

- c. Área de absorción

Haciendo uso de la ecuación 2.18, se obtiene que:

$$A = \frac{1}{6} \frac{L/d}{L/m^2-d}$$

$$A = 22.7273m^2 \approx 23m$$

d. Longitud de zanjas

Asumiendo un ancho de zanja de 50 cm, tenemos que:

$$L = \frac{2.7 \text{ m}^2}{0.5 \text{ m}}$$

$$L = 47.4546m \approx 48m$$

Como la longitud máxima permitida es igual a 30m, distribuimos el área efectiva en dos zanjas, entonces, tenemos una longitud de 24 m por zanja; y una distancia de centro a centro entre tuberías de mínimo 2 m. Se recomienda que el ancho de la zanja sea como mínimo de 40cm y la profundidad mínima de 60cm.

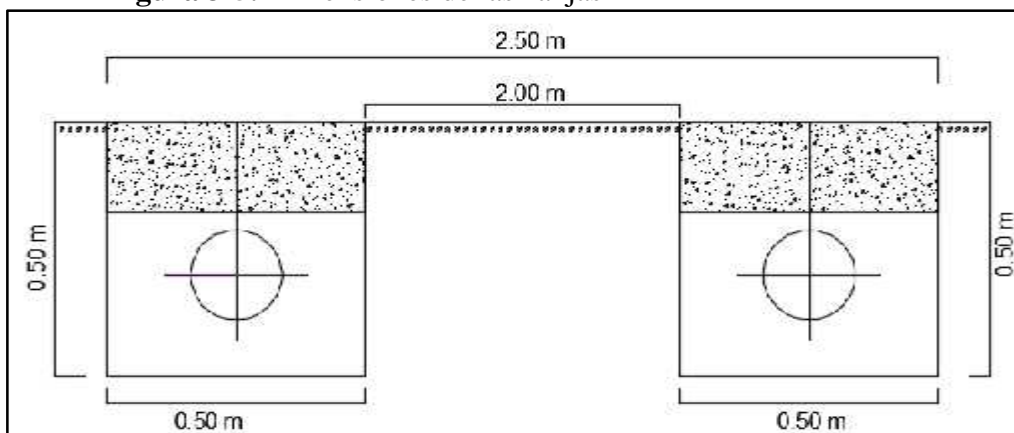
e. Área de terreno requerida

$$A_{dtr} = 24.00m * (2.0m + 0.60m)$$

$$A_{dtr} = 62.40m^2 \approx 63m^2$$

f. Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica I.S._020 del PERÚ (figura 3-5).

Figura 3-5. Dimensiones de las zanjas



Fuente: elaboración propia programa AutoCAD 2016

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. INFILTRACIÓN DE ACUERDO A LOS TIPOS DE SUELOS

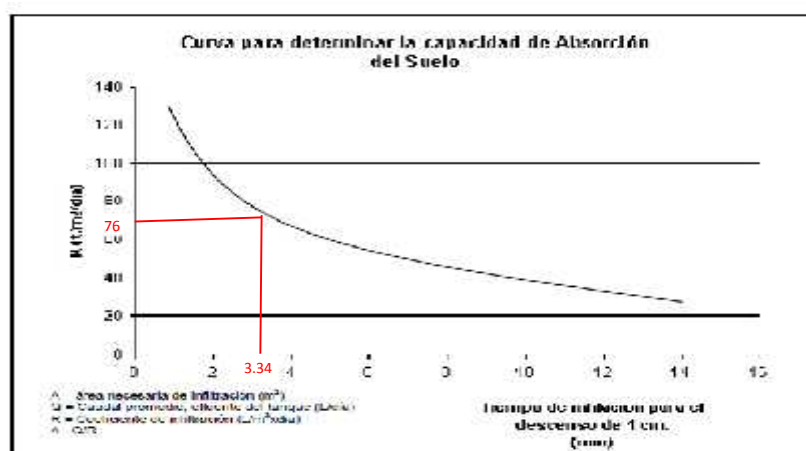
4.1.1. Tasa de infiltración del suelo pozo 1

Tabla 4-1. Tasa de infiltración del suelo pozo 1

POZO 1, CENTRO POBLADO UCHUBAMBA	
TASA DE INFILTRACIÓN (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN R (L/m ² /día)
3.34	76

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Figura 4-1. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración Pozo 1



Fuente: elaboración propia, Graficado Microsoft Word 2016.

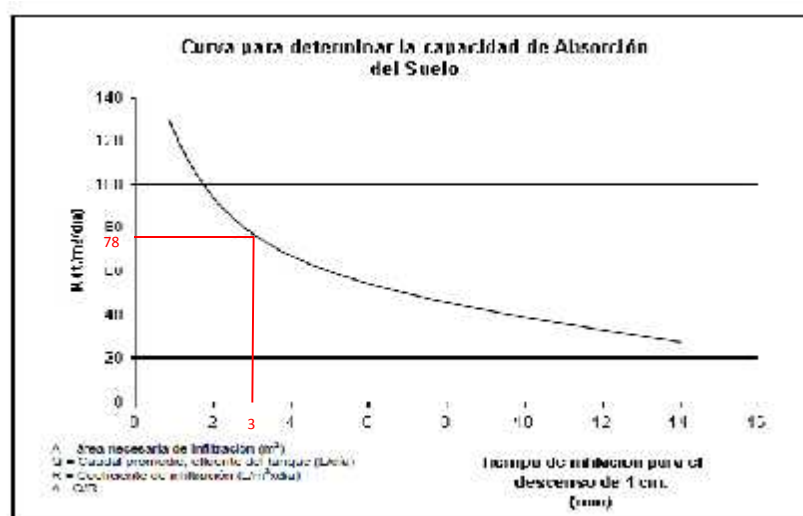
4.1.2. Tasa de infiltración del suelo pozo 2

Tabla 4-2. Tasa de infiltración del suelo pozo 2

POZO 2, CENTRO POBLADO UCHUBAMBA	
TASA DE INFILTRACIÓN (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN R (L/m ² /día)
3.00	78

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Figura 4-2. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración De Pozo 2



Fuente: elaboración propia, Graficado Microsoft Word 2016.

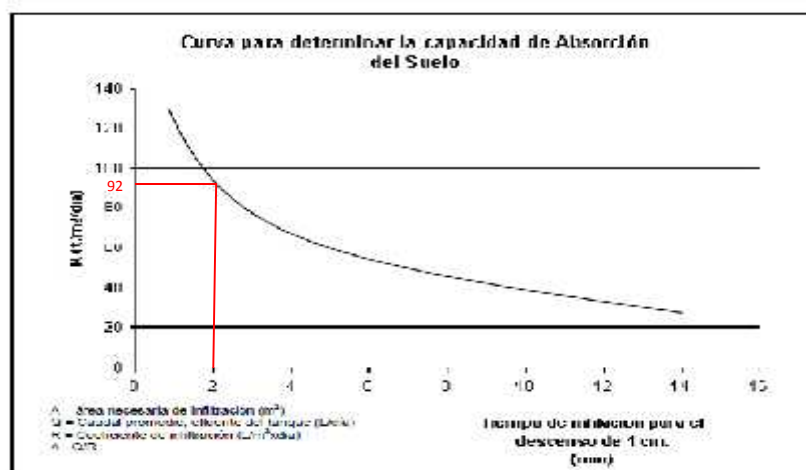
4.1.3. Tasa de infiltración del suelo pozo 3.

