

**EVALUACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SÉPTICOS
CASO: CAMPO CASABE**

HAROLD PEDROZO MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
FLORIDABLANCA
2011**

**EVALUACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SÉPTICOS
CASO: CAMPO CASABE**

HAROLD PEDROZO MARTÍNEZ

**Monografía para optar el título de Especialista en
GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES**

ASESORA:

Ing. MSC. NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS.

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
FLORIDABLANCA**

2011

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Agosto de 2011.

AGRADECIMIENTOS

A mis papas y hermana, Que Dios los guarde y quienes me motivaron para resaltar mi labor.

A los compañeros de la especialización, entre ellos Raúl Tavera que con su crítica constructiva me colaboraron para mejorar mi aprendizaje.

A Johana Isabel Rey Valdivieso, Ingeniera ambiental destacada en el desarrollo ambiental del campo y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en la realización de este proyecto.

HAROLD PEDROZO MARTINEZ

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS	14
1.1 General	14
1.2 Específicos	14
1.3 JUSTIFICACION	15
1.4 METODOLOGÍA	16
1.5 ALCANCES	17
2. MARCO TEORICO	18
2.1 SISTEMAS DE PURIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	19
2.1.1 Sistemas de tratamiento biológico	19
2.1.2 Tratamiento anaerobio	20
2.1.3 Humedales artificiales	21
2.2 TRATAMIENTO DE AGUAS A NIVEL DOMICILIARIO	21
2.2.1 Aguas Grises y Negras	22
2.2.2 La Fosa Séptica	23
2.2.3 Sistema Mixto	23
2.2.4 Biodigestores Anaerobios	24
2.3 DEPURACIÓN DE AGUAS	24
2.3.1 Transporte de Aguas Residuales	25
2.4 POZOS SÉPTICOS	26
2.5 CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	27
2.6 FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS	29
2.6.1 Natural	29
2.6.2 Agrícola	29
2.6.3 Industrial	30
2.6.4 Residencial	31

	Pág
2.7 MECANISMOS DE ACCIÓN	32
2.8 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	32
3. IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LOS SISTEMAS SÉPTICOS EN CAMPO CASABE	33
3.1 LOCALIZACIÓN	34
3.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS	36
3.3 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	45
4. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA QUE PERMITE LA EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA SÉPTICO DEL CAMPO CASABE	54
4.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL	55
4.2 TANQUE O POZO SÉPTICO	55
4.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	62
4.4 POSTRATAMIENTOS	63
4.5 CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE SÉPTICO	64
4.5.1 Especificaciones técnicas de los materiales	65
4.6 TANQUE SÉPTICO TIPO CONVENCIONAL DEL CAMPO CASABE	75
4.7 SISTEMA DE POST TRATAMIENTO DE LOS TANQUES SEPTICOS DEL CAMPO CASABE: FILTRO ANAEROBIO	77
4.7.1 Construcción de zanjás de infiltración	81
5. RESULTADOS	85
CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Posibles fuentes de contaminación de las aguas subterráneas	28
Tabla 2. Convención y coordenadas de los sistemas sépticos actuales	37
Tabla 3. Dimensiones de cada pozo séptico	42 y 44
Tabla 4. Diagnostico de pozos sépticos existentes	47
Tabla 5. Análisis de Remoción, pozos sépticos existentes	46
Tabla 6. Nomenclatura para Habitantes de uno (01) a quince (15)	49
Tabla 7. Nomenclatura para Habitantes de veinte (20) a veinticinco (25)	50
Tabla 8. Nomenclatura para Habitantes de veinticinco (25) a treinta (30)	51
Tabla 9. Nomenclatura para Habitantes de cincuenta y cinco (55) a sesenta (60)	52
Tabla 10. Nomenclatura para Habitantes de setenta (70) a setenta y cinco (75)	53
Tabla 11. Distancias mínimas para definir la localización de un sistema de pozos Sépticos.	59
Tabla 12. Contribución de aguas residuales por persona	60
Tabla 13. Tiempos de retención	60
Tabla 14. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos	61
Tabla 15. Valores de profundidad útil	62
Tabla 16. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos	63
Tabla 17. Dimensiones para sistemas de infiltración.	64
Tabla 18. Área de absorción del campo de infiltración	65
Tabla 19. Dimensiones recomendadas para una trampa de grasas	74
Tabla 20. Parámetros para el análisis de aguas	84
Tabla 21. Dimensiones específicas de los Sistemas Sépticos nuevos del Campo Casabe	85

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Esquema general sistema séptico	16
Figura 2. Mapa de Yondó, Antioquia	35
Figura 3. Ubicación geográfica de los Campos Casabe y Peñas Blanca	36
Figura 4. Ubicación en esquema de los sistemas sépticos de la Zona Industrial	38
Figura 5. Ubicación en esquema del pozo séptico de la Estación No 3	39
Figura 6. Ubicación en esquema del pozo séptico de la Estación No 2	39
Figura 7. Ubicación en esquema del pozo séptico de la Estación Cóndor	40
Figura 8. Ubicación en esquema del pozo séptico de la Planta de Inyección	40
Figura 9. Tanque séptico y filtro anaerobio	65
Figura 10. Vista en planta y sección transversal de tanque séptico	76
Figura 11. Pozo séptico prefabricado.	77
Figura 12. Filtro Anaerobio pozos sépticos convencionales.	78
Figura 13. Filtro Anaeróbico de pozos sépticos convencionales.	79
Figura 14. Filtro Anaerobio Sistemas Sépticos Prefabricados.	80
Figura 15. Detalle Zanja de infiltración.	83

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: EVALUACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS SÉPTICOS CASO: CAMPO CASABE

AUTORES: HAROLD PEDROZO MARTÍNEZ

FACULTAD: Ingeniería Civil

DIRECTOR: NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS

RESUMEN

Toda instalación en el cual se generen aguas residuales domesticas deberá contar con el respectivo permiso de vertimientos y garantizar la calidad del mismo, lo cual conlleva a mantener una infraestructura física adecuada que permita el tratamiento y disposición eficiente de los residuos líquidos. El presente documento muestra una situación que existía en un campo de producción petrolera en la cual se evidencio la necesidad de evaluar los sistemas de tratamiento (pozos sépticos) de acuerdo a los criterios de diseño establecido en el Reglamento Técnico del sector Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000, y lograr así verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normatividad ambiental vigente mediante monitoreo fisicoquímicos y microbiológico. Por lo anterior, se enfocó el presente estudio en diseñar una herramienta que permita realizar un diagnóstico del estado actual de los sistemas de tratamiento, poder clasificarlos según los números de aportantes y posteriormente definir las mejoras o la construcción nueva según sea el criterio utilizado para dimensionar la obra o el proyecto.

PALABRAS CLAVES: RAS 2000, Sistema Sépticos, Construcción Ambiental, Eficiencia del sistema.

VoBo DIRECTOR

GENERAL SUMMARY OF WORK DEGREE

TITLE: EVALUATION FOR THE CONSTRUCTION OF SYSTEMS SEPTICÓS CASE: FIELD CASABE

AUTHOR: HAROLD PEDROZO MARTINEZ

SCHOOL: Ingeniería Civil

DIRECTOR: NORMA CRISTINA SOLARTE VANEGAS

ABSTRACT

All installation in which residual waters are generated domestic servants will have to tell on the respective permission of pouring and to guarantee the quality of he himself, which entails to maintain physical an infrastructure suitable that it allows to the treatment and efficient disposition of the liquid remainders. Present document display a situation that existed in a field of oil production in which I demonstrate the necessity to evaluate the systems of treatment (septic wells) according to the criteria of design established in the Service manual of the sector Potable Water and Basic Cleaning - RAS 2000, and to thus manage to verify the fulfillment of the parameters established in the effective by means of monitoreo fisicoquímicos and microbiological environmental normatividad. By the previous thing, the present study in designing a tool focused that allows to make a diagnosis of the present state of the treatment systems, power to classify them according to the numbers of aportantes and later to define the improvements or the new construction according to is the used criterion to determine the proportions to the work or the project

KEYWORDS: RAS 2000, Septic System, Environmental Construction, Efficiency of the system.

VoBo DIRECTOR

INTRODUCCIÓN

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación, y esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual en el que se arrojan los residuos producidos por las actividades diarias, tales como pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc., que las hacen peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida.

Para evitar las consecuencias del uso del agua contaminada se han ideado mecanismos de control temprano de la contaminación. Existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua que se utiliza no sea dañina.

Se denominan aguas servidas o residuales resultantes del uso doméstico o industrial del agua, pues, habiendo sido usada se constituye un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen.

Algunos autores ¹ establecen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

Para medir la concentración de contaminantes orgánicos, en las aguas que resultan de el uso domestico el parámetro más utilizado es la demanda biológica de oxígeno o (DBO), que se define como la concentración de oxigeno disuelto consumido por los microorganismos, presentes en el agua o añadidos a ella para efectuar la medida la medición, en la oxidación de toda la materia orgánica presente en la muestra de agua cuyo valor debe ser inferior a 8 mg/l, para ser

¹ TARIGARI, Holger Hieronimi. Manejo de agua en zonas áridas. segunda edición McGraww Hill Editores, México, 2003.

considerada como potable. Generalmente en las aguas de origen doméstico este valor fluctúa entre los 200 a 300 mg/l. ²

Los sistemas sépticos generados en el Campo Casabe, no cumplen con los parámetros contemplados en el Decreto 1594 de 1984, (DBO, DQO, Sólidos suspendidos, PH, Coliformes, etc.) y las especificaciones técnicas del Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (Volumen útil, relación mínima ancho/largo altura máxima y mínima) razón por el cual El Campo Casabe, desea generar un proceso de mejoramiento continuo y gestión legal ambiental, tendiente a adecuar y construir un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en el sitio de origen.

Lo anterior, generado en el compromiso ambiental de la Empresa de optimizar las condiciones operativas de los sistemas implementados, aumentando los porcentajes de remoción de las cargas contaminantes, a fin de minimizar impactos ambientales.

Las instalaciones de la zona industrial del campo Casabe cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales, que no involucra los vertimientos de aguas residuales domésticas – ARD las cuales son conducidas sin tratamiento a sistemas sépticos antes de ser vertidas al suelo por medio de campos de infiltración.

Durante la ejecución de las obras de los sistemas sépticos en el Campo Casabe no se cuenta con una documentación general sobre planos, procedimientos, materiales, dimensiones etc. Que con lleve a una revisión óptima para este tipo de obras.

La construcción de los sistemas que están implementados no cumple con los diseños establecidos por la Normativa Colombiana. Adicionalmente la falta de

² www.oasisdesign.net. Consultada el 11 de Julio de 2003

sistema de pos tratamiento para las regulaciones contaminantes al suelo podría ocasionar un impacto ambiental en los mismos.

El documento que a continuación se expone está dividido en 6 capítulos, en el primero de los cuales se plantea los objetivos, metodología, así como la justificación y alcance.

En el segundo capítulo (Marco teórico) se hace una amplia exposición de los sistemas de saneamiento de aguas residuales, que darán el sustento técnico a la propuesta de construcción de sistemas sépticos.

En el tercer capítulo se describe el estado de los sistemas sépticos, mediante la realización de un diagnóstico.

En el ultimo capítulo se desarrolla una herramienta de evaluación para definir una propuesta de mejoramiento para la construcción de los sistemas sépticos acorde a la normatividad vigente.

1. OBJETIVOS

1.1. General

Evaluar los sistemas sépticos y desarrollar una propuesta de mejoramiento de acuerdo a los usuarios aportantes de carga con el fin de ajustar el sistema a los lineamientos del Decreto 1594 de 1984.

1.2 Específicos

- Identificar las condiciones actuales del sistema séptico en Campo Casabe.
- Diseñar una herramienta que permita la evaluación técnica de sistemas sépticos el Campo Casabe
- .Proponer un sistema de tratamiento de las aguas residuales adecuado para el Campo de Casabe basado en las condiciones actuales.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El sistema de tratamiento de aguas residuales, es ineficiente de acuerdo a los resultados de los monitoreo realizados por Laboratorio, además los sistemas que están implementados por la empresa no cumplen con los diseños establecidos con la Normativa Colombiana.

Pese a que en el campo existe la conducción independiente de las aguas aceitosas y/o lluvias, el sistema de separación debe ser mejorado para cumplir con lo establecido del decreto 1594 de 1984. A lo anterior se suma la falta de un postratamiento para la mitigación de sus efectos contaminantes sobre el medio ambiente.

Si bien la autoridad ambiental ha centrado su interés en el control de vertimientos, para el cumplimiento de los porcentajes de reducción establecidos en el Decreto 1594 de 1984, según el tipo de usuario, existe gran preocupación por el desmejoramiento del recurso hídrico, receptor de vertimientos, el cual afecta la calidad del mismo.

Se hace necesario entonces, evaluar los parámetros de reducción para identificar el comportamiento de cumplimiento de los distintos sistemas de tratamiento de aguas residuales alrededor de este compromiso ambiental.

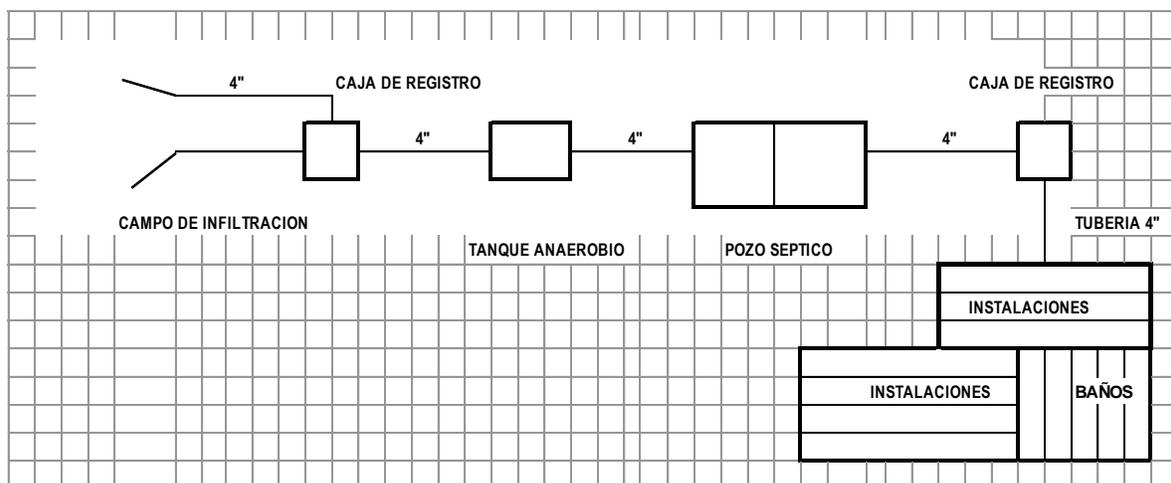
Teniendo en cuenta los resultados de los análisis y el tratamiento actual de las aguas residuales, se espera generar una propuesta de tratamiento la cual incluye el mejoramiento de los sistemas actuales, de acuerdo con la caracterización físico-química de las aguas residuales que genera el campo casabe, ya que si bien éstas, son típicas aguas residuales domésticas, presentan riesgo de contaminantes por fallas en el sistema de tratamiento, afectando el suelo o el agua subterránea al infiltrarse éste liquido sin un correcto tratamiento en el terreno.

1.4 METODOLOGÍA

En el desarrollo de la investigación se realizó la consulta bibliográfica a través de libros e internet permitiendo identificar los sistemas sépticos existentes con el fin de conocer sus características y funcionamiento. Posteriormente se hizo un diagnóstico de las obras ejecutadas considerando la localización y las fuentes aportantes en cada uno de los sistemas en Campo Casabe como las variables más importantes para dimensionar los pozos y confrontar así los métodos utilizados en su desarrollo y compararlo con la legislación ambiental vigente estipuladas en el decreto 3930 y 4728 del año 2010.

El sistema séptico en general, comprende una construcción de una caja de registro, un pozo séptico, un filtro anaerobio y su respectivo campo de infiltración con caja una de registro como se detalla en la figura 1.

Figura 1. Esquema general sistema séptico



Fuente: Grupo investigador.

Los requerimientos de construcción del pozo séptico específicamente tienen que ver con la solicitud existente del compromiso ambiental adquirido caracterizándose

por un sistema prismático rectangular el cual mediante el desarrollo de una herramienta se pudo identificar su cumplimiento.

Finalmente se procedió a la elaboración de una herramienta de evaluación especificando los lineamientos desde la planeación, ejecución y/o puesto en funcionamiento de los sistemas sépticos, esta guía servirá de soportes a Supervisores, Interventores y entidades que ejecuten este tipo de obras.

1.5 ALCANCES

El alcance del proyecto, radica en proponer un sistema de mejoramiento de los sistemas sépticos del Campo Casabe según la normativa ambiental RAS 2000.