Tabla 4-3. Tasa de infiltración del suelo pozo 3

POZO 3, CENTRO POBLADO UCHUBAMBA	
TASA DE INFILTRACIÓN (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN R (L/m ² /día)
2.00	92

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Figura 4-3. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración De Pozo 3



Fuente: elaboración propia, Graficado Microsoft Word 2016.

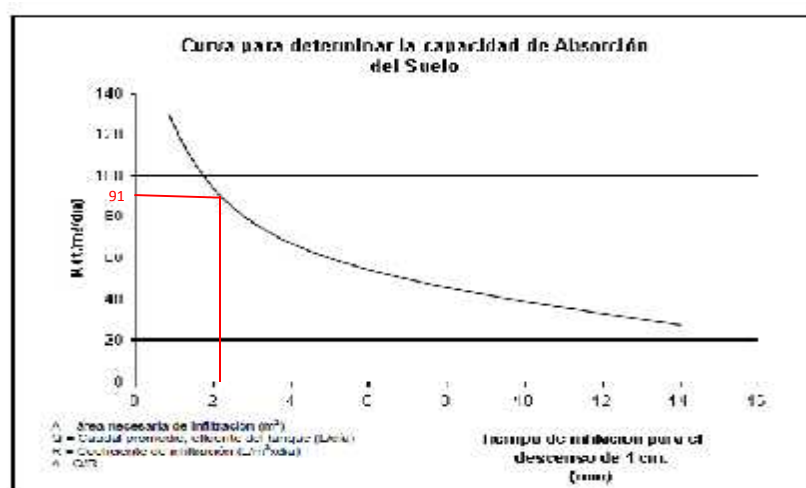
4.1.4. Tasa de infiltración del suelo pozo 4

Tabla 4-4. Tasa de infiltración del suelo pozo 4

POZO 4, CENTRO POBLADO UCHUBAMBA	
TASA DE INFILTRACIÓN (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN R (L/m ² /día)
2.14	91

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Figura 4-4. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración De Pozo 4



Fuente: elaboración propia, Graficado Microsoft Word 2016.

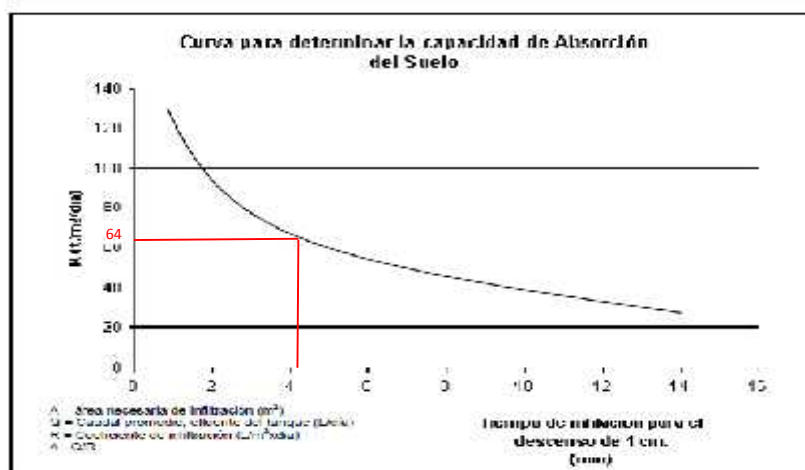
4.1.5. Tasa de infiltración del suelo pozo 5

Tabla 4-5. Tasa de infiltración del suelo Pozo 5

POZO 5, CENTRO POBLADO UCHUBAMBA	
TASA DE INFILTRACIÓN (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN R (L/m ² /día)
4.28	64

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Figura 4-5. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración De Pozo 5



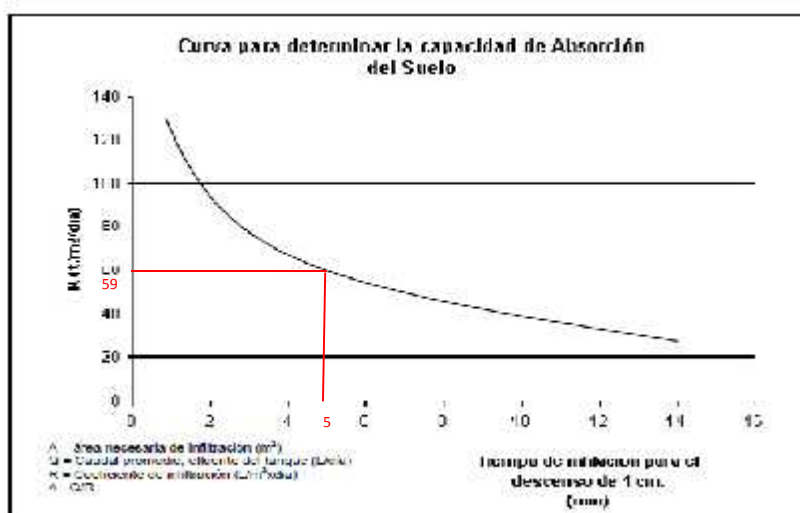
Fuente: elaboración propia, Graficado Microsoft Word 2016.

4.1.6. Tasa de infiltración del suelo pozo 6

Tabla 4-6. Tasa de infiltración del suelo Pozo 6

POZO 6, CENTRO POBLADO UCHUBAMBA	
TASA DE INFILTRACIÓN (min/cm)	COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN R (L/m ² /día)
5.00	60

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Figura 4-6. Curva Para Determinar El Coeficiente De Infiltración De Pozo 6

Fuente: elaboración propia, Graficado Microsoft Word 2016.

4.2. ZANJAS DE INFILTRACIÓN, CON EL MÉTODO POR GRAVEDAD PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

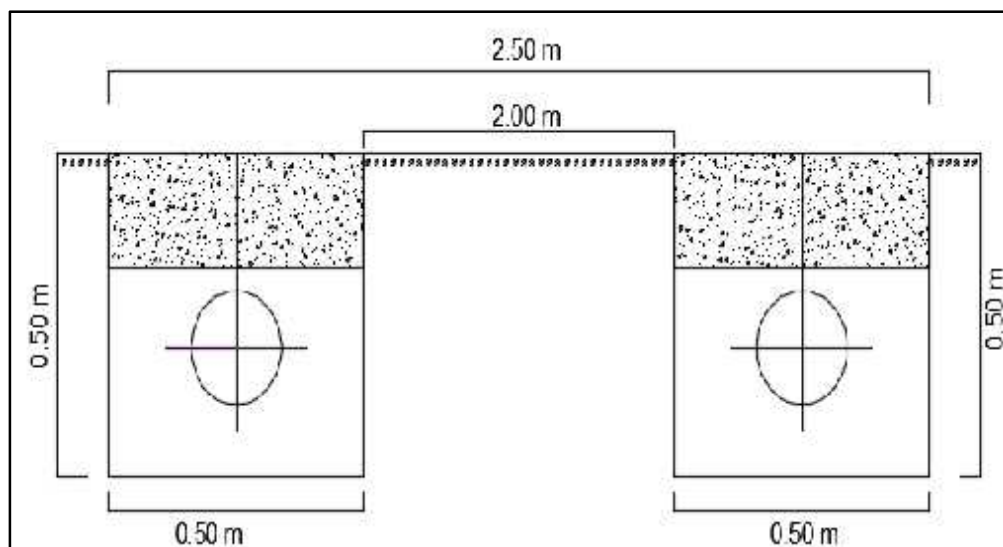
4.2.1. Zanja de infiltración 1 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

Tabla 4-7. Zanja de infiltración 1.

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 1 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL L/d	TASA DE INFILTRACIÓN L/d	ÁREA DE ABSORCIÓN m ²	LONGITUD DE ZANJAS (/ 2) m	ÁREA DE TERRENO REQUERIDA m ²	ANCHO DE ZANJA m	PROFUNDIDAD DE ZANJA m
1	1250	76	16.45	33	43	0.50	0.60

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica i.s._020 del Perú (figura 4-7).

Figura 4-7. Dimensiones de las zanjas

Fuente: Elaboración Propia, Programa AutoCAD 2016

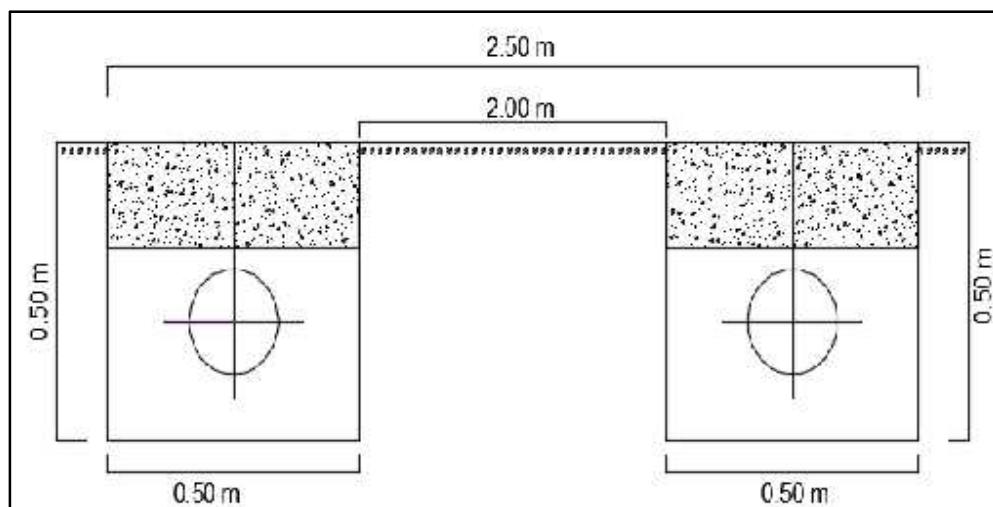
4.2.2. Zanja de infiltración 2 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

Tabla 4-8. Zanja de infiltración 2

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 2 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL L/d	TASA DE INFILTRACIÓN L/d	ÁREA DE ABSORCIÓN m ²	LONGITUD DE ZANJAS (/ 2) m	ÁREA DE TERRENO REQUERIDA m ²	ANCHO DE ZANJA m	PROFUNDIDAD DE ZANJA m
2	1250	92	13.59	28	37	0.50	0.60

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica I.S._020 del PERÚ (figura 4-8).

Figura 4-8. Dimensiones de las zanjas

Fuente: Elaboración Propia, Programa AutoCAD 2016

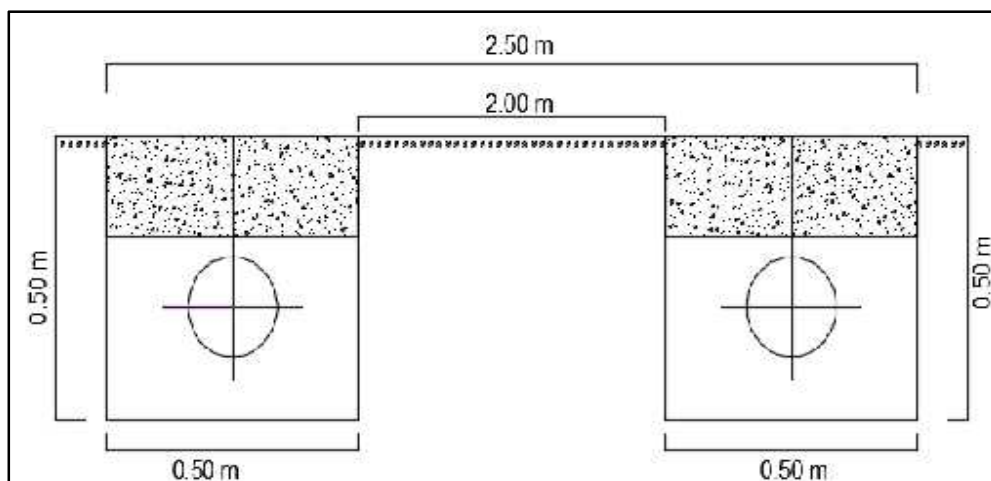
4.2.3. Zanja de infiltración 3 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

Tabla 4-9. Zanja de infiltración 3

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 3 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL L/d	TASA DE INFILTRACIÓN L/d	ÁREA DE ABSORCIÓN m ²	LONGITUD DE ZANJAS (/ 2) m	ÁREA DE TERRENO REQUERIDA m ²	ANCHO DE ZANJA m	PROFUNDIDAD DE ZANJA m
3	1250	92	13.59	28	37	0.50	0.60

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica i.s._020 del Perú (figura 4-9).

Figura 4-9. Dimensiones de las zanjas

Fuente: Elaboración Propia, Programa AutoCAD 2016

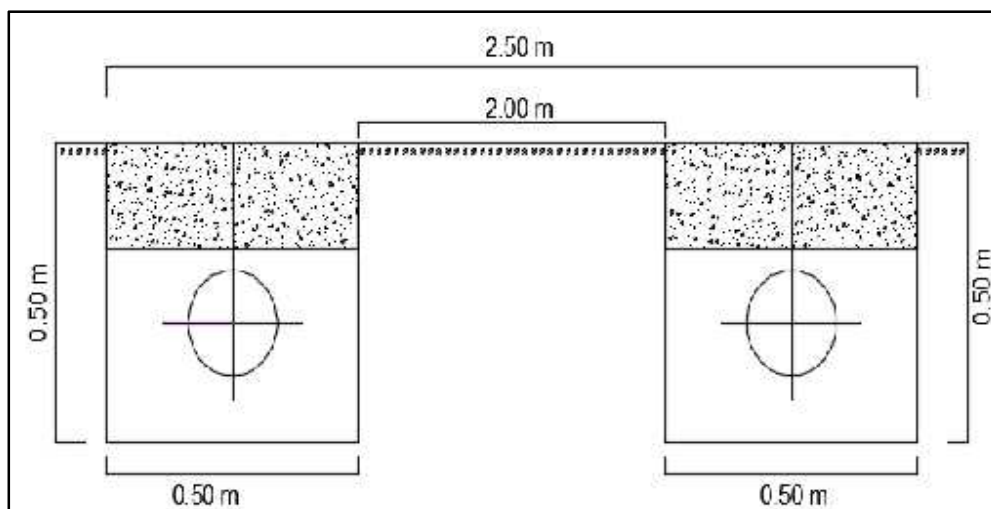
4.2.4. Zanja de infiltración 4 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

Tabla 1-10. Calculo de zanja de infiltración 4

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 4 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL L/d	TASA DE INFILTRACIÓN L/d	ÁREA DE ABSORCIÓN m ²	LONGITUD DE ZANJAS (/2) m	ÁREA DE TERRENO REQUERIDA m ²	ANCHO DE ZANJA m	PROFUNDIDAD DE ZANJA m
4	1250	91	13.74	28	37	0.50	0.60

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica i.s._020 del Perú (figura 4-10).