Es indispensable elaborar el diagnóstico de los sistemas implementados, analizar y realizar una adecuación y construcción de sistemas sépticos a fin de mejorar y optimizar el funcionamiento de los mismos, con el fin de dar cumplimiento a lo establecido con el Decreto 1594 de 1984 y el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000

La inspección de los sistemas sépticos se llevó a cabo en la zona industrial, estaciones y plantas del campo de Producción Casabe ubicado en Yondó (Antioquia), para cumplir con una solicitud de permiso de vertimiento ambiental donde se identificó los sistemas en funcionamiento, catalogarlos según la población aportante y posteriormente se diagnosticó su construcción comparándose con lo exigido por la norma RAS 2000.

2. MARCO TEÓRICO

A pesar de que el ambiente de una zona, región o ciudad, determina decididamente la calidad de vida y las posibilidades de desarrollo de una población, los problemas ambientales son, en su mayoría, causados por actividades humanas.

Un problema ambiental se manifiesta en afectaciones negativas a los elementos naturales; en otras palabras, en contaminación, alteración, extinción, erosión o degradación de los recursos naturales (suelo, agua, aire, fauna y flora, principalmente), problemas causados por la presencia de factores nocivos que deterioran los elementos constitutivos del ambiente, afectando su calidad, la estética del paisaje y claro está, el bienestar humano.

La construcción y/o instalación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el sitio de origen, en áreas del Campo Casabe han sido referenciados de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico** – RAS, de donde se toman los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la *conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en el sitio de origen. Las disposiciones por este reglamento buscan garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de los cuatro niveles de complejidad del sistema determinados.*³

Los sistemas de tratamiento en el sitio de origen, se utilizan en lugares aislados, donde no existen redes de alcantarillado, o donde se requiere remover la cantidad

³ REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO “RAS –2000”. Título E.

de sólidos suspendidos antes de verter el agua residual al sistema de alcantarillado, tal y como sucede en Campo Casabe.

2.1 SISTEMAS DE PURIFICACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Las consideraciones que se deben tener en cuenta cuando de implementar un sistema de purificación de agua son:

- Efectuar el análisis del agua: permite conocer los contaminantes que se están generando que consiste en la recolección y caracterización de muestras en un tiempo y lugar establecido ante los parámetros importantes de conocer están el oxígeno disuelto, la temperatura, y el pH entre otros.
- Sistema de Filtración: la Filtración como proceso físico-mecánico permite retener los sólidos en suspensión en el agua a través de una malla (filtro).

Existen varios tipos de sistemas de purificación de aguas, dentro de los que se destacan los de tratamiento biológico, tratamiento anaerobio y los humedales artificiales. ⁴

2.1.1 Sistemas de tratamiento biológico

Los sistemas de tratamiento biológico buscan ante todo reducir el contenido en materia orgánica de las aguas, reducir su contenido en nutrientes, y eliminar los patógenos y parásitos, por medio de procesos aeróbicos y anaeróbicos, en los cuales la materia orgánica es metabolizada por diferentes cepas bacterianas. Para ello se pueden construir estanques de lodos activos, o estanques para tratamiento anaerobio.

En los estanques de lodos activos, el tratamiento se lleva a cabo mediante difusión de aire por medios mecánicos en el interior de tanques, para que los

⁴ AQUA PURIFICACION SYSTEMS . aquasystem@terra.com.mx^o, junio 2010

microorganismos formen flóculos que, posteriormente, se dejan sedimentar en un tanque de clarificación.

El sistema básico está compuesto por dos tanques, uno de aireación y otro de clarificación por los que se hace pasar los lodos varias veces. Con estos dos tanques se logra la oxidación de la materia biodegradable en el tanque de aireación y posteriormente la floculación que permite la separación de la biomasa nueva del efluente tratado, logrando con ello una remoción de hasta un 90% de la carga orgánica.

Si bien el sistema es efectivo, requiere de instalaciones costosas y la instalación de equipos electromecánicos con alto consumo energético, además de instalaciones para la disposición de un gran volumen de lodos que requieren de un tratamiento posterior por medio de reactores anaeróbicos y/o su disposición en rellenos sanitarios bien instalados.

2.1.2 Tratamiento anaerobio

A diferencia del tratamiento anterior, éste está conformado por una serie de procesos microbiológicos, dentro de un recipiente hermético, que se encargan de la digestión de la materia orgánica con producción de metano. Durante el proceso intervienen diferentes tipos de microorganismos pero dirigido principalmente por bacterias.

Este sistema requiere de instalaciones menos costosas, no hay necesidad de suministrar oxígeno por lo que el proceso es más económico y el requerimiento energético es menor. Como consecuencia de lo anterior se produce una menor cantidad de lodo (20% en comparación con un sistema de lodos activos), con la

ventaja de que el lodo se puede disponer como abono, mejorando los suelos, además de la producción de un gas útil.⁵

2.1.3 Humedales artificiales

Los humedales artificiales son sistemas en los que la reproducción controlada, de las condiciones existentes en los sistemas lagunares o de aguas lenticas, es la naturaleza la que efectúa la purificación del agua, mediante una mezcla de procesos bacterianos aerobios-anaerobios que suceden en el entorno de las raíces de las plantas hidrófilas, las cuales a la vez que aportan oxígeno consumen los elementos aportados por el metabolismo bacteriano y lo transforman en follaje.

El sistema no requiere de instalaciones complejas, por consiguiente el costo de mantenimiento muy bajo, por cuanto integra al paisaje natural propiciando incluso refugio a la vida silvestre, aunque requiere de una mayor área.

2.2 TRATAMIENTO DE AGUAS A NIVEL DOMICILIARIO

El tratamiento a nivel domiciliario está en relación directa con la cultura de consumo, obedeciendo a los mismos principios que las grandes plantas depuradoras, mejorando la eficiencia en la relación costo por m³ de agua tratada, pero requiere de la implementación de principios básicos como la separación de las aguas grises y negras, el consumo racional y limitado de detergentes y la exclusión de productos químicos agresivos en la limpieza cotidiana.⁶

⁵ "RESPONSABILIDAD POR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE" Universidad Externado de Colombia. Instituto de Estudios del Ministerio Público.

⁶ CONVENCIÓN DE RÍO DE JANEIRO. Medio ambiente y desarrollo sostenible. Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992.

2.2.1 Aguas Grises y Negras

Por aguas grises se entiende aquellas que son usadas para la higiene corporal, el aseo de la casa y la limpieza de utensilios, es decir, aguas con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables, que deben ser oxigenadas en corto tiempo, de lo contrario pueden transformarse en aguas negras.

El tratamiento requiere de espacio verde suficiente, aprovechando la capacidad de oxigenación y asimilación de las plantas del jardín o el huerto mediante un sistema de drenaje de enramado.⁷

Si no se cuenta con espacio suficiente, las aguas grises se deben someter a un tratamiento previo que reduzca el contenido de grasas y de materia orgánica en suspensión, para posteriormente ser mezcladas con las aguas negras y pasar a un tren de tratamiento.

Las aguas negras son las que resultan de los sanitarios y que por su potencial de transmisión de parásitos e infecciones conviene tratar por separado.

En este caso es importante tener presente que el sistema de tratamiento más adecuado debe involucrar además de las condiciones específicas del medio ambiente la parte cultural, por cuanto no solo debe contemplar eficacia en sí de la depuración, sino también la relación de los elementos circundantes, las necesidades particulares, el costo, el mantenimiento, el rehúso, y la utilización o disposición de los subproductos de la depuración.

⁷ INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS. Potabilización de agua marina.

2.2.2 La Fosa Séptica

Las fosas sépticas tienen como propósito liberar los acuíferos de contaminación; sin embargo, tienden a confundirse con pozos negros o de absorción, en los que las aguas son infiltradas al suelo sin un verdadero tratamiento. Otra utilidad de las fosas sépticas son los tanques de sedimentación y almacenamiento que son vaciados periódicamente, para trasladarlos a un sitio sin ningún control causando deterioro al medio ambiente.

La fosa séptica más común es la tanque de tres cámaras con una secuencia de tratamiento, en la que la primera cámara de sedimentación cumple la función de trampa de grasas, la segunda con condiciones anaerobias reduce la carga orgánica disuelta, y en la tercera cámara ocurre la sedimentación clarificando el agua antes de ser dispuesta en un campo de oxidación.

La desventaja de este sistema es que en las cámaras se acumular lodos hasta el punto de saturación, con incremento de la fase anaerobia, por lo que el efluente debe ser tratado en un campo de oxidación antes de infiltrar al suelo y los lodos extraídos necesitan tratamiento adicional.

2.2.3 Sistema Mixto

Con el sistema mixto de tratamiento domiciliario se logra la máxima remoción en el menor espacio posible combinando digestores para aguas negras, lechos vegetales, sistemas de enramado, aireadores, etc., mediante la adaptación practica de los diferentes sistemas en un todo integrado que se adapte a las necesidades específicas de cada lugar.⁸

⁸ REVISTA DIGITAL AUTOSUFICIENCIA ECONÓMICA. Sistemas de purificación de agua. www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp, junio 2010

2.2.4 Biodigestores Anaerobios

Los digestores anaerobios están adquiriendo una importancia trascendental en el tratamiento de excretas animales, la producción de biogás, la purificación de aguas residuales, y la elaboración de biofertilizantes.

Estos biodigestores pueden ser de:

- Flujo continuo, recibiendo la carga por medio de una bomba que mantiene una corriente continua.
- Flujo semicontinuo, que recibe carga fija cada día y aportan la misma cantidad.
- Estacionarios, que se cargan de una sola vez y pasado el tiempo de retención se vacían completamente

2.3 DEPURACIÓN DE AGUAS

Este es el nombre que reciben los distintos procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de productos de desecho arrastrado por el agua y procedente de viviendas e industrias.

Este procedimiento cobró importancia progresivamente desde principios de la década de 1970 como resultado de la preocupación general expresada en todo el mundo sobre el problema, cada vez mayor, de la contaminación humana del medio ambiente, desde el aire a los ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas, por los desperdicios domésticos, industriales, municipales y agrícolas.⁹

⁹ GREEN CROSS INTERNACIONAL. Informe de síntesis. Globalización y Desarrollo Sostenible: Ética es el eslabón perdido?. Foro de Diálogos de la Tierra. Lyon, 21- 23 de febrero de 2002.

2.3.1 Transporte de Aguas Residuales

El transporte de aguas residuales desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras se realiza mediante un sistema de tuberías, clasificadas de acuerdo al tipo de agua residual que circule por ellas.

Generalmente se han propiciado dos tipos de conducción de aguas residuales. Las provenientes de aguas lluvias y las residuales domésticas, aunque en algunas ciudades se fusionan mediante sistemas de conducción combinadas. Generalmente funcionan en las zonas viejas de las áreas urbanas.

Esto resulta más eficaz porque excluye el gran volumen de líquido que representa el agua de escorrentía, flexibilizando el trabajo de la planta depuradora y minimizando la contaminación originada por escape o desbordamiento que se produce cuando el conducto no es lo adecuado para transportar el flujo combinado.

Las instalaciones domésticas suelen conectarse mediante tuberías de arcilla, hierro fundido o PVC con diámetros que oscilan entre los 8 y 10 cm y el tendido de alcantarillado, con tuberías maestras de mayor diámetro, que pueden estar situados a lo largo de la calle a unos 1,8 m o más de profundidad.¹⁰

Contrariamente a lo que ocurre en el tendido de suministro de agua, las aguas residuales circulan por el alcantarillado más por efecto de la gravedad que por el de la presión.¹¹

Por tal motivo la tubería está inclinada para permitir un flujo de una velocidad de al menos 0,46 m por segundo, ya que a velocidades más bajas la materia sólida

¹⁰ **MARSILLI, Alejandro.** Tratamiento de aguas residuales. Diciembre de 2005

¹¹ SARMIENTO PEDRO JOSE. Bioética y Medio Ambiente. Introducción a la Problemática Bioético - Ambiental y sus Perspectivas. www.cuadernos.bioetica.org/indice7-8.htm, junio 2010

tiende a depositarse. Los desagües principales para el agua de lluvia son similares a los del alcantarillado, salvo que su diámetro es mucho mayor. En algunos casos, como en el de los sifones y las tuberías de las estaciones de bombeo, el agua circula a presión.¹²

Tradicionalmente las canalizaciones urbanas desaguan en interceptadores, que forman una línea de enlace hacia planta depuradora de aguas residuales, El diámetro de los interceptadores y los tendidos de enlace, depende de la densidad poblacional de cada ciudad y el crecimiento que tenga.

2.4 POZOS SÉPTICOS

Es quizás el más tradicional de los sistemas para tratar aguas residuales, tanto en zonas rurales, como urbanas especialmente en zonas que no tienen servicio de alcantarillado consistiendo en un cajón enterrado y sellado que recibe las aguas que se utilizan en la casa.

Existen dos sistemas de pozos sépticos: La fosa séptica y el pozo séptico propiamente dicho. La primera quita los sólidos sedimentarios y flotantes del agua negra y el sistema de absorción filtra y trata el efluente clarificado de la fosa séptica, permitiendo quitar la materia sólida. Por su parte el pozo séptico, permite digestión de una porción de materia sólida y almacena la porción no digerida. En ambos compartimientos se lleva a cabo la digestión de la materia orgánica por parte de microorganismos anaeróbicos.

Los Pozos sépticos quitan materia sólida por decantación, al detener agua residual en el tanque, que permite que se hundan los sedimentos y que flote la capa de

¹² MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política para la gestión de residuos. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, Colombia, 1998

impurezas. Hasta el 50 por ciento de los sólidos retenidos en el tanque se descomponen.

La materia sólida restante se acumula en el tanque. Luego, según las condiciones del terreno se usa un filtro anaeróbico, un pozo de absorción y un campo de infiltración. Estos son de larga vida, pero para que funcionen correctamente hay que limpiarlos con regularidad y darles un correcto uso.¹³

Las nuevas tecnologías han generado un Catalizador Bio-Orgánico, “BOC”, composición catalizadora que significativamente acelera las habilidades de la conversión biológicas que naturalmente ocurren en la naturaleza, acelerando las reacciones biológicas por agrupación de bacterias, alimento y oxígeno produciendo una drástica reducción de las condiciones generadoras de gas sulfhídrico y amoníaco, provenientes de la descomposición anterior de la materia orgánica y aminoácidos.

2.5 CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

La mayor preocupación sobre la contaminación de agua subterránea está relacionada con la contaminación asociada con actividades humanas, especialmente en la disposición de residuos tales como aguas residuales en sistemas privados, residuos sólidos en basureros, depósitos de lodos, depósitos de residuos salinos de la industria

Las posibles fuentes de contaminación de aguas subterráneas se relacionan en la siguiente tabla 1.

¹³ WATER TREATMENT SOLUTIONS. Tratamiento y Purificación del Agua. Plantas Piloto. www.lenntech.es/agua, junio 2011

Tabla 1. Posibles fuentes de contaminación de las aguas subterráneas

Lugar de origen	Fuentes de contaminación potenciales de aguas subterráneas			
	Municipal	Industrial	Agrícola	Individual
Cerca de la superficie del suelo	<p>contaminación del aire disposición en suelos de residuos municipales sal para el deshielo de caminos calles & aparcamientos</p> 	<p>contaminación de aire químicos: almacén & derrames combustibles: almacén & derrames arrastre en residuos de minas</p> 	<p>contaminación del aire derrame de químicos fertilizantes residuos en granjas almacenamiento & emisión al campo pesticidas</p> 	<p>contaminación del aire fertilizantes casas limpiadores detergentes petróleo pinturas pesticidas</p> 
Por debajo de la superficie de suelo	<p>basureros fugas y drenaje de líneas de aguas residuales</p> 	<p>tuberías tanques de almacenamiento subterráneos</p> 	<p>almacenamiento subterráneo tanques pozos: construidos inadecuadamente o abandonados</p> 	<p>sistemas sépticos pozos: construidos inadecuadamente o abandonados</p> 

Fuente: <http://www.uwsp.edu/water/portage/undrstnd/gwcontam.htm>, junio 2011

2.6 FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE AGUAS

Existen diversas fuentes de contaminación de aguas: Natural, agrícola, industrial y residencial son las más conocidas. A continuación se hace una descripción de cada una de ellas.

2.6.1 Natural

El agua subterránea contiene algunas impurezas, incluso si no queda afectado por actividades humanas. Los tipos y concentraciones de impurezas naturales dependen de la naturaleza del material geológico a partir del cual se mueve el agua subterránea, y la calidad del agua de reposición.

Las corrientes de agua subterránea que se mueve a través de rocas y suelos sedimentarios pueden contaminarse con grandes cantidades de materiales y compuestos como el Magnesio, Calcio y Cloruros.