Figura 4-10. Dimensiones de las zanjas

Fuente: Elaboración Propia, Programa AutoCAD 2016

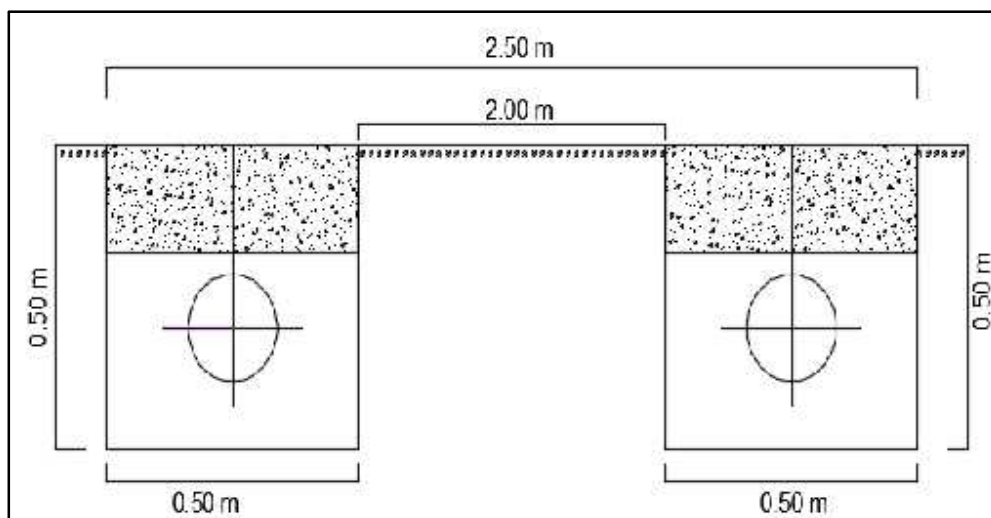
4.2.5. Zanja de infiltración 5 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

Tabla 4-11. Calculo de zanja de infiltración 5

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 5 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL L/d	TASA DE INFILTRACIÓN L/d	ÁREA DE ABSORCIÓN m ²	LONGITUD DE ZANJAS (/ 2) m	ÁREA DE TERRENO REQUERIDA m ²	ANCHO DE ZANJA m	PROFUNDIDAD DE ZANJA m
5	1500	64	23.44	47	61.1	0.50	0.60

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica I.S._020 del PERÚ (figura 4-11).

Figura 4-11. Dimensiones de las zanjas

Fuente: Elaboración Propia, Programa AutoCAD 2016

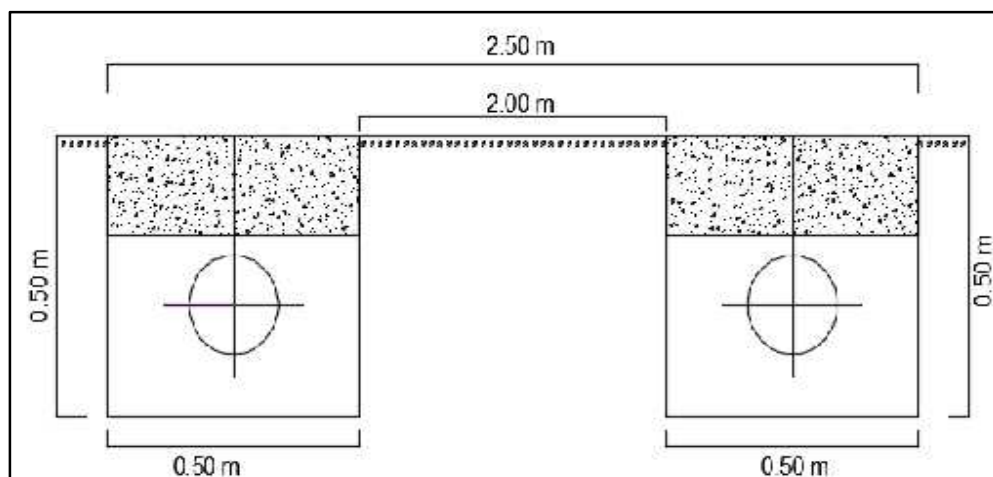
4.2.6. zanja de infiltración 6 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

Tabla 4-12. Calculo de zanja de infiltración 6

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 6 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL L/d	TASA DE INFILTRACIÓN L/d	ÁREA DE ABSORCIÓN m ²	LONGITUD DE ZANJAS (/ 2) m	ÁREA DE TERRENO REQUERIDA m ²	ANCHO DE ZANJA m	PROFUNDIDAD DE ZANJA m
6	1500	60	25	50	65	0.50	0.60

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Dimensión de las zanjas: En la figura se muestra las dimensiones obtenidas y los componentes del sistema del Cálculo de zanjas de infiltración según norma técnica I.S._020 del PERÚ (figura 4-12).

Figura 4-12. Dimensiones de las zanjas

Fuente: Elaboración Propia, Programa AutoCAD 2016

4.2.7. resumen de zanja de infiltración 1 - 6 según norma técnica I.S._020 del PERÚ

Tabla 4-13. Calculo de zanja de infiltración 1 al 6

CALCULO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN 1- 6 SEGÚN NORMA TÉCNICA I.S._020 DEL PERÚ							
POZO N°	CALCULO DEL AGUA RESIDUAL L/d	TASA DE INFILTRACIÓN L/d	ÁREA DE ABSORCIÓN m ²	LONGITUD DE ZANJAS (/2) m	ÁREA DE TERRENO REQUERIDA m ²	ANCHO DE ZANJA m	PROFUNDIDAD DE ZANJA m
1	1250	76	16.45	33	43	0.50	0.60
2	1250	92	13.59	28	37	0.50	0.60
3	1250	92	13.59	28	37	0.50	0.60
4	1250	91	13.74	28	37	0.50	0.60
5	1500	64	23.44	47	61.1	0.50	0.60
6	1500	60	25	50	65	0.50	0.60

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

4.3. GRADO DE INFILTRACIÓN CON INFILTRÓMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN.

4.3.1. capacidad de infiltración pozo 1

Tabla 4-14.test de percolación pozo 1

RESULTADO DE TEST DE PERCOLACIÓN			
MUESTRAS	H (cm)	T. Acumulado	T. Parcial
1	03	10´	10´
2	06	20´	10´
3	09	30´	10´