Algunas otras corrientes tienen altas concentraciones naturales de constituyentes disueltos como Arsénico, Boro y Selenio, de manera que el efecto de estas fuentes naturales de contaminación en la calidad del agua subterránea depende el tipo de contaminante y su concentración. ¹⁴

2.6.2 Agrícola

Las mayores fuentes de contaminación de aguas subterráneas en el sector agrícola provienen del uso de pesticidas, fertilizantes, herbicidas y residuos de animales.

¹⁴ ENCICLOPEDIA ÁREAS. Consultor Didáctico Tomo de " Ciencias Naturales", marzo de 2008

Se producen por derrame de fertilizantes y pesticidas durante el manejo, escorrentía por la carga y el lavado de spray de pesticidas u otro equipo de aplicación, el uso de químicos ladera arriba muy cerca de pozos o aguas de alimentación a pozos.

Adicionalmente, el almacenamiento de químicos agrícolas cerca de los conductos de agua subterráneas, como pozos abiertos y abandonados, pozos y depósitos o depresiones de la superficie donde el agua se suele estancar. La contaminación también puede ocurrir cuando se almacenan químicos en áreas no cubiertas, que no se protegen contra el viento y la lluvia, o almacenado en lugares donde el agua subterránea fluye desde el almacenamiento de químicos a los pozos.

2.6.3 Industrial

La fabricación y servicios industriales tienen altas demandas de agua de enfriamiento, aguas de proceso y agua con fines de limpieza, por lo que la contaminación de las aguas subterráneas se produce cuando el agua usada es devuelta al ciclo hidrológico.¹⁵

Algunas actividades económicas, normalmente carentes de sistemas de tratamiento de aguas residuales, son dependientes de depósitos estrechos de aguas subterráneas, tales como letrinas o agujeros secos, o simplemente optan por sus aguas a enviar las aguas subterráneas y tanques sépticos.

Pero cualquiera de estas formas de disposición dar lugar a la contaminación de las aguas subterráneas destinadas a consumo, esto porque agujeros secos y letrinas generan residuos que van directos al suelo. Los sistemas sépticos no pueden tratar los residuos industriales.

¹⁵ ALLIER CASTILLO, Fuse. La Magia de la Química, editorial EPSA-Mc Graw Hill-Nueva Edición 1999.

Otras fuentes de contaminación industrial generados de la limpieza de tanques o equipos de spray en campo abierto, disposición de residuos en sistemas sépticos y pozos secos, almacenamiento de materiales peligrosos en lugares no protegidos o en lugares sin caminos para drenajes o lugares de recogida o retención, no son dispuestos correctamente. Los tanques de almacenamiento tanto subterráneo como superficial de productos del petróleo, ácidos, solventes y químicos pueden provocar fugas debido a la corrosión, defectos e instalación inadecuada o fallo mecanizo de tuberías y acoples. ¹⁶

La actividad minera de minerales combustibles y no combustibles puede crear oportunidades para la contaminación de las aguas subterráneas, especialmente los primeros por la disposición de residuos.

2.6.4 Residencial

Los sistemas de aguas residuales son fuente de gran cantidad de contaminantes como bacterias, virus, materia orgánica y residuos humanos, por lo que los pozos de inyección usados para disposición de aguas residuales domésticas (sistemas sépticos, letrinas, pozos de drenaje para la recogida de aguas de lluvia, pozos de recarga de aguas subterránea) son de gran preocupación para la calidad de las aguas subterráneas que generan y que si se localizan cerca de los pozos que alimentan aumentan los riesgos. ¹⁷

Adicionalmente, el almacenamiento y disposición inadecuado de químicos domésticos como pinturas, detergentes sintéticos, aceites solventes, medicinas, desinfectantes, químicos de piscinas, pesticidas, baterías, combustibles de gasolina y diesel pueden provocar la contaminación de las aguas subterráneas.

¹⁶ Op Cit. ENCICLOPEDIA ÁREAS. Consultor Didáctico Tomo de " Ciencias Naturales"

¹⁷ Op Cit. ALLIER CASTILLO, Fuse. La Magia de la Química, editorial EPSA-Mc Graw Hill-Nueva Edición 1999.

2.7 MECANISMOS DE ACCIÓN

Los mecanismos de acción que eliminan o reducen los indicadores de contaminantes en la fuente de agua son:

- **Catalización.** Reduce la cantidad de energía requerida para que ocurran reacciones biológicas o químicas, dado que participan repetidamente en estas reacciones mientras reducen el tiempo y la velocidad requerida para conversión.
- **Solubilidad.** Al solubilizar rompe las cadenas moleculares, permitiendo a la bacteria existente consumir y procesar las cosas naturalmente.
- **Oxigenación.** Con la oxigenación se crean microburbujas que incrementan la cantidad de oxígeno disuelto, permitiendo el éxito de reacciones aeróbicas que aceleran el proceso de descomposición.

2.8 DEFINICION DE TERMINOS ¹⁸

Con el fin de ampliar e interpretar las palabras empleadas en el documento se relaciona a continuación algunas de las definiciones más usadas

- **Aguas residuales:** Todas las aguas que contienen excretas, agua de lavado de cocina, etc.

¹⁸

CONSTRUCTING STABILIZATION PONDS, AID; Washington, D.C.; 1982.

- **Disposición final:** Disposición del efluente o de el lodo tratado de una planta de tratamiento.
- **Dique:** Muro artificial hecho para contener la fuerza de las aguas o del oleaje.
- **Laguna de estabilización:** Excavación grande, que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado, de tal modo que los procesos biológicos puedan destruir la mayoría de los organismos que causan enfermedades y descargar el efluente como tratado.
- **Lecho de secado:** Tanques de profundidad reducida con arena y grava sobre drenes, destinado a la deshidratación de lodos por filtración y evaporación.
- **Línea de flujo:** Nivel más elevado en el cual el líquido puede sobrepasar el tanque séptico.
- **Profundidad del líquido:** Distancia desde la línea de flujo hasta el fondo del tanque séptico.
- **Pretratamiento:** Procesos que acondicionan las aguas residuales para su tratamiento posterior.
- **Tanque Séptico:** Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de una vivienda o conjunto de viviendas que combina la separación y digestión de lodos.
- **Terraplén:** Bloque macizo de tierra con que se rellena un hueco o que se levanta para hacer una defensa, un camino u otra obra semejante. Desnivel de tierra cortado.

3. IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LOS SISTEMAS SÉPTICOS EN CAMPO CASABE

Una vez visto el Marco teórico existente y resumido el contexto en los anteriores dos capítulos se inicia el proceso de estudio al caso en campo casabe.

3.1 LOCALIZACIÓN ¹⁹

Yondó es un municipio de Colombia, localizado en la zona del Magdalena Medio en el departamento de Antioquia. Limita por el norte y el oeste con los municipios de Remedios y Puerto Berrío, por el suroeste con Puerto Berrío y por el este con el departamento de Santander.

Es uno de los más calurosos municipios antioqueños, ubicado sobre la margen del río Magdalena frente al puerto de Barrancabermeja (departamento de Santander). El petróleo ha sido el producto que mueve la economía de la región.

En el lugar donde se levantó Casabe (hoy Yondó, Antioquia) no había sino selva espesa y terreno anegadizo. Su nivel era más bajo que el del gran río Magdalena. Fue menester que la compañía, al comprobar la riqueza que se escondía en lo profundo de aquel suelo, construyera un dique de contención, paralelo al río y de unos veinte kilómetros de longitud para defender el campo de las inundaciones. A Casabe se le construyó sobre un pantano. Fueron necesarios intensos trabajos de drenaje y saneamiento para poder hacer habitable aquel lugar. En la figura 2. Se muestra el municipio de Yondó del departamento de Antioquia.

¹⁹ EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS "ECOPETROL". Carta Petrolera. **EDICIÓN 108 abril - mayo**

Figura 2. Mapa de Yondó, Antioquia



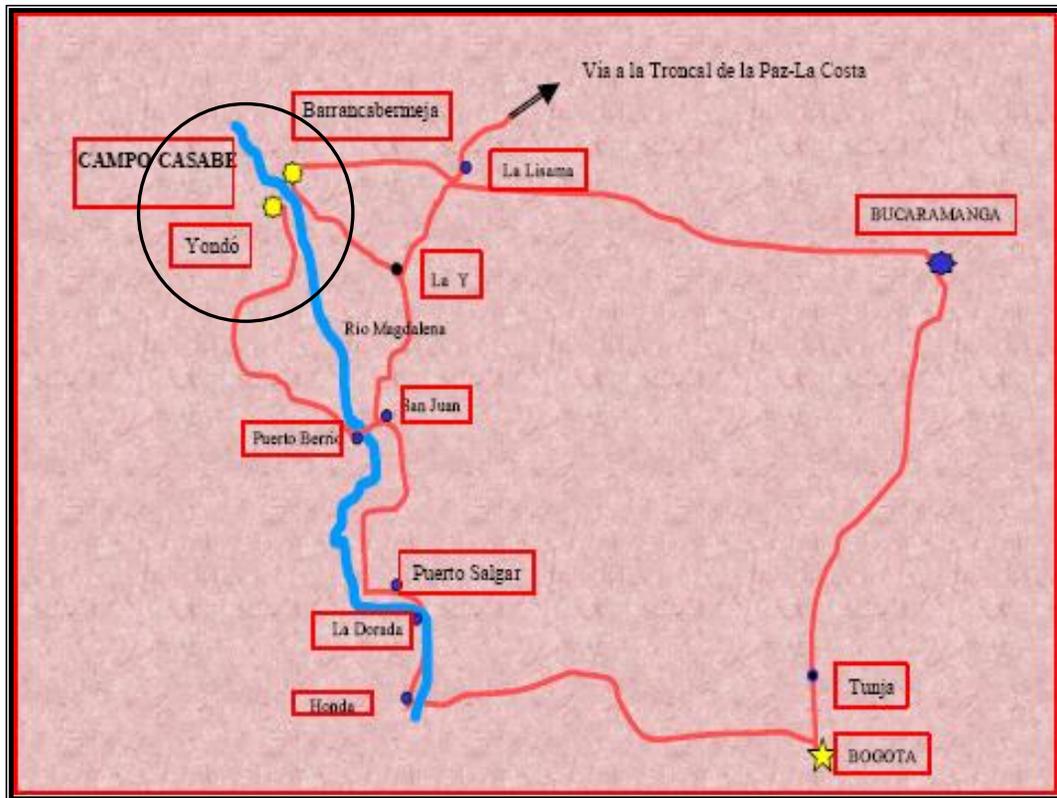
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi; <http://www.igac.gov.co/wps/portal/> , junio 2011

Los campos Petroleros de Casabe y Peñas Blancas de la Superintendencia de Operaciones del Río de la Gerencia Regional del Magdalena Medio de ECOPEL S.A., encargado de la extracción, recolección, tratamiento, fiscalización y entrega de hidrocarburo, se encuentra ubicado en el Departamento de Antioquia, Municipio de Yondó, en la margen Occidental del Río Magdalena en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, CORANTIOQUIA.

El municipio está integrado por dos subcuencas hidrográficas que prácticamente lo caracterizan en dos áreas claramente determinadas: La subcuenca Norte que tiene su red de drenaje hacia el río Cimitarra y en menor proporción al río

Magdalena en la dirección Sur-Norte. La subcuenca sur que tiene su red de drenaje hacia el río Ité, Ciénaga de Barbacoas, río San Bartolomé y río Magdalena en la dirección Norte- Sur. Ver figura 3.

Figura 3. Ubicación geográfica de los Campos Casabe y Peñas Blancas.



Fuente: <http://www.yondo-antioquia.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mmxx-1-&x=1490195>; 26 de noviembre de 2008.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

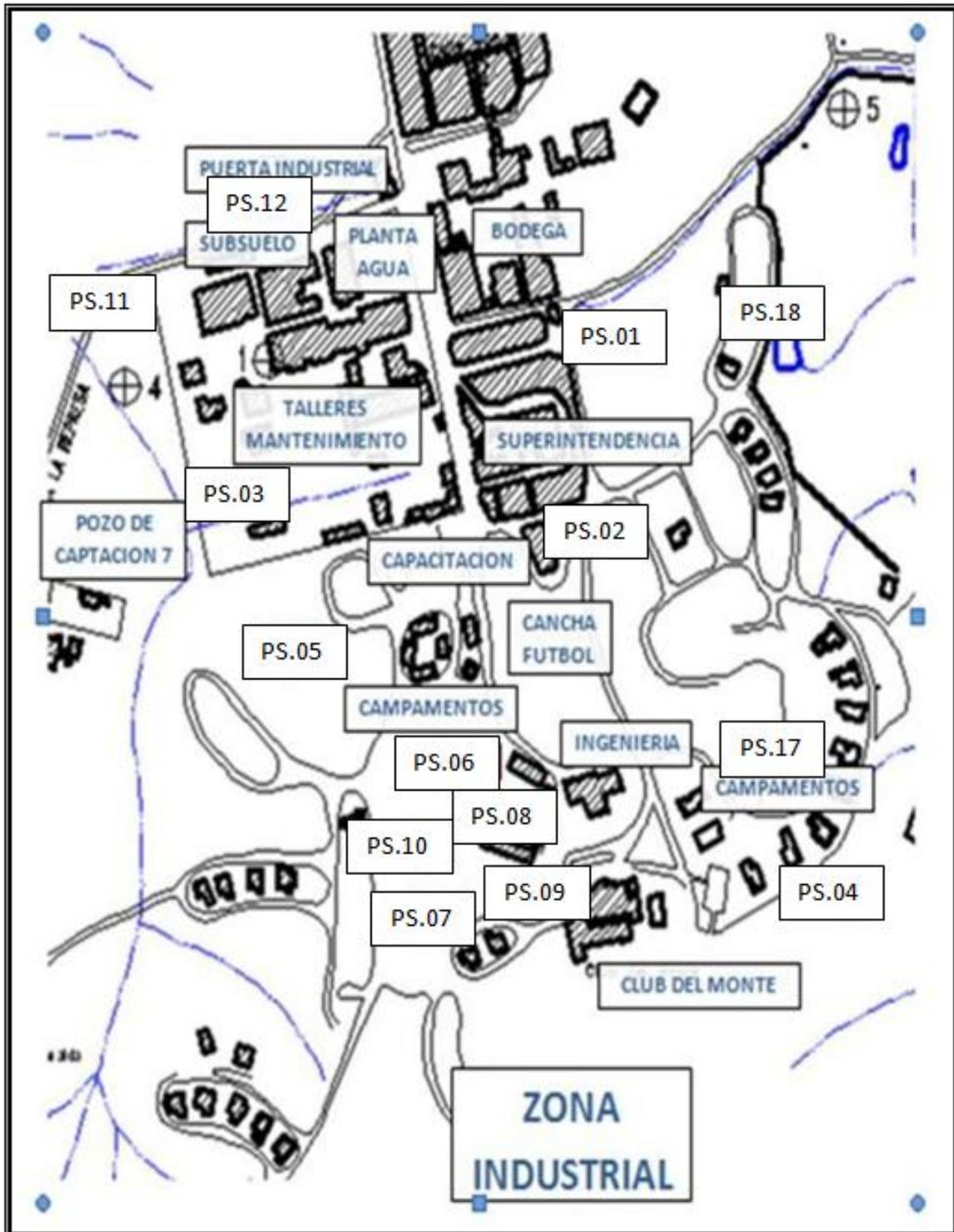
Para identificar los sistemas actuales se elabora la tabla 2, a fin de conocer la nomenclatura, y su relación de ubicación con los usuarios aportantes al sistema, para ello se utiliza la siguiente convención (PS#) su respectivo número consecutivo.

TABLA 2. Convenciones y coordenadas de los sistemas sépticos del Campo Casabe.

No.	APORTANTES	LOCALIZACION COORDENADAS	
PS.01	Bodega de Materiales, Superintendencia, Servicios, Comand center y Contraincendios	07°00'07,7''	073°54'34,8''
PS.02	Puesto de Salud y Aulas de Capacitación	07°00'02,1''	073°54'36,8''
PS.03	Unidad de Bombeo, Facilidades y Planeación	07°00'01,8''	073°54'49,0''
PS.04	Casa 3820,3821, 3822, 3823, 3824	06°59'50,7''	073°54'30,0''
PS.05	Casa 3852, 3849, 3850, 3851, 2003	07°00'00,2''	073°54'45,3''
PS.06	Casa 2005	06°59'54,5''	073°54'28,1''
PS.07	casa 3825	06°59'50,8''	073°54'39,1''
PS.08	Control de producción, Casa 3873	06°59'53,7''	073°54'38,7''
PS.09	Club, casino	06°59'51,1''	073°54'37,1''
PS.10	Casa 3874	06°59'52,6''	073°54'39,5''
PS.11	Mto de Subsuelo	07°00'08,9''	073°54'50,5''
PS.12	Taller de Bombas y Eléctrico	07°00'11,2''	073°54'47,5''
PS.13	Estación 3	07°02'03,5''	073°55'13,0''
PS.14	Estación 2	07°01'33,7''	073°55'15,0''
PS.15	Estacion Condor	07°02'04,7''	073°55'50,4''
PS.16	Planta de inyección de Agua (PIA)	07°02'34,7''	073°54'43,8''
PS.17	Casa 3817	06°59'55,0''	073°54'27,8''
PS.18	Centro de Acopio	07°54'28,6''	073°54'28,6''

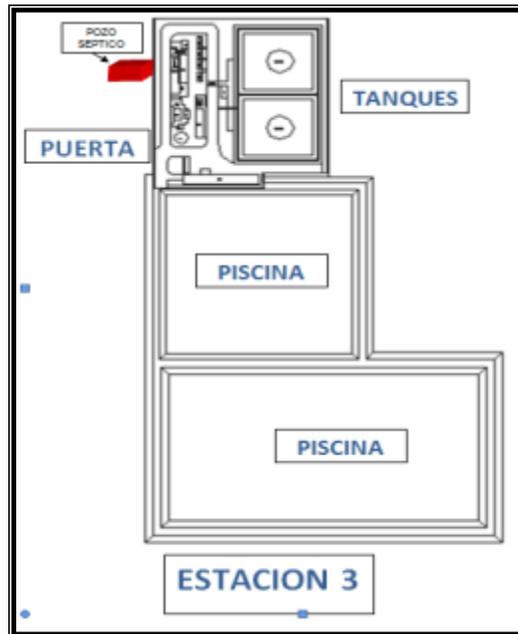
A continuación en la figura 4 a la figura, se muestra cada sistema identificado con la letra desde el PS.01 al PS.18.

Figura 4. Ubicación en esquema de los sistemas sépticos de la Zona Industrial.



Fuente: Informe de aguas residuos domesticas, Diciembre de 2009.

Figura 5. Ubicación en esquema del pozo séptico (**PS.13**) de la Estación No 3.



Fuente: Informe de aguas residuos domesticas, Diciembre de 2009

Figura 6. Ubicación en esquema del pozo séptico (**PS.14**) de la Estación No 2



Fuente: : Informe de aguas residuos domesticas, Diciembre de 2009

Figura 7. Ubicación en fotografía del pozo séptico **(PS.15)** de la Estación Cándor.



Fuente: <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>; junio 2010.

Figura 8. Ubicación en fotografía del pozo séptico **(PS.16)** de la Planta de Inyección.



Fuente : <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html>; junio 2010

Las instalaciones de la zona industrial del campo Casabe que cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas son: club del Monte, oficinas de control de producción, bloque de la Superintendencia, taller eléctrico, bloque de la USO, bloque de servicios administrativos, bloque de contraincendios, taller de equipo liviano y pesado, bloque de facilidades de superficie, bodega de materiales, bodega de subsuelo, taller eléctrico, campamentos, casino, Estación de recolección y tratamiento de crudo No 2 y 3, Estación Cóndor y Planta de Inyección de Agua – PIA. De allí se generan vertimientos de aguas residuales domésticas – ARD las cuales son conducidas a tratamientos de sistemas sépticos antes de ser vertidas al suelo por medio de campos de infiltración

El escaso tratamiento de las aguas residuales, es un problema de trascendental importancia en el entorno del Campo Petrolero de Casabe, ya que la construcción de un alcantarillado es más costosa.

El tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico implica tener en óptimas condiciones de funcionamiento las unidades de tratamiento. Uno de los indicios del mal funcionamiento de estas unidades es la mala construcción de estas.²⁰

Estas malas construcciones suceden generalmente porque no hay un concepto técnico en las especificaciones para la ejecución de la obra o que no se tuvo en consideración ciertos factores de la normativa para entrar en funcionamiento, y por consiguiente la calidad del efluente esperado a la salida de los campos de infiltración.

Los sistemas de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas – ARD implementados en el campo Casabe en su gran mayoría consisten en prismáticos rectangulares. En su gran mayoría están conformados de acuerdo a la descripción

²⁰ ROJAS VARGAS, Ricardo. Tratamiento de Aguas Residuales y Disposición de Excretas, “aspectos prácticos de construcción de lagunas de estabilización”, Noviembre de 1990.

general del funcionamiento de los sistemas sépticos y su ubicación geográfica, posterior a esto se presenta las dimensiones de los pozos sépticos el cual se relaciona en la tabla 3.

Tabla 3. Dimensiones de cada pozo séptico

#	POZO SEPTICO	DIMENSIONES (m)				Volumen Útil (m3)
		Ancho	Largo	Altura	Ancho de muros	
1	Bodega de Materiales, Superintendencia, Contraincendios	3,00	2,35	1,80	0,25	8,33
2	Enfermería	2,00	1,10	1,00	0,15	1,36
3	Unidad de Bombeo, Facilidades y Planeación	2,90	1,70	1,20	0,15	4,37
4	Campamento 3852, 3849, 3850, 3851, 2003	2,80	1,40	1,20	0,20	2,88
5	Campamento 2005	2,80	1,80	1,20	0,25	3,59
6	Bodega Daza	3,50	2,10	1,50	0,25	7,20
7	Casino	5,20	1,40	1,60	0,15	8,62
8	Control de producción, Hielera, Campamento 3873	5,00	2,00	1,70	0,24	11,68
9	Campamento 3874	3,00	2,00	1,60	0,25	6,00
10	Campamento 3820,3821, 3822, 3823, 3824	3,60	2,00	1,50	0,25	6,98

#	POZO SEPTICO	DIMENSIONES (m)				Volumen Útil (m3)
		Ancho	Largo	Altura	Ancho de muros	
11	Oficinas Subsuelo, cambiaderos y bodega de subsuelo	2,70	2,50	1,50	0,10	8,63
12	Taller de Bombas y taller eléctrico	3,50	2,40	2,50	0,10	18,15
13	Estación 3	1,60	1,40	1,20	0,15	1,72
14	Estación 2	3,10	1,10	1,20	0,10	3,13
15	Planta de inyección de Agua (PIA)	3,00	1,60	1,50	0,25	4,13

De acuerdo a las construcciones existentes se pudo identificar la cantidad de quince (15) pozos sépticos existente y se determinó el tipo de construcción realizada de acuerdo sus dimensiones y su relación con la nomenclatura utilizada.

De la tabla No. 4, se extrae que los pozos sépticos que cumplen con las dimensiones establecidas en la RAS 2000, correspondientes a Relación Mínima ancho/largo 2:1 - Relación Máxima ancho/largo 4:1 y alturas mínimas de acuerdo al volumen son los siguientes:

- Pozo séptico campamento 3849-3850-3851-3852, campamento 2003.
- Pozo séptico casino.
- Pozo séptico estación 2.

Tabla 4. Diagnostico de Pozos Sépticos existentes

#	POZO SEPTICO	DIMENSIONES (m)				Volumen Útil (m3)	h (m) RAS 2000 / vol (m3)			Tanques prismáticos rectangulares (RAS 2000)
		Ancho	Largo	Altura	Ancho de muros		Volumen <= 6	Volumen 6 - 10	Volumen > 10	Relación Mínima ancho/largo 2:1 Relación Máxima ancho/largo 4:1
							h mínima = 1,2 h máxima = 2,2	h mínima = 1,5 h máxima = 2,5	h mínima = 1,8 h máxima = 2,8	
1	Bodega de Materiales, Superintendencia, Contraincendios	3,00	2,35	1,80	0,25	8,33		Cumple		No cumple
2	Enfermería	2,00	1,10	1,00	0,15	1,36	Cumple			No cumple
3	Unidad de Bombeo, Facilidades y Planeación	2,90	1,70	1,20	0,15	4,37	Cumple			No cumple
4	Campamento 3852, 3849, 3850, 3851, 2003	2,80	1,40	1,20	0,20	2,88	Cumple			Cumple
5	Campamento 2005	2,80	1,80	1,20	0,25	3,59	Cumple			No cumple
6	Bodega Daza	3,50	2,10	1,50	0,25	7,20		Cumple		No cumple
7	Casino	5,20	1,40	1,60	0,15	8,62		Cumple		Cumple
8	Control de producción, Hielera, Campamento 3873	5,00	2,00	1,70	0,24	11,68			Cumple	No Cumple
9	Campamento 3874	3,00	2,00	1,60	0,25	6,00		Cumple		No cumple
10	Campamento 3820,3821, 3822, 3823, 3824	3,60	2,00	1,50	0,25	6,98		Cumple		No cumple
11	Oficinas Subsuelo, cambiaderos y dodega de subsuelo	2,70	2,50	1,50	0,10	8,63		Cumple		No cumple
12	Taller de Bombas y taller eléctrico	3,50	2,40	2,50	0,10	18,15			Cumple	No cumple
13	Estación 3	1,60	1,40	1,20	0,15	1,72	Cumple			No cumple
14	Estación 2	3,10	1,10	1,20	0,10	3,13	Cumple			Cumple
15	Planta de inyección de Agua (PIA)	3,00	1,60	1,50	0,25	4,13	Cumple			No cumple

Fuente: Informe de Aguas Residuos domesticas. Diciembre de 2009.

3.3 PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

Acorde a la normativa RAS 2000 mediante el análisis de los diseños actuales y de acuerdo al análisis de la capacidad aportante en cada uno de los sistemas, y a la construcción actual se calcularon los espacios para la retención de los vertimientos residuales.

La construcción realizada fue acorde a los cálculos de los volúmenes útiles de cada pozo séptico y filtro anaerobio considerada por la metodología basada en la normativa RAS 2000.

Esta se basa en la consecución de las dimensiones y los residuos aportante y relacionarla con los volúmenes máximos y mínimos para categorizar el pozo, asimismo para el tanque anaerobio.

Luego de la definición de los diseños especificando sus dimensiones se elaboraron los planos para la construcción de los sistemas sépticos. (Anexo 1. planos de los pozos construidos).

La tubería de 4" que conduce el efluente al pozo séptico de taller de bombas y taller eléctrico se encuentra rota, por tal razón se requiere cambiar tramo de línea en mal estado.

Cuando el tanque séptico, en funcionamiento, produzca malos olores, como es el caso del pozo séptico del casino, será conveniente adicionar una sustancia alcalinizante, como por ejemplo cal apagada.

Realizar optimización de la estructura de los pozos sépticos de campamento 3849-3850-3851-3852, campamento 2003, casino, estación 2, para que cumplan con las condiciones generales planteadas en el presente documento.

Se recomienda cambio del filtro del pozo séptico del Casino, de igual forma separar las aguas lluvias que entran al casino aumentando el caudal y generando que el tratamiento no se realice de manera adecuada.

Los residuos líquidos de las cocinas, deberán pasar previamente por trampas de grasas, antes de ser dirigidos a los tanques sépticos, se recomienda ajustar la actual trampa de grasas del casino.

Los pozos que se encuentren localizados cerca, se recomienda construir un solo pozo séptico, es decir en el caso de Taller de Bombas y Limpieza de Pozos.

Separar las aguas lluvias de las aguas negras para que los caudales allegados al pozo no inunden el pozo y la carga microbiana.

Sin embargo luego de un proceso de análisis de laboratorio de las muestras extraídas de los pozos sépticos existentes se pudo medir la eficiencia del sistema séptico en SS: Sólidos suspendidos; DBO5: Demanda bioquímica de oxígeno a

cinco (5) días; DQO: Demanda química de oxígeno y Grasas y aceites²¹ donde se resalta de color azul los parámetros que indica la normativa y se puede comparar cada uno de los sistemas sépticos en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis de remoción, pozos sépticos existentes.

PARAMETROS	UND	DECRETO 1594/84 ART. 72-74	RAS 2000	CASINO	CAMPAMENTO 3874	CAMPAMENTO 3873	CONTROL PRODUCCIÓN - CAMPAMENTO 2005	CAMPAMENTO 3849,51,52	BODEGA DE MATERIALES Y SERVICIOS	CAMPAMENTO 3821,22,23,24	UNIDAD DE BOMBEO MECÁNICO	LIMPIEZA DEPOZOS	ENFERMERIA	ESTACION 2	ESTACION 3	PIA
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	>50% R.C.	50 - 65	98,96	65,63	50	66,46	60	97,48	-25,16	0	0	75	37,14	13,53	-127,1
DBO5	mg O2/L	>30% R.C.	30 - 40	72,41	42,03	75	71,1	45,3	18,55	7,66	-73,15	83,55	13	46,65	54,035	10,6
DQO	mg O2/L	NR	30 - 40											34,65	27,84	17,13
GRASAS Y ACEITES	mg/L	>80% R.C.		99,38	67,18	75	83,13	82,05	-7,71	34,4	-59,9	0	76,94	62,72	-5,48	72,98

Lo resaltado de color rojo son los parámetros salidos del rango indicando los resultados contrarios a la norma.

Dada la situación, los pozos sépticos de Control de Producción – Campamento 2005, Campamentos 3849-3851-3852 y el Casino, cumplen con el porcentaje de remoción de acuerdo al Decreto 1594 del 84 y la RAS 2000. Los espacios en blanco encontrado en la tabla son porque no se pudieron realizar las mediciones debido a que la tubería se encontraba sumergida para medir su caudal.

Los parámetros establecidos en los modelos de simulación de calidad que permitan determinar la capacidad asimilativa de sustancias biodegradables o acumulativas y la capacidad de dilución de sustancias no biodegradables fueron determinados por la Encargada Manejo y Administración del Recurso - EMAR ahora llamada Corporación Autónomas Regionales - CAR.

²¹ Decreto 1594 capítulo II, artículo 24 “Establecimiento de los modelos de simulación de calidad”, Junio de 1984.

Los pozos sépticos restantes se recomienda que se construyan de acuerdo a las siguientes especificaciones para su eficiente, eficaz tratamiento y cumplimiento de la normativa ambiental legal vigente. Las dimensiones dependen del número de habitantes.

Para determinar las especificaciones técnicas para la construcción de nuevos pozos sépticos se estableció una clasificación según los números de aportantes y se determinaron las cantidades de obra, así como la nomenclatura utilizada²².

Las siguientes tablas corresponden a las cantidades de obra según el dimensionamiento del pozo séptico y correspondiente al número de aportantes las cuales se relacionan a continuación:

²² Grupo investigador

Tabla 6. Nomenclatura para los Habitantes de uno (1) a quince (15)

- Enfermería
- Bodega Daza

DIMENSIONES		UNIDAD	CANT. OBRA	UNIDAD	CANT.
Rango	1 A 15	Hab.	Área Total Mampostería	m ²	10.29
Pobl. A servir	15	Hab.	No de ladrillos	Unid	987.84
Aportes	150	l/hab. día	Hierros 3/8"	Varilla de 6m	2.144
Coef. Retorno	0.8	fracción	Hierro 1/2"	Varilla de 6m	3.45
Caudal	2.1 E-05	m ³ /seg.	T 4" PVC	Und	3.00
Q.	0.021	Lps	Codo 4" PVC	Und	2.00
Volumen Agua	1.8	m ³	Tubería 4" PVC	Rollo 50m	0.416
Volumen1	1.2	m ³	Mortero mampos. 15	m ³	0.020
Volumen2	0.6	m ³	Cemento mampostería	Bultos	0.002
Vol.+ Lodos1	1.6	m ³	Arena negra mampo.	m ³	0.024
Vol.+ lodos2	0.8	m ³	Concreto base 1:2:2	m ³	0.40
Vol. Total	2.3	m ³	Cemento gris base	Bulto 50Kg.	0.068
Vol. Mínimo	2.0	m ³	Arena amarilla	m ³	0.268
Vol. Máximo	12.5	m ³	Triturado	m ³	8.334
Ancho	1.0	m	Construcción	Jornal	6.174
L/B	2				
Long. Total	2.0	m			
L1	1.3	m			
L2	0.7	m			
H. útil	1.17	m			
H. total	1.47	m	Volumen base	0.484	m ³
TRH	1	dia			

Tabla 7. Nomenclatura para Habitantes de veinte (20) a veinticinco (25)