SUMA T. PARCIAL/ # DE MUESTRAS 3.34

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

SISTEMA	tasa de infiltración (min/pulg)	tasa de infiltración (min/cm)	Fuente
(pozos de absorción o pozo percolador)	< 30	< 12	Norma Técnica IS.020 Art. 17

4.3.2. capacidad de infiltración pozo 2

Tabla 4-15.test de percolación pozo 2

RESULTADO DE TEST DE PERCOLACIÓN			
MUESTRAS	H (cm)	T. Acumulado	T. Parcial
1	03	10´	10´
2	5	20´	10´
3	10	30´	10´

SUMA T. PARCIAL/ # DE MUESTRAS 3.00

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

SISTEMA	tasa de infiltración (min/pulg)	tasa de infiltración (min/cm)	Fuente
(pozos de absorción o pozo percolador)	< 30	< 12	Norma Técnica IS.020 Art. 17

4.3.3. capacidad de infiltración pozo 3

Tabla 4-16.test de percolación pozo 3

RESULTADO DE TEST DE PERCOLACIÓN			
MUESTRAS	H (cm)	T. Acumulado	T. Parcial
1	05	10´	10´
2	09	20´	10´
3	15	30´	10´

SUMA T. PARCIAL/ # DE MUESTRAS 2.00

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

SISTEMA	tasa de infiltración (min/pulg)	tasa de infiltración (min/cm)	Fuente
(pozos de absorción o pozo percolador)	< 30	< 12	Norma Técnica IS.020 Art. 17

4.3.4. capacidad de infiltración pozo 4

Tabla 4-17.test de percolación pozo 4

RESULTADO DE TEST DE PERCOLACIÓN			
MUESTRAS	H (cm)	T. Acumulado	T. Parcial
1	04	10´	10´
2	09	20´	10´
3	14	30´	10´

SUMA T. PARCIAL/ # DE MUESTRAS 2.14

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

SISTEMA	tasa de infiltración (min/pulg)	tasa de infiltración (min/cm)	Fuente
(pozos de absorción o pozo percolador)	< 30	< 12	Norma Técnica IS.020 Art. 17

4.3.5. capacidad de infiltración pozo 5

Tabla 4-18.test de percolación pozo 5

RESULTADO DE TEST DE PERCOLACIÓN			
MUESTRAS	H (cm)	T. Acumulado	T. Parcial
1	02	10´	10´
2	05	20´	10´
3	07	30´	10´

SUMA T. PARCIAL/ # DE MUESTRAS 4.28

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

SISTEMA	tasa de infiltración (min/pulg)	tasa de infiltración (min/cm)	Fuente
(pozos de absorción o pozo percolador)	< 30	< 12	Norma Técnica IS.020 Art. 17

4.3.6. capacidad de infiltración pozo 6

Tabla 4-19.test de percolación pozo 6

RESULTADO DE TEST DE PERCOLACIÓN			
MUESTRAS	H (cm)	T. Acumulado	T. Parcial
1	02	10´	10´
2	04	20´	10´
3	06	30´	10´

SUMA T. PARCIAL/ # DE MUESTRAS 5.0

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

SISTEMA	tasa de infiltración (min/pulg)	tasa de infiltración (min/cm)	Fuente
(pozos de absorción o pozo percolador)	< 30	< 12	Norma Técnica IS.020 Art. 17

Tabla 4-20. Resumen de resultados de los métodos aplicados. (Datos de tés de percolación Pozo 5 Uchubamba).

PARÁMETROS	UNIDADES	GACETA OFICIAL VENEZOLANA 4.044	GUÍA TÉCNICA. TANQUES SÉPTICOS. COSTA RICA	NORMAS: EL SALVADOR Y MÉXICO	CEPIS (PERÚ)
Gasto de aguas por día que recibirá el suelo (Q)	L/d	1500	1500	1500	1500
Coefficiente de Infiltración (R)	L/m ² /d	--	--	60	66
Área de Infiltración Requerida (Ai)	m ²	23,40	25.00	25	23
Factor de Precipitación (Fp)		--	2.5	--	--
Revestimiento superior (rc)		--	0	--	--
Ancho de zanja (W)	cm	50	50	50	50
Distancia de grava bajo el tubo (D)	cm	--	15	--	--
Perímetro efectivo	m	--	0,6308	--	--
Longitud total de las zanjas (Lz)	m	47	40	50	48
Número de zanjas		2	2	2	2
Longitud de cada zanja	m	23.50	25	25	24
Ancho requerido por la superficie total del campo de infiltración (Ls)	m	2,40	3,10	2,50	2,50
Separación a centros entre zanjas (S)	m	1,80	2,50	2,00	2,0 0
Área de terreno requerido (A'c)	m ²	48	62	65	63

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

La guía técnica del Ingeniero Elías Rosales Escalante, también considera el perímetro efectivo de la zanja para el cálculo de su longitud, tomando en cuenta la profundidad por debajo de la tubería y el ancho de la misma, los cuales son asumidos. Esto, en conjunto con los factores de seguridad, dio como resultado una separación centro a centro de zanjas superior a lo obtenido con los otros métodos.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. INFILTRACIÓN DE ACUERDO A LOS TIPOS DE SUELOS.

5.1.1. Infiltración en el suelo pozo 1.

El tipo de suelo encontrado es (A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i=3.34$ min/cm, (tabla 4-1), y un coeficiente de infiltración 76 R ($l/m^2/día$), (figura4-1) con esto se determina que el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de saneamiento. Ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de rápido (Tabla 2-4).

5.1.2. Infiltración en el suelo pozo 2.

El tipo de suelo encontrado es (A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i=3.00$ min/cm, (tabla 4-2) y un coeficiente de infiltración 78 R ($l/m^2/día$), (figura4-2), con esto se determina que el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de

saneamiento. Ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de rápido (Tabla 2-4).

5.1.3. Infiltración en el suelo pozo 3.

El tipo de suelo encontrado es (A-1) fragmentos de roca, grava y arena. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i=2.00$ min/cm, (tabla 4-3), y un coeficiente de infiltración 92 R ($l/m^2/día$), (figura4-3) con esto se determina que el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de saneamiento. Ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de rápido (Tabla 2-4).

5.1.4. Infiltración en el suelo pozo 4.

El tipo de suelo encontrado es (A-1) fragmentos de roca, grava y arena. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i=2.14$ min/cm, (tabla 4-4), y un coeficiente de infiltración 91 R ($l/m^2/día$), (figura4-4) con esto se determina que el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de saneamiento. Ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de rápido (Tabla 2-4).

5.1.5. Infiltración en el suelo pozo 5.

El tipo de suelo encontrado es (A-4) limosos, arenosos. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i=4.28$ min/cm, (tabla 4-5) y un coeficiente de infiltración 64 R ($l/m^2/día$), (figura4-5), con esto se determina que el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de saneamiento. Ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de moderado (Tabla 2-4).