- Pozo séptico Campamento 3874
- Pozo séptico Campamento 2005

DIMENSIONES		UNIDAD	CANT. OBRA	UNIDAD	CANT.
Rango	20 A 25	Hab.	Area Total Mapost	m ²	15.75
Pobl. a servir	25	Hab.	No de ladrillos	und	1512.0
Aportes	150	l/hab.-día	Hierros 3/8"	Varilla de 6m	2.14
Coef. Retorno	0.8	fracción	Hierro ½"	Varilla de 6m	3.45
Caudal	3.5 E-05	m ³ /seg.	T 4" PVC	Und	3.00
Q.	0.035	lps	Codo 4" PVC	Und	2.00
Volumen Agua	3.0	m ³	Tubería 4" PVC	Rollo 50m	0.41
Volumen1	2.0	m ³	Mortero mampos. 15	m ³	0.031
Volumen2	1.0	m ³	Cemento mampostería	Bultos 50kg	0.03
Vol.+ Lodos1	2.6	m ³	Arena negra mampo.	m ³	0.037
Vol.+ lodos2	1.3	m ³	Concreto base 1:2:2	m ³	0.40
Vol. Total	3.9	m ³	Cemento gris base	Bulto 50kg.	0.06
Vol. Mínimo	2.0	m ³	Arena amarilla	m ³	0.26
Vol. Máximo	12.5	m ³	Triturado	m ³	5.44
Ancho	1.0	m	Construcción	Jornal	9.45
L/B	2				
Long. Total	2.0	m			
L1	1.3	m			
L2	0.7	m			
H. útil	1.95	m			
H. total	2.25	m	Volumen base	0.484	M3
TRH	1	días			

Tabla 8. Nomenclatura para Habitantes de veinticinco (25) a treinta (30)

- Pozo séptico Campamento 3820,3821,3822,3823,3824

DIMENSIONES		UNIDAD	CANT. OBRA	UNIDAD	CANT.
Rango	25 A 30	Hab.	Area Total Mapost	m ²	15.75
Pobl. a servir	25	Hab.	No de ladrillos	Und	1512.0
Aportes	150	l/hab.-día	Hierros 3/8"	Varilla de 6m	2.14
Coef. Retorno	0.8	fracción	Hierro ½"	Varilla de 6m	3.45
Caudal	3.5 E-05	m ³ /seg.	T 4" PVC	Und	3.00
Q.	0.035	lps	Codo 4" PVC	Und	2.00
Volumen Agua	3.0	m ³	Tubería 4" PVC	Rollo 50m	0.41
Volumen1	2.0	m ³	Mortero mampos. 15	m ³	0.031
Volumen2	1.0	m ³	Cemento mampostería	Bultos	0.03
Vol.+ Lodos1	2.6	m ³	Arena negra mampo.	m ³	0.037
Vol.+ lodos2	1.3	m ³	Concreto base 1:2:2	m ³	0.40
Vol. Total	3.9	m ³	Cemento gris base	Bulto 50kg.	0.06
Vol. Mínimo	2.0	m ³	Arena amarilla	m ³	0.26
Vol. Máximo	12.5	m ³	Triturado	m ³	5.44
Ancho	1.0	m	Construcción	Jornal	9.45
L/B	2				
Long. Total	2.0	m			
L1	1.3	m			
L2	0.7	m			
H. util	1.95	m			
H. total	2.25	m	Volumen base	0.484	m ³
TRH	1	días			

Tabla 9. Nomenclatura para Habitantes de cincuenta y cinco (55) a sesenta (60)

- Pozo séptico Unidad de Bombeo, Facilidades y Planeación
- Pozo séptico Taller de Bombas, Taller Eléctrico y Limpieza de Pozos

DIMENSIONES		UNIDAD	CANT. OBRA	UNIDAD	CANT.
Rango	55 A 60	Hab.	Area Total Mapost	m ²	227.58
Pobl. a servir	60	Hab.	No de ladrillos	Und	2647.89
Aportes	150	l/hab. día	Hierros 3/8"	Varilla de 6m	4.54
Coef. Retorno	0.8	fracción	Hierro ½"	Varilla de 6m	7.15
Caudal	8.3 E-05	m ³ /seg.	T 4" PVC	Und	3.00
Q.	0.083	lps	Codo 4" PVC	Und	2.00
Volumen Agua	7.2	m ³	Tubería 4" PVC	Rollo 50 m	0.4167
Volumen1	4.8	m ³	Mortero mampos. 15	m ³	0.0552
Volumen2	2.4	m ³	Cemento mampostería	Bulto 50kg	0.0066
Vol.+ Lodos1	6.2	m ³	Arena negra mampo.	m ³	0.066
Vol.+ lodos2	3.1	m ³	Concreto base 1:2:2	m ³	0.7840
Vol. Total	9.36	m ³	Cemento gris base	Bulto 50kg	0.1212
Vol. Mínimo	2.0	m ³	Arena amarilla	m ³	0.47
Vol. Máximo	12.5	m ³	Triturado	m ³	3.10
Ancho	1.4	m	Construcción	Jornal	16.54
L/B	2				
Long. Total	2.8	m			
L1	1.9	m			
L2	0.9	m			
H. útil	2.39	m			
H. total	2.69	m	Volumen base	0.484	m ³
TRH	1	días			

Tabla 10. Nomenclatura para Habitantes de setenta (70) a setenta y cinco (75)

- Pozo séptico Bodega de materiales, Superintendencia, servicios y contraincendios.
- Pozo séptico Control de Producción, Hielera, Campamento 3873

DIMENSIONES		UNIDAD	CANT. OBRA	UNIDAD	CANT.
Rango	70 A 75	Hab.	Area Total Mapost	m ²	33.43
Pobl. a servir	75	Hab.	No de ladrillos	Und	3209.49
Aportes	150	l/hab. día	Hierros 3/8"	Varilla de 6m	4.54
Coef. Retorno	0.8	fracción	Hierro ½"	Varilla de 6m	7.15
Caudal	1.0 E-04	m ³ /seg.	T 4" PVC	Und	3.00
Q.	0.104	lps	Codo 4" PVC	Und	2.00
Volumen Agua	9.0	m ³	Tubería 4" PVC	Rollo 50m	0.4167
Volumen1	6.0	m ³	Mortero mampos. 15	m ³	0.0669
Volumen2	3.0	m ³	Cemento mampostería	Bulto 50kg	0.0080
Vol.+ Lodos1	7.8	m ³	Arena negra mampo.	m ³	0.0802
Vol.+ lodos2	3.9	m ³	Concreto base 1:2:2	m ³	0.7840
Vol. Total	11.7	m ³	Cemento gris base	Bulto 50kg	0.1212
Vol. Mínimo	2.0	m ³	Arena amarilla	m ³	0.47
Vol. Máximo	12.5	m ³	Triturado	m ³	2.56
Ancho	1.4	m	Construcción	Jornal	20.05
L/B	2				
Long. Total	2.8	m			
L1	1.9	m			
L2	0.9	m			
H. util	2.98	m			
H. total	3.28	m	Volumen base	0.484	m ³
TRH	1	días			

Las cantidades para la construcción de los pozos sépticos son estimadas, utilizando mampostería en ladrillo.

El número de aportante establecido para el presente documento son los que a la fecha proyectó el personal que laborará en el campo.

La capacidad de los sistema debe ser alineados a la máxima población aportante para lograr una eficiencia esperada.

Debido a la importancia del diagnóstico del pozo séptico no se tuvieron en cuenta en este estudio el análisis de suelo y el estudio hidráulico, pero si se realizaron la construcciones del filtro anaerobio y el campo de infiltración como lo indica los planos a fin de mejorar la eficiencia del sistema.

Para evitar los inconvenientes y malos olores que ocurren en el inicio de la operación de los tanques, se recomienda la introducción de 50 a 100 litros de lodo, proveniente de tanques sépticos antiguos o, en ausencia de estos, la misma cantidad de suelo rico en humus o estiércol fresco, con el fin de proporcionar las bacterias necesarias para la descomposición de la materia orgánica.

4. DISEÑO DE LA HERRAMIENTA QUE PERMITE LA EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA SÉPTICO DEL CAMPO CASABE

4.1 CLASIFICACIÓN GENERAL

Los sistemas de tratamiento de Aguas Residuales Domesticas – ARD implementados en el campo Casabe en su gran mayoría consisten en prismáticos rectangulares con pos-tratamiento de filtros. En su gran mayoría están conformados de acuerdo a la descripción general del funcionamiento que se da de los sistemas sépticos y posterior a esto se presentan las dimensiones y características de cada sistema.

Por lo anterior se desarrolla una tabla donde se identifica los pozos sépticos

4.2. TANQUE O POZO SÉPTICO

Son construcciones en mampostería impermeabilizado interiormente o tanques generalmente subterráneos y tapados, diseñados y construidos para el saneamiento en zonas sin alcantarillado. Su función es recibir y descontaminar las aguas residuales que se producen de las diferentes áreas cuando se realizan evacuaciones de las aguas grises o negras de los cuales deben llevar un sistema para separar residuos suspendidos de acuerdo a las siguientes recomendaciones e indicaciones.²³

No está permitido que les entre:²⁴

²³ SUEMATSU, Guillermo León. Protección sanitaria en el uso de aguas residuales y lodos de plantas de tratamiento. 1995

²⁴ BOAVENTURA, Geraldo. Daily chemical variability of domestic septic tank effluent. En: Water, Air, & Soil Pollution Volume 17, Number 2 Feb 1982; p. 131-139

- Aguas lluvias ni desechos capaces de causar interferencia negativa en cualquier fase del proceso de tratamiento.
- Los efluentes a tanques sépticos no deben ser dispuestos directamente en un cuerpo de agua superficial.
- Deben ser tratados adicionalmente para mejorar la calidad del vertimiento.

Tipos de tanques o pozos sépticos.

Se permiten los siguientes tipos de pozos sépticos:

- Tanques convencionales de dos compartimentos.
- Equipados con un filtro anaerobio.
- Según el material: de concreto o de fibra de vidrio o de otros materiales apropiados.
- Según la geometría: rectangulares o cilíndricos

Localización

La localización del tanque séptico y de los elementos destinados a la disposición del efluente, deberán cumplir con los siguientes requisitos: ²⁵

- El tanque séptico deberá localizarse, en un sitio donde no produzca contaminación de pozos de agua, manantiales u otras fuentes de agua.
- Deberá localizarse aguas abajo de pozos y manantiales.
- No podrá localizarse en zonas pantanosas, ni áreas susceptibles de inundación.

²⁵ REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES. Norma de Saneamiento S.090 "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales". Edición Enero de 1997

- Deberá localizarse en un sitio, que permita desarrollar la pendiente especificada para las tuberías domiciliarias.
- El sitio seleccionado para ubicar el tanque, deberá ser accesible para realizar la limpieza e inspección, y deberá disponer de suficiente área para el tratamiento del efluente del tanque.
- Será muy conveniente localizar el tanque lo más cerca posible de la siguiente unidad de tratamiento.
- La localización deberá ser tal, que permita desarrollar la pendiente necesaria en el tratamiento posterior, sin que las tuberías queden enterradas más de lo exigido.
- Por ningún motivo se permitirá la localización del tanque en zonas de laderas o en áreas muy escarpadas.
- El tanque debe presentar facilidades para la conexión, del colector de la casa, al futuro alcantarillado.

Por lo anterior, en la construcción de los pozos sépticos aparte del área de construcción se debe tener en cuenta unas distancias mínimas para definir la localización de los sistemas como se indica en la tabla 11.

Tabla 11. Distancias mínimas para definir la localización de un sistema de pozos sépticos.

ELEMENTO DEL QUE SE GUARDA UNA DISTANCIA	DISTANCIA HORIZONTAL (metros)
• Nivel máximo de la superficie del agua de una represa o lago	25.0
• Corriente, río o quebrada.	25.0
• Pozo de agua o su tubería de succión	15.0
• Tubería de abastecimiento de agua (a presión)	3.0
• Una casa o sus dependencias.	3.5
• Límites de propiedad.	3.0
• Líneas divisorias de lotes.	1.5
• Piscina o charco	8.0
• Cortes, terraplenes, escarpes o coronas de taludes o laderas.	15.0
• Árboles grandes.	3.0
• Caminos peatonales	3.0
• Caminos peatonales	1.5

Fuente: CONSORCIO HIDRAMSA – AIM, MUNICIPIO DE MEDELLÍN, 2001. Estudio de sistemas y tecnologías para solucionar la problemática del saneamiento hídrico en sectores críticos del área rural del municipio de Medellín, aguas residuales

Dimensionamiento del Volumen útil.

La metodología de diseño debe garantizar el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Rendimiento del proceso de tratamiento.
- Almacenamiento de lodos.
- Amortiguamiento de caudales pico.

Para el cálculo del volumen útil del tanque séptico se recomienda el siguiente criterio:

$$V_u = 1000 + N_c (CT + KL_f)$$

- Vu= Volumen útil
 Nc= Número de contribuyentes
 C= Contribución de lodos frescos
 T= Tiempo de retención
 K= Constante acumulación de lodos (por intervalo de temperatura °CG)
 Lf= Lodos frescos

Tabla 12. Contribución de aguas residuales por persona

Predio	Unidades	Contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco L _f (L / día)	
		C	L _f
Ocupantes permanentes			
Residencia			
<i>Clase alta</i>	persona	160	1
<i>Clase media</i>	persona	130	1
<i>Clase baja</i>	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1
Ocupantes temporales			
Fábrica en general	persona	70	0.30
Oficinas temporales	persona	50	0.20
Edificios públicos o comerciales	persona	50	0.20
Escuelas	persona	50	0.20
Bares	persona	6	0.10
Restaurantes	comida	25	0.01
Cines, teatros o locales de corta permanencia	local	2	0.02
Baños públicos	tasa sanitaria	480	4.0

Fuente. Título E.3.4 del RAS 2000

Tabla 13. Tiempos de retención

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
Hasta 1,500	1.00	24
De 1,501 a 3,000	0.92	22
De 3,000 a 4,500	0.83	20
4,501 a 6,000	0.75	18
6,001 a 7,500	0.67	16
7,501 a 9,000	0.58	14
mas de 9,000	0.50	12

Fuente. Título E.3.4 del RAS 2000

Tabla 14. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo temperatura ambiente (t) en °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t \geq 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fuente. Título E.3.4 del RAS 2000

Geometría

Los tanques pueden ser cilíndricos o prismáticos rectangulares. Los cilíndricos se utilizan cuando se quiere minimizar el área útil aumentando la profundidad, y los prismáticos rectangulares en los casos en que se requiera mayor área horizontal o mayor profundidad.²⁶

Medidas internas mínimas recomendadas:

- Profundidad útil. debe estar entre los valores mínimos y máximos dados en la Tabla 15, de acuerdo con el volumen útil obtenido mediante la ecuación en mención.
- Diámetro interno mínimo de 1.10 m, el largo interno mínimo de 0.80 m y la relación ancho / largo mínima para tanques prismáticos rectangulares de 2:1 y máxima de 4:1.

²⁶ BURBANO, DIAGO, Julio. Recomendaciones para una política en el sector de agua negras EN: Acodal. Vol. 28 No.124 May – Ago 1985 p.5-17.

Tabla 15. Valores de profundidad útil

Volumen útil (m ³)	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1.2	2.2
De 6 a 10	1.5	2.5
Más de 10	1.8	2.8

Fuente. Título E.3.4 del RAS 2000

Número de cámaras

Se recomiendan cámaras múltiples, en serie para tanques de volúmenes pequeños a medianos, que sirvan hasta 30 personas. Para otros tipos de tanques, se recomienda lo siguiente:

- Tanques cilíndricos: tres cámaras en serie.
- Tanques prismáticos rectangulares: dos cámaras en serie.

Filtro de grava

Se recomienda para el dimensionamiento utilizar la siguiente metodología:

- **Volumen útil del medio filtrante,** El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios:
 - Atascamiento.
 - Área específica.
 - Tiempo de contacto.
 - Granulometría.

- Metodología de cálculo usual, Área horizontal $Ah = \frac{Vu}{1.80}$

Recomendación de detalles constructivos. El medio filtrante debe tener una granulometría uniforme; la profundidad (h) útil es 1.80 m para cualquier volumen de dimensionamiento; el diámetro (d) mínimo se recomienda de 0.95 m; el diámetro máximo y el largo (L) no deben exceder tres veces la profundidad útil y el volumen útil mínimo será 1,250 L.

4.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Los lodos y las espumas acumuladas deben ser removidos en intervalos equivalentes al periodo de limpieza del proyecto (Ver tabla 16).

Tabla 16. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo temperatura ambiente (t) en °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t ≥ 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fuente. Título E.3.4 del RAS 2000

Estos intervalos se pueden ampliar o disminuir, siempre que estas alteraciones sean justificadas y no afecten los rendimientos de operación ni se presenten olores indeseables.

Debe realizarse una remoción periódica de lodos por personal capacitado que disponga del equipo adecuado para garantizar que no haya contacto entre el lodo y las personas. Antes de cualquier operación en el interior del tanque, la cubierta debe mantenerse abierta durante un tiempo suficiente (>15 min.) para la remoción

de gases tóxicos o explosivos. En ningún caso los lodos removidos, pueden arrojarse a cuerpos de agua. En zonas aisladas, los lodos pueden disponerse en lechos de secado. Los lodos secos pueden disponerse en rellenos sanitarios o en campos agrícolas; cuando estos últimos no estén dedicados al cultivo de hortalizas, frutas o legumbres que se consumen crudas.

4.4 POSTRATAMIENTOS

Campo de infiltración. Consiste en una serie de trincheras angostas y relativamente superficiales rellenas con un medio poroso (normalmente grava).

Localización, Deben localizarse aguas abajo de los tanques sépticos y deben ubicarse en suelos cuyas características permitan una absorción del agua residual que sale de los tanques sépticos a fin de no contaminar las aguas subterráneas. Los canales de infiltración deben localizarse en un lecho de piedras limpias cuyo diámetro debe estar comprendido entre 10 y 60 mm. Debe evitarse la proximidad de arboles, para evitar la entrada de raíces. ver tabla 17 a continuación:

Tabla 17. Dimensiones para sistemas de infiltración.

Parámetro	Dimensión
Diámetro de canales	0.10 – 0.15 m
Pendiente	0.3 – 0.5%
Largo máximo	30 m
Ancho del fondo	0.45 – 0.75 m

Fuente: CONSORCIO HIDRAMSA – AIM, MUNICIPIO DE MEDELLÍN, 2001. Estudio de sistemas y tecnologías para solucionar la problemática del saneamiento hídrico en sectores críticos del área rural del municipio de Medellín, aguas residuales

El área de absorción, el área necesaria debe obtenerse con base en las características del suelo, que se determinan en los ensayos de infiltración. En la tabla 18 aparecen valores típicos que se deben usar para el diseño.

Tabla 18. Área de absorción del campo de infiltración

Tiempo de infiltración	Área de absorción necesaria en el fondo del campo (m ²)	
	Habitaciones	Escuelas
	Por cuarto	Por salón
Minutos		
2	4.50	0.8
3	5.50	1.0
4	6.50	1.1
5	7.50	1.2
10	9.0	1.7
15	12.0	2.0
30	16.5	2.8
60	22.0	3.5

Por encima de 60 minutos, no se recomienda esta solución.

4.5 CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE SÉPTICO

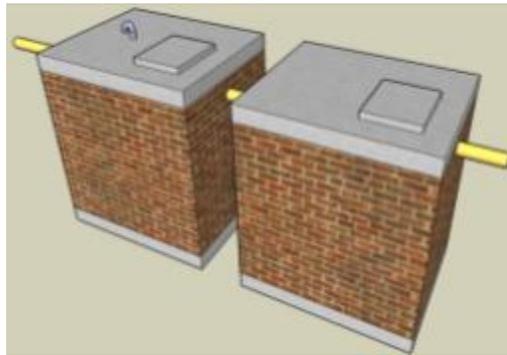
El tanque séptico a construir, es un sistema que contiene entre 2 a 4 cámaras de inspección, en la primera cámara los materiales sólidos más pesados como la materia fecal, sobras de comida y otros van al fondo por sedimentación y los más livianos como aceites, grasas, natas, etc., se quedan en la superficie por flotación.²⁷

En la segunda cámara caen los residuos tanto livianos como pesados que no fueron retenidos en la primera cámara, dando inicio al proceso biológico. En la tercera cámara se retienen los residuos que no fueron retenidos en las cámaras 1

²⁷ WATER FOR THE WORLD, "Constructing Septic Tanks", technical NOTE N°SAN 2.C.3, Washington D.C., A.I.D. 1982

y 2. Finalmente en la cuarta cámara termina el proceso de purificación del agua con una eficiencia del 85%. Esta cámara contiene el filtro anaerobio el cual está hecho de mampostería, en el que se adhieren las bacterias, las cuales consumen los contaminantes presentes en el agua. (Ver Figura 9).

Figura 9. Tanque séptico y filtro anaerobio.



Fuente: <http://www.sanear.net/>, junio de 2010

4.5.1 Especificaciones técnicas de los materiales

a. Concreto:

Cuando se mezcla cantidad de cemento, arena, grava y agua que se necesita para el concreto hay que tener en cuenta:

- Una común mezcla por volumen es una parte de cemento, dos partes de arena, tres partes de grava y dos terceras partes de agua.
- El concreto mezclado es acerca de las dos terceras partes del volumen original de todas las partes.

b. Material reforzado

Si el reforzamiento del material es por acoplamiento con alambre, entonces la cantidad aproximada será igual a la combinación del área superficial de cada losa. Unidos a la suma del área de la tapa, más el área del fondo, más el área de los lados, más el área de los dos extremos. El área de la tapa es la longitud de la salida y el ancho a la vez. El área de los dos extremos es una vez el ancho interior y dos veces la altura interior.

c. Tubería de extracción de lodos

La tubería será no corrosiva, de hierro fundido, de 200 mm de diámetro como mínimo.

d. Tubería de drenaje de los lodos al lecho de secado

La tubería será de hierro fundido, de 100 mm de diámetro como mínimo. En caso se tenga cambios de dirección se necesitará válvulas de limpieza.

e. Material para el lecho de secado ²⁸

El medio de soporte recomendado está constituido por:

- Una capa de ladrillos.
- Arena de medio filtrante con un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3 mm y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5.
- Grava graduada entre 1,6 y 51 mm (1/6" y 2") de 0,20 m de espesor.

- Localización, replanteo y cerramiento

²⁸

Esta especificación se refiere a la ejecución de las operaciones de localización, de replanteo y de control topográfico (planimétrico y altimétrico) de las obras, conforme a lo indicado en los planos. Las labores anteriormente citadas, deberán hacerse con equipos adecuados y materiales de primera calidad, para lo cual el Contratista suministrará las estacas, mojones, pinturas, puntillas, piolas, etc., en cantidades suficientes para el control de alineamientos y cotas de los ejes y de todos los elementos estructurales de la obra.

La localización se hará, ciñéndose a los planos de localización general del proyecto, utilizando instrumentos de precisión y con el personal técnico requerido, que permitan fijar adecuadamente los puntos topográficos auxiliares. El replanteo se hará basándose en los dibujos de construcción del proyecto, referenciando los ejes o paramentos en forma adecuada para garantizar la fijación y estabilidad de las marcas.

- Descapote del terreno

Los trabajos comprenden el retiro de material orgánico y raíces que puedan obstaculizar las obras de adecuación. Este material se debe disponer en la zona designada por el interventor según el tipo de material retirado. El descapote se realizará excavando mecánicamente una capa de 40 cm, dejando el terreno libre de maleza y completamente nivelado, esto con el fin de preparar el terreno para la construcción del centro de acopio.

- Excavación manual en material común.

Este ítem comprende la remoción por medios manuales de toda la tierra o conglomerados necesarios para obtener los niveles previstos en los planos.

El trabajo incluye además el cargue, transporte y descargue de los materiales no aprovechables de excavación y su correcta disposición en los sitios autorizados por las autoridades competentes.

Se incluyen también otras actividades tales como entibar, acodalar, entarimar, bombear agua, retirar derrumbes y cualquier otra que se requiera para proteger las excavaciones.

Los siguientes trabajos se consideran implícitamente incluidos dentro del alcance de las excavaciones.

- a. Control de agua durante todo el proceso de la construcción de la obra.
- b. Las vallas y señales para seguridad en la zona en donde se efectúen los trabajos.
- c. La reparación de conexiones que se dañen en los trabajos de excavación de zanjas.
- d. La adecuada disposición de los materiales.

Las excavaciones realizadas por fuera de las líneas del Proyecto definidos en los planos o sin autorización del Interventor, se considerarán como sobre excavaciones.

Las siguientes disposiciones mínimas deberán tenerse en cuenta en todo tipo de excavaciones:

- a. Las operaciones de excavación se harán respetando en un todo las dimensiones indicadas en los planos u ordenadas por la Gestoría
 - c. Las excavaciones para cimentaciones deben llevarse hasta obtener un piso de cimentación que satisfaga al Interventor, aunque el nivel así obtenido sea inferior al indicado en los planos.
 - d. debe tomar las precauciones necesarias para controlar la estabilidad de los taludes de excavación así como los terrenos vecinos.
- Relleno con material seleccionado.

Comprende el suministro de material seleccionado (Recebo) y construcción de terraplenes, rellenos en zanja y rellenos alrededor de estructuras con el material suministrado, hasta los niveles indicados en el Proyecto en los sitios indicados en los planos.

Todas las operaciones de relleno incluyen los siguientes trabajos:

- a. Conformación y compactación de rellenos.
 - b. Preparación del terreno de cimentación.
 - c. Toma de densidades para control de Calidad.
- Preparación de Superficies de Cimentación

Material de relleno, se escarificará la superficie y se humedecerá, según lo indique el gestor, para lograr una mejor adherencia entre la fundación y el terraplén.

La superficie inferior de las zanjas, especificada en los planos se compactará a la densidad óptima correspondiente al contenido de humedad propio del material, previa evacuación de las aguas lluvias o freáticas almacenadas en la zanja.

- Concreto solado 2000 psi e=5 cm

comprende los trabajos necesarios para la construcción de concreto de 2000 psi y espesor de 5 cms. El ítem incluye el suministro del concreto de resistencia de 2000 psi y formaletas necesarias para la construcción del cimiento. Se construirán cimientos en los sitios que indiquen los planos o señale la interventoría.

- Piso en concreto de 2500 psi. e=0,12m. (incluye refuerzo para temperatura)

Comprende los trabajos necesarios para las construcción de piso en concreto simple de 2500 psi, de espesor 0.12m.

El ítem incluye el suministro del concreto de resistencia de 2500psi.

El ítem incluye la adecuación del terreno de base para el piso.

Se construirán piso en los sitios que indiquen los planos. Se incluye el refuerzo por temperatura en varilla de 5 mm separadas cada 20cm en ambos sentidos.

- Tubería sanitaria pvc 4"

Este ítem comprende el suministro e instalación de tubería pvc sanitaria de diámetro 4", incluyendo si es necesarios accesorios como yees, reducciones, codos, uniones, etc. El ítem incluye el limpiador y soldadura para pvc.

Se instalara tubería pvc sanitaria de diámetro 4" en los sitios que indiquen los planos o señale la Gestoría y en el tipo requerido por la obra como son: tubería suspendida, en mampostería, en concreto y bajo tierra hasta 30 cms de profundidad haciendo el respectivo resane de las mismas características del actual utilizando los procedimientos y herramientas adecuadas para cada caso.

- Excavación del hoyo para el tanque séptico

Se deberá usar maquinaria pesada para tal efecto, además su facilidad o dificultad dependerá de la profundidad que haya sido proyectada para el tanque. Se considerará el nivel de las aguas subterráneas, porque ocasionará problemas al momento de la excavación si esta se encontrarse cerca al nivel de terreno.

Desplegar de arena y grava en el fondo de la excavación, para la filtración que pudiera haber y asentar el suelo. Durante la construcción hay que fijarse si se está construyendo correctamente el tanque.

- Mezcla del concreto

El concreto tendrá unas proporciones de cemento, arena, grava y agua. Una común mezcla por volúmenes es una parte de cemento, dos partes de arena, tres partes de grava y suficiente agua para que la mezcla quede bastante tiesa.

- Construcción del fondo del tanque

Armar los encofrados de madera para el fondo del tanque se colocarán en el fondo del hoyo acorde con las dimensiones (largo, ancho y grosor) del plano.

El fondo será de concreto armado. La superficie de la losa del fondo deber ser liza para que permita el deslizamiento de los lodos hacia el fondo.

Cuando se presente más de tres cámaras éstas pueden estar interconectadas por una tubería la cual deberá colocarse en la parte más profunda del pozo, por tal motivo deberá construirse antes esta sección de interconexión, la cual será una zanja donde se colocará una tubería de hierro fundido de 100 mm de diámetro.

- Construcción de las paredes del tanque

Armar los encofrados de madera para las paredes, éstas serán de concreto armado. Una vez vaciado el concreto se colocará barras para ayudar a la seguridad de las paredes y evitar cualquier accidente que pudiera ocurrir. Las superficies de las paredes tiene que ser lo más liso posible para que no haya retención de lodos en ellas.

- Caja de inspección 0,60m x 0,60m

Comprende la construcción de cajas de inspección para alcantarillado de dimensión libre 0.60m x 0.60m y altura libre de 0.50m.

La caja deberá ser construida con las siguientes características:

- Piso de $e=0.08m$, en concreto simple de 2500 psi, con cañuela para el encauzamiento de las aguas.
- Mampostería en ladrillo tolete, pegado en posición de plan o soga.

- Friso impermeabilizado por la parte interior de la caja.
- Tapa de $e=0.10\text{m}$, en concreto reforzado de 2500 psi. El refuerzo será 4 varillas de $\frac{1}{2}$ " cada 0.20m, en ambos sentidos.
- Trampa para grasas y aceites de 0.80 x 0.80 m completa

La trampa de grasas consiste en un pequeño tanque o caja cubierta, provista de una entrada sumergida y de una tubería de salida que parte cerca del fondo. Tiene por objeto interceptar las grasas y jabones presentes en las aguas residuales provenientes de cocinas y lavaderos. (Ver tabla 19).

El funcionamiento de la trampa de grasas, se basa en el principio de que el agua residual que va entrando es más caliente que la que contiene el tanque, y se enfría al llegar a éste, lo cual hace que la grasa se solidifique y flote sobre la superficie, de donde se extrae periódicamente, para ser dispuesta adecuadamente en un sitio determinado.

- Función

Los residuos líquidos provenientes de cocinas y lavaderos, contienen cantidades de grasa y jabón, que pueden llegar a afectar el sistema de tratamiento que se haya proyectado para dichas aguas.

- Capacidad

La capacidad de la trampa de grasas, deberá basarse en el número de personas servidas.

Tabla 19. Dimensiones recomendadas para una trampa de grasas

NUMERO DE PERSONAS				Capacidad Efectiva (Litros)	DIMENSIONES RECOMENDADAS		
Residencias	Escuelas	Restaurantes	Hoteles		A (cm.)	D (cm.)	H (cm.)
Hasta 10	Hasta 30	Hasta 60	Hasta 15	112.5	50	45	75
15	45	90	24	120.0	50	48	78
20	60	120	32	125	50	50	80
25	75	150	40	148	53	53	83
30	90	180	47	166	55	55	85
40	240	240	63	184	60	51	81
50	375	300	79	220	60	60	90
60	510	360	95	274	65	65	95
80	780	480	127	343	70	70	100
100	1050	600	143	421	75	75	105

El dispositivo de salida consiste en una T, cuyo ramal inferior empezará al mismo nivel del líquido y deberá prolongarse hasta 15 cm. del fondo de la trampa de grasas.

Alcance: ítem comprende la construcción de trampa para grasas de dimensión libre 0.80m x 0.80m y altura libre de 0.80m.

La trampa deberá ser construida con las siguientes características:

- Piso de $e=0.08m$, en concreto simple de 2500 psi, con cañuela para el encauzamiento de las aguas.
- El flujo se encauzara desde las bocas de entrada hasta la boca de salida, mediante cañuelas de sección circular en el fondo de la caja, la altura no menor de $2/3$ del diámetro del tubo de salida.

- Mampostería en ladrillo tolete, pegado en posición de plan o soga.
- Friso impermeabilizado por la parte interior de la caja.
- Tapa de $e=0.10\text{m}$, en concreto reforzado de 2500 psi. El refuerzo será 4 varillas de $\frac{1}{2}$ " cada 0.20m, en ambos sentidos. Se incluye 2 manijas en varilla $\frac{1}{2}$ " que deslice al interior de la caja para evitar accidentes.

4.6 TANQUE SÉPTICO TIPO CONVENCIONAL DEL CAMPO CASABE

- Funcionamiento

En el tanque séptico se lleva a cabo la digestión y decantación del efluente en cámaras separadas. El período de retención está comprendido entre 12 y 24 horas; durante este período, los sólidos se sedimentan en el fondo del tanque, en donde tiene lugar una digestión anaeróbica, ayudada por una gruesa capa de espuma que se forma en la superficie del líquido. Se logra así la retención de sólidos biodegradables contenidos en el material orgánico.