5.1.6. Infiltración en el suelo pozo 6.

El tipo de suelo encontrado es (A-4) limosos, arenosos. Este tipo de suelo dio como resultado a las pruebas de infiltración: $T_i=5.00$ min/cm, (tabla 4-6) y un coeficiente de infiltración 60 R ($l/m^2/día$), (figura4-6), con esto se determina que el suelo es favorable para realizar la construcción de una zanja de infiltración, no existirá saturación con el caudal de agua proveniente de la unidad básica de saneamiento. Ya que el tiempo de infiltración está considerada dentro del rango de moderado (Tabla 2-4).

Tabla 5-1: Resumen del tipo de suelo y velocidad de infiltración

POZO	SUELO	V. INFILTR.
Pozo 1; Centro Poblado Uchubamba	(A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas.	: $T_i=3.34$ min/cm
Pozo 2; Centro Poblado Uchubamba	(A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas.	: $T_i=3.00$ min/cm
Pozo 3; Centro Poblado Uchubamba	(A-1) fragmentos de roca, grava y arena	: $T_i=2.00$ min/cm
Pozo 4; Centro Poblado Uchubamba	(A-1) limo grava y arenas	: $T_i=2.14$ min/cm
Pozo 5; Centro Poblado Uchubamba	(A-4) limosos, arenosos	: $T_i=4.28$ min/cm
Pozo 6; Centro Poblado Uchubamba	(A-4) limosos, arenosos	: $T_i=5.00$ min/cm

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Nota.: velocidad de infiltración para suelos limo arenoso grava en las zanjas de infiltración del Centro Poblado Uchubamba.

5.2. ZANJAS DE INFILTRACIÓN, CON EL MÉTODO POR GRAVEDAD PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.

5.2.1. Zanja de infiltración 1 según norma técnica I.S. _020 del PERÚ:

El Dimensionamiento de las zanjas de infiltración para un tiempo de infiltración de 3.34min/cm, y un coeficiente de infiltración (R) de 76 $L/m^2/día$, será: ancho 0.50 m, profundidad 0.60m, longitud de zanja de 33ml, (tabla 4-7).

5.2.2. Zanja de infiltración 2 según norma técnica I.S._020 del PERÚ:

El Dimensionamiento de las zanjas de infiltración para un tiempo de infiltración de 3.00min/cm, y un coeficiente de infiltración (R) de 78 L/m²/día, será: ancho 0.50 m, profundidad 0.60m, longitud de zanja de 28ml, (tabla 4-8).

5.2.3. Zanja de infiltración 3 según norma técnica I.S._020 del PERÚ:

El Dimensionamiento de las zanjas de infiltración para un tiempo de infiltración de 2.00min/cm, y un coeficiente de infiltración (R) de 92 L/m²/día, será: ancho 0.50 m, profundidad 0.60m, longitud de zanja de 28ml, (tabla 4-9).

5.2.4. Zanja de infiltración 4 según norma técnica I.S._020 del PERÚ:

El Dimensionamiento de las zanjas de infiltración para un tiempo de infiltración de 2.14min/cm, y un coeficiente de infiltración (R) de 91 L/m²/día, será: ancho 0.50 m, profundidad 0.60m, longitud de zanja de 28ml, (tabla 4-10).

5.2.5. Zanja de infiltración 5 según norma técnica I.S._020 del PERÚ:

El Dimensionamiento de las zanjas de infiltración para un tiempo de infiltración de 4.28min/cm, y un coeficiente de infiltración (R) de 64 L/m²/día, será: ancho 0.50 m, profundidad 0.60m, longitud de zanja de 47ml, (tabla 4-11).

5.2.6. zanja de infiltración 6 según norma técnica I.S._020 del PERÚ:

El Dimensionamiento de las zanjas de infiltración para un tiempo de infiltración de 5.00min/cm, y un coeficiente de infiltración (R) de 60 L/m²/día, será: ancho 0.50 m, profundidad 0.60m, longitud de zanja de 50ml, (tabla 4-12).

La profundidad de las zanjas se determinará de acuerdo con la elevación del nivel freático y la tasa de percolación. La profundidad mínima de las zanjas será de 0,60 m, procurando mantener una separación mínima de 2 m entre el fondo de la zanja y el nivel freático.

El ancho de las zanjas estará en función de la capacidad de percolación de los terrenos y podrá variar entre un mínimo de 0,40 m y un máximo de 0,9 m.

La longitud de las zanjas se determinará de acuerdo con la tasa de percolación y el ancho de las zanjas.

La longitud máxima de cada línea de drenes será de 30 m. Todas las líneas de drenaje en lo posible serán de igual longitud.

Todo campo de absorción tendrá como mínimo dos líneas de drenes. El espaciamiento entre los ejes de cada zanja tendrá un valor mínimo de 2 metros.

5.3. GRADO DE INFILTRACIÓN CON INFILTRÓMETROS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN.

Para determinar los tiempos de infiltración para cada tipo de terreno existente en el centro poblado de Uchubamba. Se realizaron pruebas de infiltración siguiendo los pasos: (Tabla 5-2).

- Realizar la excavación de los pozos de 1.50m a 2.00 m
- Realizar una excavación pequeña dentro el pozo de 0.30m
- En los últimos 5.00 cm se rellena de arena gruesa
- Llenar de agua durante 4 horas la excavación pequeña
- Preparar una regla graduada cada 1 cm
- Preparar cuadros y anotar resultados obtenidos

5.3.1. capacidad de infiltración pozo 1

El ensayo de percolación se realizó una vez saturado el pozo de prueba, estos se tomaron con un intervalo de 10 minutos (tres muestras), tomando las medidas de la altura de infiltración con una regla graduada al centímetro, anotando los resultados obtenidos (tabla 4-14).

5.3.2. capacidad de infiltración pozo 2

El ensayo de percolación se realizó una vez saturado el pozo de prueba, estos se tomaron con un intervalo de 10 minutos (tres muestras), tomando las medidas de la

altura de infiltración con una regla graduada al centímetro, anotando los resultados obtenidos (tabla 4-15).

5.3.3. capacidad de infiltración pozo 3

El ensayo de percolación se realizó una vez saturado el pozo de prueba, estos se tomaron con un intervalo de 10 minutos (tres muestras), tomando las medidas de la altura de infiltración con una regla graduada al centímetro, anotando los resultados obtenidos (tabla 4-16).

5.3.4. capacidad de infiltración pozo 4

El ensayo de percolación se realizó una vez saturado el pozo de prueba, estos se tomaron con un intervalo de 10 minutos (tres muestras), tomando las medidas de la altura de infiltración con una regla graduada al centímetro, anotando los resultados obtenidos (tabla 4-17).

5.3.5. capacidad de infiltración pozo 5

El ensayo de percolación se realizó una vez saturado el pozo de prueba, estos se tomaron con un intervalo de 10 minutos (tres muestras), tomando las medidas de la altura de infiltración con una regla graduada al centímetro, anotando los resultados obtenidos (tabla 4-18).

5.3.6. capacidad de infiltración pozo 6

El ensayo de percolación se realizó una vez saturado el pozo de prueba, estos se tomaron con un intervalo de 10 minutos (tres muestras), tomando las medidas de la altura de infiltración con una regla graduada al centímetro, anotando los resultados obtenidos (tabla 4-19).

Tabla 5-2. velocidad de infiltración de las 6 muestras

VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN	
CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN	TASA DE INFILTRACIÓN min/cm
POZO 1	3.34
POZO 2	3
POZO 3	2
POZO 4	2.14
POZO 5	4.28
POZO 6	5

Fuente: elaboración propia programa Microsoft Word 2016.

Figura 5-1. velocidad de infiltración.

Se observa la variación del tiempo de infiltración en los suelos (6 pozos de muestra)

CONCLUSIONES

1. La influencia del dimensionamiento de las zanjas de infiltración es positivo puesto que permitirá eliminar la contaminación provocada por las aguas residuales domésticas, con un sistema de infiltración en el sub suelo evitando así que la población vierte directamente sus aguas residuales sin tratamiento a los ríos, lagos, quebradas o, las emplean para el riego de cultivos.
2. La longitud de zanja de infiltración para la muestra 6 es de 50 metros lineales la cual guarda relación con el tipo de suelo (A-4, limosos, arenosos) estos suelos tardan mayor tiempo de infiltración ($T_i=5.00$ min/cm) por lo que requiere mayor área para infiltrar las aguas residuales domésticas, provenientes del tanque séptico u otro sistema de tratamiento previo.
3. De las muestras investigadas en el centro poblado Uchubamba se encontraron varios tipos de suelo: (A-2-4) gravas y arenas arcillas limosas, (A-1) limo grava y arenas, (A-4) limosos, arenosos los cuales difieren en el tiempo de infiltración, dato indispensable para el dimensionamiento de las zanjas de infiltración por el método por gravedad según norma técnica I.S._020 del PERÚ.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la instalación de este sistema de zanjas de infiltración en todas las viviendas del centro poblado Uchubamba, evitando así que la población vierta directamente sus aguas residuales sin tratamiento a los ríos, lagos, quebradas o, las emplean para el riego de cultivos.
2. Es recomendable, hacer un estudio de suelo completo, para conocer su comportamiento, y saber si realmente este suelo es apto para la colocación de un sistema de zanjas de infiltración para la disposición final de las aguas residuales domésticas.
3. Se recomienda que la población evite verter grasas y/o aceites en los tanques sépticos para evitar que estas grasas el salir con las aguas residuales hacia las zanjas de infiltración estas formen una capa impermeabilizante sobre el terreno provocando la falla del sistema de infiltración en los suelos.
4. Se recomienda la realización de varios pozos para las pruebas de percolación ya que los suelos son indistintos en superficie pequeña por la cual varia su perfil estratigráfico y tipo del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. BIBLIOGRAFÍA

1. CRITES R., TCHOBANOGLIOUS G. “Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas poblaciones”. Editorial McGraw-Hill. Bogotá, Colombia. (2000).
2. CARP/CTMFM. “Difusión y capacitación para el uso de ecotecnologías aplicadas al tratamiento de efluentes domiciliarios in situ”. FREPLATA Editores. Buenos Aires, Argentina (2004).
3. METCALF & EDDY. “Ingeniería de Aguas Residuales: tratamiento, vertido y reutilización”. Vols. I y II. 1era Ed. Editorial McGraw-Hill (1995).
4. norma técnica I.S._020 del PERÚ. “Especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración”. Lima, Perú. (2003).
5. ROSALES E., E. “Tanques Sépticos: conceptos teóricos base y aplicaciones” Cartago, Costa Rica. (2003).
6. AyA. “Normas de presentación, diseño y construcción para urbanizaciones y fraccionamientos”. Costa Rica.
7. ing. Elías Rosales Escalante ¿cómo realizar pruebas de infiltración?
8. Montserrat Folch, Miguel Salgot y François Brissaud (2009). “la infiltración-percolación como sistema de depuración avanzada de aguas residuales por zona vadosa”
9. Natalia a. Pastrán c, Rafael Millán r. metodología para el dimensionamiento de zanjas de infiltración para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

10. Dunner Solari, Ignacio Alberto (2004) “evaluación integral de plantas de tratamiento de aguas servidas y alternativas de tratamiento en localidades rurales concentradas aplicaciones en las regiones r.m. y vii”.
11. Dr. Rafael f. Dávila. sistemas sépticos para aguas usadas residenciales (1992)
12. Ing. Geólogo Líber Galván rodríguez, (2009) “el tratamiento descentralizado de aguas residuales domésticas como alternativa sostenible para el saneamiento periurbano en cuba”
13. Enrique Fernández Escalante (2010) “especificaciones técnicas para el diseño de zanjas y pozas de infiltración”
14. Dirección General de Recursos Hídricos (2011) “instrucciones técnicas del saneamiento autónomo”.

B. PAGINAS WEB

1. <http://www.cfia.or.cr/descargas/infiltracion.pdf>
2. <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-1sas.htm>
3. <http://es.scribd.com/doc/16570626/PERCOLACION>
4. <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/SANBASUR-LETRINAS.pdf>
5. <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1070/1/99554.pdf>
6. http://www.bvsde.opsoms.org/tecapro/documentos/sanea/etZanjas_pozas_infiltra.pdf
7. http://www.rcnegociossac.com/pdf/Norma_Tecnica_I.S._020.pdf
8. https://acaweb.gencat.cat/aca/documents/es/sollicituds/instruccio_tecnica_sanejament_autonom.pdf
9. <https://prezi.com/hom-x9c2qry5/tesis-ruth/>
10. <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/148esp-disenolettrinashumedas.pdf>

ANEXOS

Anexo A. excavación del terreno para la realización de La prueba de infiltración



FIGURA A1. Se muestra en la imagen la limpieza y excavación del terreno en un área aproximado de 1 m², para la realización de la prueba de infiltración.

Anexo B. excavación del agujero para la realización de La prueba de infiltración



FIGURA A2. Se muestra en la imagen la excavación del terreno de un agujero de 0.30 cm de profundidad y 0.30 cm de diámetro para La prueba de infiltración.

Anexo C. vista del agujero terminado para la realización de La prueba de infiltración



FIGURA A3. Se muestra en la imagen el agujero de 0.30 cm de profundidad y 0.30 cm de diámetro para La prueba de infiltración.

Anexo D. vista del llenado de agua del agujero en su totalidad para la realización de La prueba de infiltración



FIGURA A4. Se muestra en la imagen el llenado de agua en el agujero de para La prueba de infiltración.

Anexo E. vista de la medida de la profundidad del hoyo con un flexómetro



FIGURA A5. Se muestra en la imagen la medida de la profundidad del hoyo para proceder llenar este de agua y realizar la prueba de infiltración.

Anexo F. toma de muestra del suelo



FIGURA A6. Se muestra en la imagen la toma de muestra del tipo de suelo de la calicata N° 3, para el análisis respectivo.

Anexo G. Pozo percolador saturado simulando precipitaciones pluviales.



Figura A8. Se muestra en la figura el pozo de percolación excavado listo para realizar las pruebas de test de percolación previamente saturado durante la noche, para obtener datos que simulen y sean compensables aun en tiempos de precipitaciones pluviales.

Anexo H. procedimiento realizado para los test de percolación.