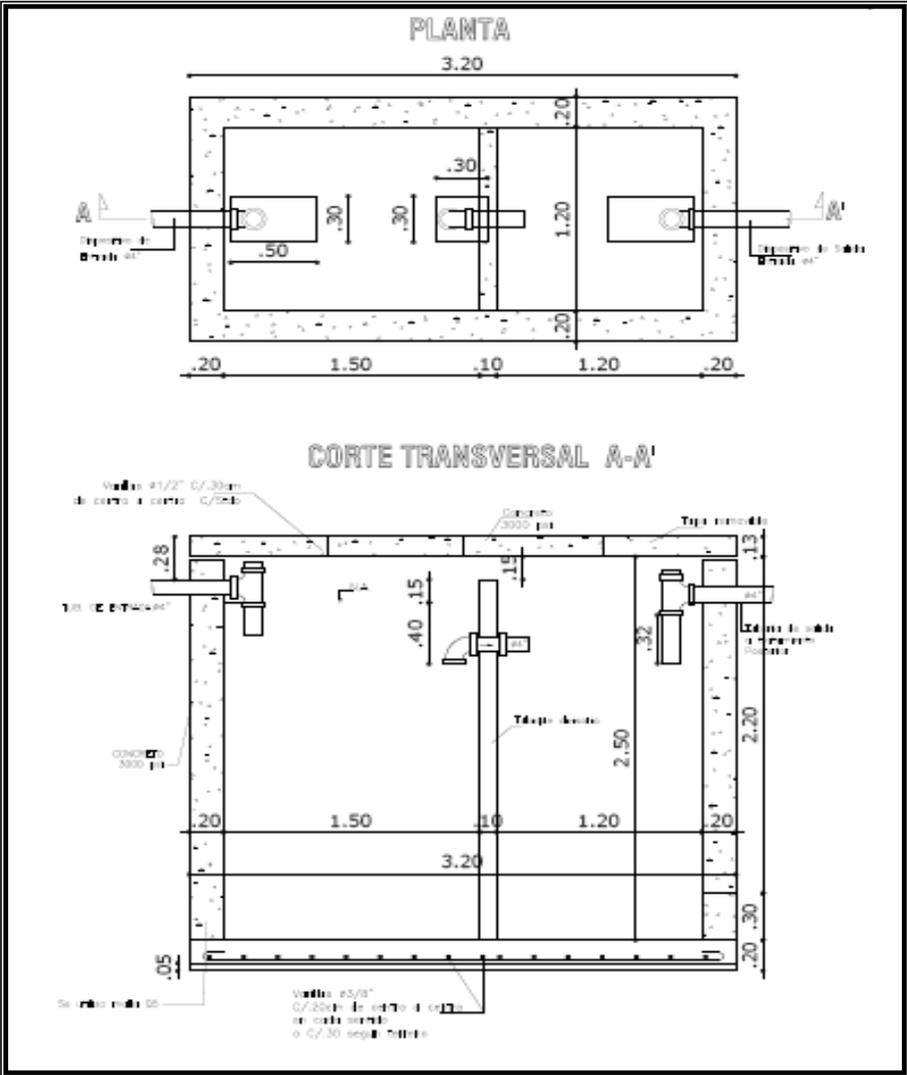
- Estructura de los tanques.

La estructura es construida en concreto, con una resistencia a la compresión de 3.000 PSI, con aditivo especial para la resistencia a la corrosión e impermeabilización integral. En algunos casos que no se usó este material, las paredes y el fondo se pañetaron con un espesor de 2cm. Así mismo, se cuentan con una base en recebo convenientemente compactado de 0,1 m de espesor, antes de la base del tanque.

Los tanques están proporcionados con accesos adecuados a cada compartimiento del tanque, para propósitos de inspección, limpieza y monitoreo. Dichos accesos son tapas de concreto, ya que estos tanques son superficiales.

El dispositivo de entrada, está conformado por un tubo localizado por encima del nivel normal del líquido; así mismo el dispositivo de salida cuenta con una pantalla deflectora, que se ubica bajo la superficie del líquido y un tubo de salida, que corresponde a la descarga del tanque (Ver figura 10).

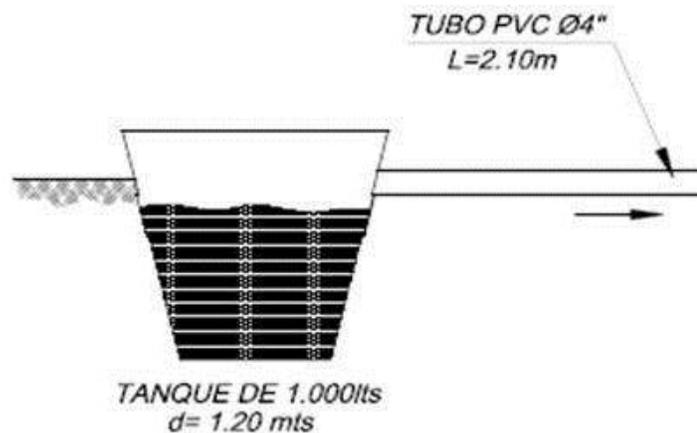
Figura 10. Vista en planta y sección transversal de tanque séptico



Fuente: Informe de Aguas Residuales, Diciembre de 2009.

Todos los pozos sépticos del campo Casabe son de tipo convencional a excepción de los pozos P. 18 - Centro de Acopio y P.17 - Casa 3817 los cuales son prefabricados. Las tapas fueron construidas en concreto de 3000 psi, a excepción de los sistemas prefabricados (P. 18 Centro de Acopio y P.17 Casa 3817). (Ver Figura 11).

Figura 11. Pozo séptico prefabricado.



Fuente:http://www.rotoplast.com.co/wpcontent/themes/mimbo/pdf/new/IMHOFF_Instructivo_de_instalacion.pdf, junio de 2010

4.7 SISTEMA DE POST TRATAMIENTO DE LOS TANQUES SEPTICOS DEL CAMPO CASABE: FILTRO ANAERÓBICO

- Funcionamiento

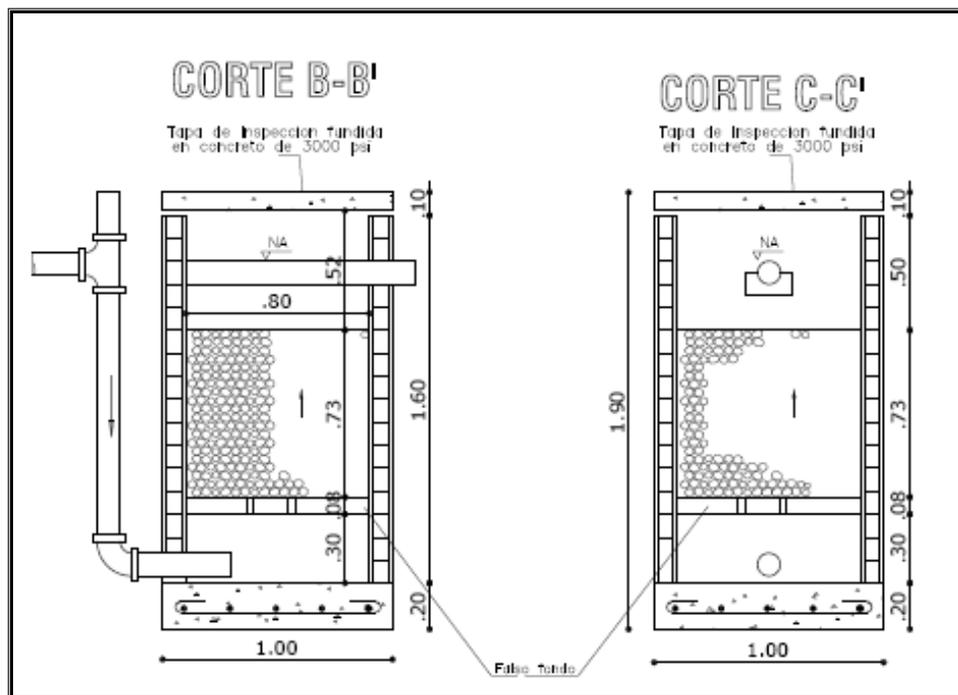
El Filtro anaeróbico es una estructura que permite que se lleve a cabo el proceso de descomposición final de la materia orgánica carbonácea, consiste en un tanque de ladrillo y concreto, alimentado por el fondo, a través de una cámara difusora. El efluente entra a través de esta y sube por entre los intersticios dejados por el agregado, formando una película biológicamente activa, la cual degrada una parte importante de la materia orgánica. Con este sistema, la eficiencia en remoción de DBO_5 es altamente dependiente de la temperatura, que en general podría ser del orden de 70%.

Los filtros de los tanques sépticos tipo convencionales tienen una capa de fondo de grava gruesa y una capa superior de arenas gruesas y gravas finas. Este tipo de filtro se encuentra en los pozos PS.01 – PS.02 –PS.03 – PS.04 – PS.05 – PS.06 - PS.07 –PS.08 – PS.10 –PS11- PS.12 –PS.13 –PS15 – PS.16.

- Composición filtro en grava

Se compone de una capa de grava limpia de 0,15 m de espesor en el fondo de la zanja de infiltración constituida por material con granulometría entre 2,5 a 5,0 cm. Sobre ella se acomodará la tubería de distribución y se la cubrirá totalmente con la misma grava. Encima de la grava gruesa se colocará una capa de grava fina de 0,10 m de espesor y granulometría de 1,0 a 2,5 cm, ó según indiquen especificaciones para construcción de zanjas de infiltración. Ver figura 12

Figura 12. Filtro Anaerobio pozos sépticos convencionales.



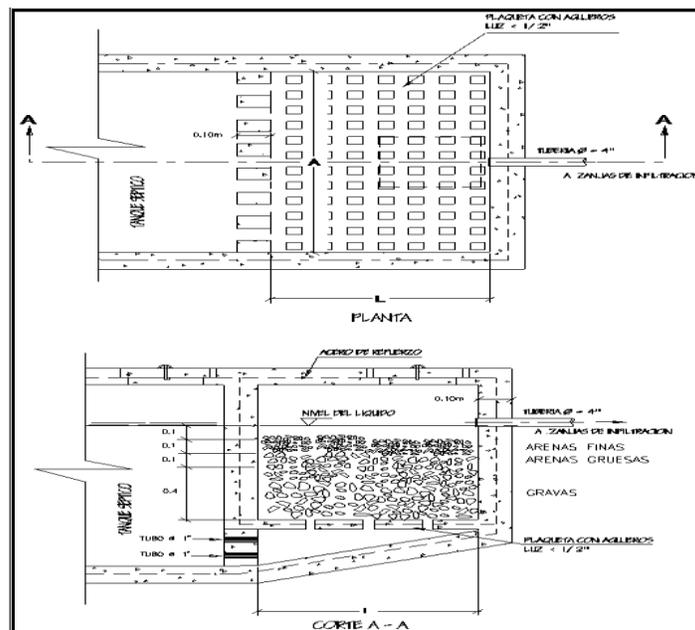
Fuente: Informe de Aguas Residuales, Diciembre de 2009.

- Estructura

La estructura de los filtros es construida en concreto con una resistencia a la compresión de 3.000 PSI, con aditivos especiales para la resistencia a la corrosión e impermeabilización del concreto. En algunos casos que no se usó este material, las paredes y el fondo se pañetaron con un espesor de 2cm. Así mismo, se cuentan con una base en recebo convenientemente compactado de 0,1 m de espesor, antes de las placas de los pisos de los filtros, como se muestra en la Figura 13.

El material que conforma el lecho filtrante, proviene de piedra o grava triturada, cenizas de hulla o escoria de altos hornos, limpios y libres de polvo o material fino. Así mismo, este material posee aristas definidas y superficies ásperas.

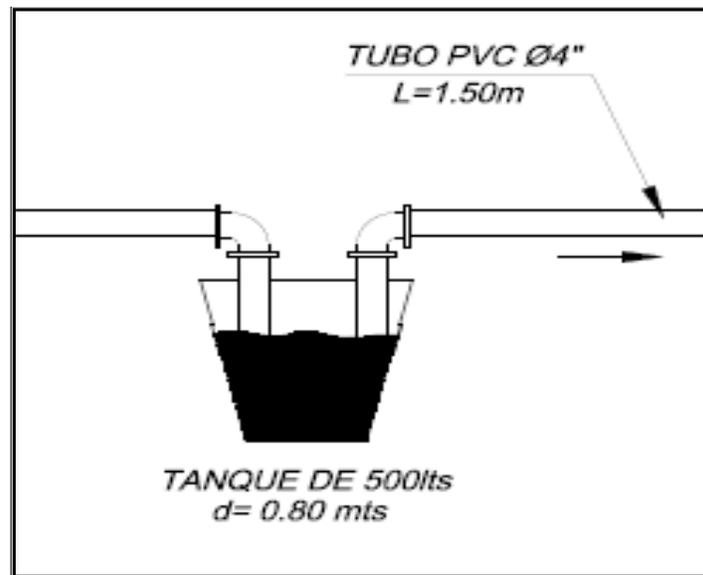
Figura 13. Filtro anaerobio de pozos sépticos convencionales.



Fuente: http://www.minambiente.gov.co/Puerta/destacado/vivienda/gestion_ds_municipal/nuevas_guias/carbon_exploracion/contenid/medidas.htm; julio de 2011

El esquema del filtro anaerobio de los tanques sépticos prefabricados de los sistemas P.17 – P18, se presenta a continuación:

Figura 14. Filtro Anaerobio Sistemas Sépticos Prefabricados.



Fuente:http://www.rotoplast.com.co/wpcontent/themes/mimbo/pdf/new/IMHOFF_Instructivo_de_instalacion.pdf, junio de 2010

- Caja de distribución

La caja distribuidora del agua residual sedimentada deberá permitir el reparto uniforme del flujo a cada tubería de distribución. Frente a la boca de ingreso del efluente del tanque séptico a la caja distribuidora, deberá existir una pantalla de atenuación que distribuya el flujo en todo lo ancho de la caja. La repartición a cada zanja se podrá obtener por medias cañas vaciadas en la losa de fondo, vertederos distribuidores de flujos, o por otro sistema debidamente justificado que se ubicará después de la pantalla de atenuación. La caja distribuidora será de 0,6 x 0,3 m

para profundidades hasta 0,6 m y de 0,6 x 0,6 m para profundidades mayores a 0,6 m

4.7.1 Construcción de zanjas de infiltración

- ***Zanja de Infiltración:***

Definición: Excavación larga y angosta realizada en la tierra para acomodar las tuberías de distribución del agua residual sedimentada en el tanque séptico, y para su consiguiente infiltración en el suelo permeable.

- ***Camellón***

Acumulación de tierra que se coloca sobre la zanja para compensar el hundimiento del terreno como consecuencia de la compactación natural del suelo.

La distancia mínima de cualquier punto de la zanja de infiltración a viviendas, tuberías de agua, pozos de abastecimiento y cursos de agua superficiales (ríos, arroyos, etc.) serán de 5, 15,30 y 15 metros respectivamente.

La distancia mínima entre la zanja y cualquier árbol debe ser mínimo a 2.80 m
Cuando se dispongan de dos o más zanjas de infiltración en paralelo, se requerirá instalar una o más cajas de distribución de flujos.

La caja distribuidora del agua residual sedimentada deberá permitir el reparto uniforme del flujo a cada tubería de distribución. Frente a la boca de ingreso del efluente del tanque séptico a la caja distribuidora, deberá existir una pantalla de atenuación que distribuya el flujo en todo lo ancho de la caja. La repartición a cada zanja se podrá obtener por medias cañas vaciadas en la losa de fondo, vertederos distribuidores de flujos, o por otro sistema debidamente justificado que se ubicará después de la pantalla de atenuación.

La caja distribuidora será de 0,6 x 0,3 m para profundidades hasta 0,6 m y de 0,6 x 0,6 m para profundidades mayores a 0,6 m

La longitud de la zanja de infiltración se determinará mediante la división del área útil del campo de infiltración entre el ancho de la zanja de infiltración.

La longitud deseable de cada zanja de infiltración será de 12 m, permitiéndose en casos justificados longitudes hasta de 20 m.

Las líneas de distribución deben ser de igual longitud, y la separación de eje a eje no deberá ser menor de 2,1 m.

La tubería de distribución estará conformada por tubos de PVC, 4" de diámetro, 0,30 m de longitud y espaciados entre ellos de 10 mm. Alternativamente, podrán practicarse en la parte baja de los tubos, perforaciones de 13 mm de diámetro espaciados 0,15 m.

En el fondo de la zanja de infiltración se acomodará una capa de grava limpia de 0,15 m de espesor constituida por material con granulometría entre 2,5 a 5,0 cm. Sobre ella se acomodará la tubería de distribución y se la cubrirá totalmente con la misma grava. Encima de la grava gruesa se colocará una capa de grava fina de

0,1 m de espesor y granulometría de 1,0 a 2,5 cm. Sobre la capa de grava fina, y para evitar la alteración de la capacidad filtrante de la grava, se colocará papel grueso o una capa de cinco centímetros de espesor de paja o cualquier tipo de material permeable que facilite la evapotranspiración del agua residual aplicada en la zanja de infiltración (ver figura 15).

Sobre el papel grueso o la capa de paja se colocará el material de relleno hasta alcanzar el nivel natural del suelo. Se debe evitar compactar fuertemente el material de relleno para no afectar la cama de grava y considerar la formación de un camellón para compensar el hundimiento del terreno causado por el asentamiento natural del mismo.

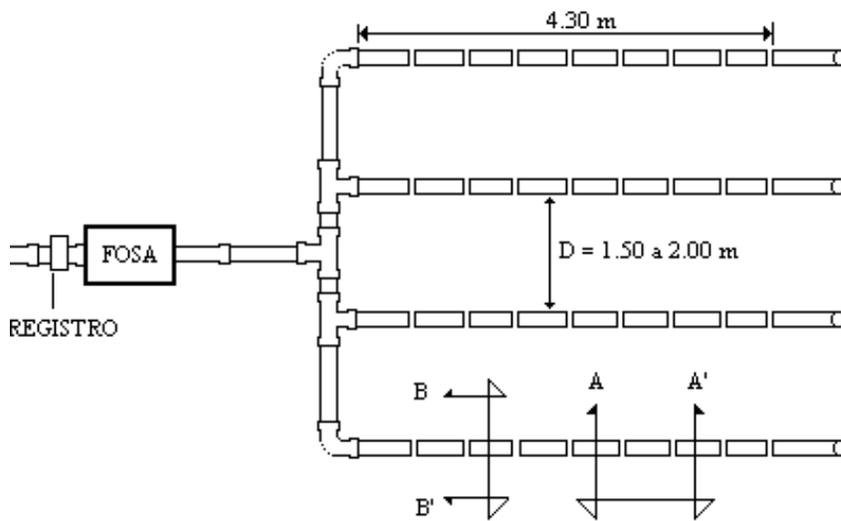
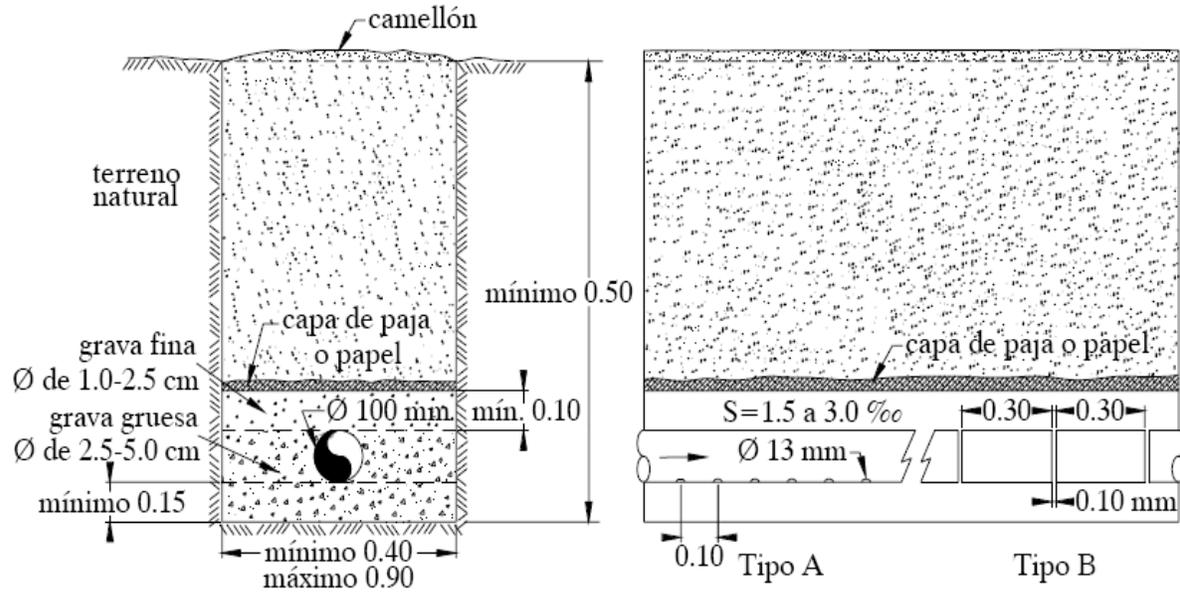
El fondo de la zanja deberá quedar por lo menos a 2,0 m por encima del nivel freático.

La profundidad de las zanjas estará en función de la topografía del terreno y no deberá ser menor a 0,5 m.

El ancho de las zanjas estará en función de la capacidad de infiltración de los terrenos y podrá variar entre un mínimo de 0,4 m, a un máximo de 0,9 m.

La pendiente máxima de la tubería de distribución será de 1,5% (1,5 por mil) y un valor máximo de 3,0%, pero en ningún caso ha de exceder el 4,5%.

Figura 15. Detalle Zanja de infiltración.



Fuente: <http://www.construaprende.com/t/01/T1pag13.php> , julio de 2011

5. RESULTADOS

Se construyeron 18 pozos sépticos en el Campo Casabe los cuales están funcionando en base al diagnóstico y a los resultados mostrados por la herramienta, según las especificaciones de construcción.

Para el funcionamiento de los pozos se solicitaron previamente los análisis físicos, químicos y microbiológicos para caracterizar las aguas residuales domésticas y verificar el cumplimiento de la calidad del vertimiento según la tabla 20.

Tabla 20. Parámetros para la caracterización de las aguas.

AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS CAMPO CASABE	IDENTIFIC. MUESTRA	Carga contaminante salida sistema	% Remoción	DECRETO 1594/84 ART. 72-74	RAS 2000
SUBMISSION:100085351	FECHA DE MUESTREO				
Componente	Unidad				
ANÁLISIS IN SITU					
CAUDAL	L/s				
OXÍGENO DISUELTO	mgO ₂ /L			NR	
pH/TEMPERATURA	unidades/°C			5.0-9.0	
ANÁLISIS DE LABORATORIO					
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L			>50% R.C.	50 - 65
GRASAS Y ACEITES	mg/L			>80% R.C.	
DBO ₅	mg O ₂ /L			>30% R.C.	30 - 40
DQO	mg O ₂ /L			NR	30 - 40

Para finalizar, la dependencia ambiental solicitó a la corporación ambiental CORANTIOQUIA, para emitir el permiso ambiental de vertimiento de aguas domésticas, el cual el campo cuenta actualmente con el permiso vigente.

En la tabla No 21, se identifica de acuerdo a la herramienta diseñada los cambios para la construcción de los sistemas sépticos con el fin de buscar el cumplimiento estipulado por la Normativa RAS 2000 y obtener la vigencia del permiso para el campo.

Tabla 21. Dimensiones específicas de los Sistemas Sépticos nuevos del Campo Casabe

No.	POZO SÉPTICO	APORTANTES	DIMENSIONES (m)				Volumen Útil (m3)	h (m) RAS 2000			Tanques prismáticos rectangulares (RAS 2000)	Tanque Anaerobio			
								Volumen <= 6	Volumen 6 - 10	Volumen > 10	Relación Mínima ancho/largo 2:1 Relación Máxima ancho/largo 4:1				
		# PERSONAS	Ancho	Largo	Altura	Ancho de muros		h mínima = 1,2 h máxima = 2,2	h mínima = 1,5 h máxima = 2,5	h mínima = 1,8 h máxima = 2,8		Ancho	Largo	Altura	Vu
P.01	Bodega de Materiales, Superintendencia, Servicios, Command Contraincendios	80	3,20	1,70	2,50	0,20	9,1		CUMPLE		CUMPLE	0,8	0,8	1,6	1,024
P.02	Puesto de Salud y Aulas de Capacitación	40	2,40	1,40	2,00	0,20	4,00	CUMPLE			CUMPLE	0,8	0,8	1,6	1,024
P.03	Unidad de Bombeo, Facilidades y Planeación	40	3,20	1,60	2,50	0,20	8,40		CUMPLE		CUMPLE	0,8	0,8	1,6	1,024
P.04	Casa 3820,3821, 3822, 3823, 3824	30	3,60	2,00	1,50	0,20	7,68		CUMPLE		CUMPLE	1,1	1,1	1,14	1,3794
P.05	Casa 3852, 3849, 3850, 3851, 2003	30	2,80	1,40	1,20	0,15	3,30	CUMPLE			CUMPLE	1,1	1,1	1,14	1,3794
P.06	Casa 2005	10	2,80	1,80	1,20	0,20	4,03	CUMPLE			CUMPLE	0,8	0,8	1,2	0,768
P.07	Casa 3825	10	3,60	2,00	1,50	0,20	7,68		CUMPLE		CUMPLE	0,92	0,92	1,5	1,2696
P.08	Control de producción, Hielera, Campamento 3873	40	5,00	2,00	1,80	0,20	13,25			CUMPLE	CUMPLE	0,9	0,9	1,5	1,215
P.09	Casino	20	3,90	1,45	1,60	0,20	5,88	CUMPLE			CUMPLE	1	1,15	1,6	1,84
P.10	Campamento 3874	10	2,40	1,40	1,60	0,20	3,20	CUMPLE			CUMPLE	0,8	0,8	1,45	0,928
P.11	Mantenimiento Subsuelo	30	3,20	1,70	2,80	0,20	10,19			CUMPLE	CUMPLE	0,8	0,8	1,6	1,024
P.12	Taller de Bombas y eléctrico	30	2,40	1,40	2,00	0,20	4,00	CUMPLE			CUMPLE	0,8	0,8	1,5	0,96
P.13	Estación 3	5	2,40	1,40	1,20	0,20	2,40	CUMPLE			CUMPLE	0,86	0,86	0,6	0,44376
P.14	Estación 2	5	3,10	1,10	1,20	0,20	2,27	CUMPLE			CUMPLE	0,86	0,86	0,6	0,44376
P.15	Estación Cóndor	5	2,40	1,40	2,00	0,20	4,00	CUMPLE			CUMPLE	0,8	0,8	1,6	1,024
P.16	Planta de inyección de Agua (PIA)	5	2,40	1,40	2,10	0,20	4,20	CUMPLE			CUMPLE	0,8	0,8	1,6	1,024
P.17	Casa 3817	10	1,20		1,20		0,00	CUMPLE	PREFABRICADO		CUMPLE				
P.18	Centro de Acopio	5	1,20		1,20		0,00	CUMPLE	PREFABRICADO		CUMPLE				

CONCLUSIONES

- Dentro del programa “Manejo integral del agua para consumo humano” que desarrolla ECOPETROL, se busca que las aguas residuales domésticas generadas en Campo Casabe reciban un tratamiento con sistemas económicos, de fácil manejo y mantenimiento con el fin de no contaminar el entorno.
- Enmarcado en el programa anterior la empresa desarrolla programas de saneamiento básico que buscaban contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los trabajadores que habitan en la zona de influencia con la construcción de pozos sépticos para mitigar el impacto de la contaminación en la zona industrial del campo.
- Con la instalación de los tanques sépticos se pretende disminuir uno de los factores contaminantes más agresivos al medio ya que con la instalación de sistemas de tratamiento se controlaban las descargas directas de las instalaciones en el suelo o en el agua.
- Entre los factores de construcción fue indispensable incluir un campo de infiltración para que los vertimientos fuesen en tierra y no en agua para minimizar un deterioro ambiental
- Los sistemas de tratamiento integrales cuentan varias cámaras y la primera de ellas hace las veces de trampa de grasas, lo cual implica que los mantenimientos deben de ser más frecuentes para asegurar un buen funcionamiento, porque excesos de descargas grasas pueden causar una colmatación e inoperancia del sistema.

- El factor pendiente en el caso particular del pozo séptico de Campo Casabe es un factor positivo porque ayuda a la oxigenación de la corriente y a la autodepuración de la misma produciendo un efecto de dilución sobre los diferentes parámetros. No obstante lo anterior, la capacidad de autodepuración de la corriente tiene un límite, el cual puede ser rebasado si se presentan fallas en los sistemas por falta de mantenimiento, si se superan las capacidades poblacionales para las cuales fueron diseñados los sistemas, si no se controla las descargas directas y futuras.
- Se evidencia que el sistema de tratamiento de aguas residuales implementado en Campo Casabe funciona adecuadamente y es efectivo; sin embargo se resalta que para garantizar este buen funcionamiento en el tiempo es necesario que se controlen aspectos como el diagnóstico, el diseño de acuerdo a las necesidades de la población y a las características del entorno, la construcción, la puesta en marcha del sistema (inoculación) y sobre todo el mantenimiento adecuado.
- Para las construcciones futuras en zona sin alcantarillado que no fueron incluidas dentro del programa de construcción, resulta necesario implementar para ellas un sistema de tratamiento de aguas residuales no convencional con el fin de disminuir estas cargas contaminantes a la fuente.

RECOMENDACIONES

- En desarrollo de los programas que buscan contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la zona y el cuidado del medio ambiente es fundamental realizar un seguimiento a los mismos con miras a determinar si el fin buscado se logró y de no ser así poder implementar los correctivos necesarios para que el propósito permanezca y la comunidad sea efectivamente la beneficiada y por ende el medio ambiente.
- Con el fin de facilitar los mantenimientos preventivos que requieren los tanques sépticos resulta necesario mantener despejada la parte superior del tanque e igualmente el espacio ocupado por el tanque debe ser aislado mediante cercamiento y su uso debe ser exclusivo para este.
- Se hace necesario que ECOPETROL se haga responsable de la administración, control, operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales para garantizar la efectividad y adecuado funcionamiento del mismo a mediano y largo plazo preservando así la calidad de la fuente receptora; para lo cual se requiere que la empresa genere los recursos necesario enmarcado dentro de la política de manejo integral del recurso hídrico.
- Resulta importante que con el apoyo de la universidad se pueda avanzar en futuras trabajos de investigación que permitan ampliar el alcance de la presente investigación o realizar esta investigación en campos similares al estudiado con miras a implementar una red de monitoreo desde la academia, información esta de gran valor para la comunidad y el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUA PURIFICACION SYSTEMS. aquasystem@terra.com.mx ; junio de 2010

BOAVENTURA, Geraldo. Daily chemical variability of domestic septic tank effluent.
En: Water, Air, & Soil Pollution Volume 17, Number 2 Feb 1982; p. 131-139

BURBANO, DIAGO, Julio. Recomendaciones para una política en el sector de agua negras EN: Acodal. Vol. 28 No.124 May – Ago 1985 p.5-17.

CONSTRUCTING STABILIZATION PONDS, AID; Washington, D.C.; 1982.

CONVENCIÓN DE RÍO DE JANEIRO. Medio ambiente y desarrollo sostenible.
Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992.

DECRETO 1594 DE 1984 Capítulo VI. Del vertimiento de los residuos líquidos
EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS "ECOPETROL". Carta Petrolera.
EDICIÓN 108 abril – mayo

DECRETO 3930 DE 2010 Capítulo VI. De los vertimientos. MINISTERIO DE
AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. MAVDT.
www.minambiente.gov.co/ , 25 de octubre de 2010

DECRETO 4728 DE 2010, del MAVDT por el cual se modifica parcialmente el
Decreto 3930 de 2010 sobre vertimientos. www.minambiente.gov.co/ , 23 de
diciembre de 2010.

ENCICLOPEDIA ÁREAS. Consultor Didáctico Tomo de " Ciencias Naturales";
marzo de 2008

GREEN CROSS INTERNACIONAL. Informe de síntesis. Globalización y Desarrollo Sostenible: Ética es el eslabón perdido?. Foro de Diálogos de la Tierra. Lyon, 21-23 de febrero de 2002.

HERNANDEZ SUAREZ, Adriana TESIS. Determinación de los Módulos de Elasticidad del concreto producido en Bucaramanga y su Área Metropolitana. Bucaramanga. Universidad pontificia Bolivariana. 2005.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MASSACHUSETTS. Potabilización de agua marina.

MARSILLI, Alejandro. Tratamiento de aguas residuales. Diciembre de 2005
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política para la gestión de residuos. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, Colombia, 1998

REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES. Norma de Saneamiento S.090 "Planta de Tratamiento de Aguas Residuales". Edición Enero de 1997

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO "RAS – 2000

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Ras 2000 sección II título E. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, Ministerio de Desarrollo Económico. Bogotá noviembre, 2000.

RESPONSABILIDAD POR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE" Universidad Externado de Colombia. Instituto de Estudios del Ministerio Público.

REVISTA DIGITAL AUTOSUFICIENCIA ECONÓMICA. Sistemas de purificación de agua. www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp; junio de 2010

ROJAS VARGAS, Ricardo. Tratamiento de Aguas Residuales y Disposición de Excretas, “aspectos prácticos de construcción de lagunas de estabilización”, Noviembre de 1990.

SARMIENTO PEDRO JOSE. Bioética y Medio Ambiente. Introducción a la Problemática Bioético - Ambiental y sus Perspectivas. www.cuadernos.bioetica.org/indice7-8.htm; junio de 2010

SUEMATSU, Guillermo León. Protección sanitaria en el uso de aguas residuales y lodos de plantas de tratamiento. 1995

TARIGARI, Holger Hieronimi. Manejo de agua en zonas áridas. segunda edición McGraww Hill Editores, México, 2003.

WATER FOR THE WORLD, “Constructing Septic Tanks”, technical NOTE N°SAN 2.C.3, Washington D.C., A.I.D. 1982

WATER TREATMENT SOLUTIONS. Tratamiento y Purificación del Agua. Plantas Piloto. www.lenntech.es/agua www.oasisdesign.net. Consultada el 11 de Julio de 2003