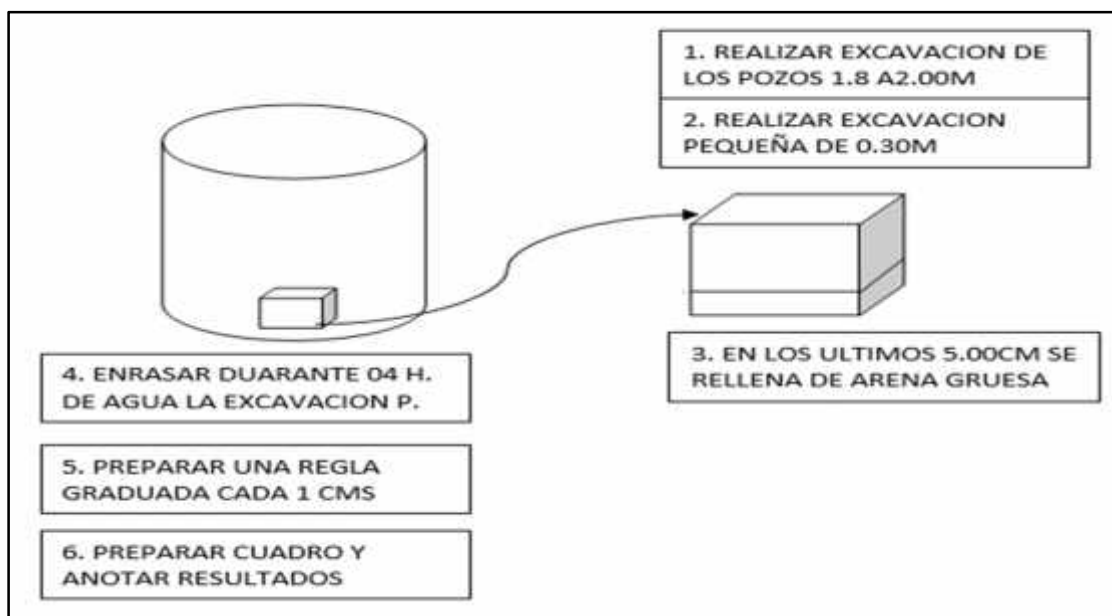


Figura A9. Se muestra en la figura procedimiento y pasos a seguir el ensayo realizado para los test de percolación en campo.

Nomenclatura para el sistema de clasificación de suelos AASHTO

CLASIFICACION GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) hasta el 35 %							SUELOS ARCILLOSO - LIMOSO Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) más del 35 %			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
CLASIFICACION POR GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Ensayo de tamizado por vía húmeda. Porcentaje que pasa por:											
Tamiz IRAM de 2 mm. N° 10	Máx 50										
Tamiz IRAM de 425 micrómetros. N° 40	Máx 30	Máx 50	Mín 51								
Tamiz IRAM de 75 micrómetros N° 200	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Mín 35	Mín 35	Mín 35	Mín 35
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros N° 40											
Límite Líquido (L) (%)	-	-	-	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41
Índice de Plasticidad I _p (%)	Máximo 6		No plástico	Máx 10	Máx 10	Mín 11	Mín 11	Máx 10	Máx 10	Mín 11	Mín 11
Índice de Grupo IG	0	0	0	0	0	Máx 4	Máx 4	Máx 8	Máx 12	Máx 16	Máx 20
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas limosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno						Regular a pobre				

Fuente: BOWLES. Joseph E. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. Editorial McGraw Hill. II edición. 1981. Pág. 72.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

INFLUENCIA DEL DIMENSIONAMIENTO DE ZANJAS DE INFILTRACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DEL CENTRO POBLADO UCHUBAMBA DISTRITO MASMA - JAUJA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>¿Cómo influye el dimensionamiento de zanjias de infiltración, para el tratamiento de aguas residuales domesticas en el centro poblado de Uchubamba Distrito Masma - Jauja?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>- ¿Cuál es la relación de la capacidad de infiltración con el tipo de suelo del centro poblado Uchubamba distrito de Masma - Jauja?</p> <p>- ¿Cómo influye el uso del método por gravedad, para la evacuación de aguas residuales domesticas del centro poblado Uchubamba distrito de Masma – Jauja?</p>	<p>Determinar la influencia del dimensionamiento de zanjias de infiltración, para el Tratamiento de aguas residuales domésticas, en el Centro Poblado Uchubamba, Distrito Masma -Jauja.</p> <p>OBJETIVO ESPECÍFICOS</p> <p>- Evaluar la capacidad de infiltración de acuerdo al tipo de suelo, del Centro Poblado de Uchubamba, distrito de Masma-Jauja.</p> <p>- Determinar el uso del método por gravedad, para la evacuación de aguas residuales domesticas del centro poblado Uchubamba distrito de Masma – Jauja.</p>	<p>El dimensionamiento de zanjias de infiltración tiene relación directa con la textura y granulometría del suelo del centro poblado Uchubamba Distrito Masma - Jauja, influyendo en la velocidad de infiltración de aguas residuales domésticas.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</p> <p>- La capacidad de infiltración tiene relación directa con el tipo de suelo, influyendo para el dimensionamiento de zanjias de infiltración en el Centro Poblado Uchubamba distrito Masma – Jauja.</p> <p>- Con la evaluación por los métodos de cálculo por gravedad, se optimizará el cálculo y dimensionamiento de zanjias de infiltración para el tratamiento de aguas residuales domésticas.</p>	<p>1.VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>(X): Dimensionamiento de zanjias de Infiltración</p> <p>2.VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>(Y): Capacidad de Infiltración</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Cuantitativa - correlacional</p> <p>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Para el presente estudio se empleara una investigación del tipo aplicada, porque trata de responder a la problemática formulada con el objetivo de encontrar soluciones que puedan aplicarse.</p> <p>POBLACIÓN</p> <p>Centro poblado Uchubamba.</p> <p>La población para la presente investigación son las viviendas del centro poblado Uchubamba las cuales se encuentran en ambas márgenes de la carretera Uchubamba, la cual consta 8 km, en cuyo tramo se encuentran las viviendas, de los cuales se pudo observar que existe viviendas de material rustico y material noble, también se determinó que cada vivienda cuenta con un promedio de entre 5 y 6 personas</p>

				<p>MUESTRA</p> <p>La muestra para la siguiente investigación es no probabilística ya que se tomaron las viviendas ubicadas a lo largo de 2 km desde la progresiva 60 + 120 hasta la progresiva 62 + 980 donde se contabilizo 24 viviendas, de las cuales se tomaron 6 viviendas en forma arbitraria para las pruebas pertinentes de la investigación</p> <p>TÉCNICAS</p> <p>observación insitu, la entrevista, levantamiento topográfico, fichas de observación, elaboración de calicatas, evaluación de la columna estratigráfica del suelo , pruebas de infiltración, toma de tiempos, aplicación del test de percolación</p> <p>INSTRUMENTOS</p> <p>-Ficha de tés de percolación -Cálculo de diseño de zanjas de infiltración</p>
--	--	--	--	--

Autor.

Bach. Julián Máximo, Capcha Piñares