

Especificaciones técnicas y métodos de prueba en los pozos sépticos prefabricados, en las veredas Yarumo, Paraíso y La unión, Corregimiento de San Félix, Bello - Antioquia 2012-2013

Trabajo de grado para optar por el título de Administración en Salud: Gestión Sanitaria y Ambiental.

Diana Isabel Cano Gil

Natalia María Ortega Bedoya

Cindy Lorena Otálvaro López

Asesor académico

Gilberto Arenas Yépez

Docente FNSP

Universidad de Antioquia

Facultad Nacional de Salud Pública

“Héctor Abad Gómez”

Medellín

2013

Este trabajo va dedicado principalmente a Dios por su fidelidad, y misericordia la cual nos ha permitido llegar hasta donde hoy estamos; a nuestras familias que con su apoyo y comprensión han contribuido a lograr este gran sueño y finalmente a todas aquellas personas que de una u otra forma ayudaron al desarrollo de nuestra Tesis.

Tabla de contenido

Lista de Tablas	6
Lista de Figuras	7
Lista de Anexos.....	9
Glosario.....	10
Resumen.....	12
1. Introducción	13
2. Planteamiento del Problema.....	14
3. Justificación.....	15
4. Objetivo General	16
4.1 Objetivos específicos.....	16
5. Marco de Referencia.....	17
5.1 Marco Geográfico	17
5.1.1 Municipio de Bello	17
5.1.2 Marco Institucional	18
5.2 Marco Conceptual.....	19
5.2.1 Métodos de Prueba	19
5.2.2 Especificaciones Técnicas.....	19
5.2.3 Tipos de contaminación del agua.....	19
5.2.4 Tipos de aguas residuales.....	19
Agua residual municipal: Son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.	20
5.2.5 Clasificación de los contaminantes.....	20

5.2.6	Contaminantes habituales en las aguas residuales.....	20
5.2.7	Pretratamientos para las aguas residuales	21
5.2.8	Tratamiento de aguas a nivel domiciliario	21
5.2.9	Pozo Séptico	22
5.2.10	Pozo séptico prefabricado:	22
5.2.11	Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)	23
5.2.10	Capacidad	23
5.3	Marco Legal.....	24
5.3.1	Marco normativo.....	24
5.3.2	Marco jurídico.....	25
5.3.3	Características que debe de cumplir el vertimiento de aguas residuales.....	25
6.	Metodología	26
6.1.	Tipo de Estudio	26
6.2	Población Objeto.....	29
6.3	Recolección de la información.....	30
6.4.	Procedimiento para el logro de los objetivos.....	30
6.4.2.1	Método de prueba para medir las dimensiones de los pozos sépticos.....	31
6.4.2.7	Método de prueba para medir la resistencia del pozo séptico.	33
6.5	Plan de análisis.....	34
7.	Análisis de Resultados	35
	Los resultados obtenidos en el presente estudio se describen de acuerdo a los objetivos específicos planteados:	35
7.1	Resultados objetivo 1.....	35
7.2	Resultados objetivo 2.....	37

7.2.1 Método de prueba para pozos sépticos prefabricados cilíndricos horizontales. .	37
7.2.2 Métodos de prueba para medir las dimensiones del pozo séptico.	41
7.2.3 Método de prueba para determinar la capacidad de trabajo y capacidad total del pozo séptico prefabricado.	43
7.2.4 Método de prueba para verificar la existencia de los componentes de los pozos sépticos	45
7.2.5 Método de prueba para verificar la estanquidad y hermeticidad del pozo séptico prefabricado.	45
7.2.6 Método de prueba para medir resistencia del pozos séptico prefabricado.	46
7.2.7 Instalación.	47
7.3 Resultados objetivo 3.	50
7.4 resultados objetivo 4.	53
8. Discusión.	53
9. Conclusiones	55
10. Recomendaciones.	57
Agradecimientos.	58
Anexos	60
Referencias Bibliográficas.	71

Lista de Tablas

Tabla 1. Capacidad del pozo séptico.....	22
Tabla 2. Leyes y Decretos (normatividad vigente en Colombia).....	23
Tabla 3. Parámetros físicos y químicos que deben cumplir los vertimientos a un cuerpo de agua.....	24
Tabla 4. Identificación de los pozos sépticos prefabricados	27
Tabla 5. Materiales y Equipos.....	33
Tabla 6. Resultados análisis de agua pozo PR-10.....	35
Tabla 7. Resultados análisis de agua pozo PR-11.....	35
Tabla 8. Resultados análisis de agua pozo PR-12.....	36
Tabla 9. Resultados análisis de agua pozo PR-13.....	36
Tabla 10. Longitud del tirante de agua.....	36
Tabla 11. Capacidad de trabajo del pozo séptico en función del número de usuarios.....	42
Tabla 12. Capacidad de trabajo del pozo séptico prefabricado.....	43
Tabla 13. Estadística descriptiva especificaciones técnicas.....	44
Tabla 14. Estadística descriptiva análisis de laboratorio.....	46
Tabla 15. Resumen métodos de prueba aplicados a los pozos sépticos prefabricados....	47
Tabla 16. Especificaciones para la instalación de los pozos sépticos prefabricados.....	49
Tabla 17. Comparación con lo requerido en el decreto 1594 de 1984.....	53

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa área rural del municipio de Bello.....	15
Figura 2. Maqueta del pozo.....	30
Figura 3. Pozo instalado.....	30
Figura 4. Pozo instalado.....	31
Figura 5. Pozo instalado.....	31
Figura 6. Medición del pozo.....	32
Figura 7. Medición del pozo.....	32
Figura 8. Pozo instalado.....	32
Figura 9. Pozo instalado.....	32
Figura 10. Pozo Comunitario.....	33
Figura 11. Superficie del pozo.....	33
Figura 12. Interior del pozo.....	34
Figura 13. Interior del pozo.....	34
Figura 14. Interior del pozo.....	34
Figura 15. Filtro FAFA.....	34
Figura 16. Registro de Inspección.....	34
Figura 17. Componentes del pozo séptico.....	40
Figura 18. Población que presenta inconvenientes con el pozo séptico prefabricado.....	43
Figura 19. Sustancias que se disponen en el sistema séptico.....	43
Figura 20. Sistema séptico que se les hace mantenimiento.....	44
Figura 21. Pozos ubicados cerca de cuerpos de agua.....	44
Figura 22. Personas beneficiadas del sistema séptico.....	45

Figura 23. Muestras de agua.....	46
Figura 24. Muestras de agua.....	46

Lista de Anexos

Anexo 1. Resultado de laboratorio.....	54
Anexo 2. Formato de encuesta.....	56
Anexo 3. Recomendaciones para el uso y mantenimiento de pozos sépticos prefabricados.....	57

Glosario

Aguas residuales: pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias.

Capacidad nominal: Capacidad con la que el pozo se conoce comercialmente, asentada en la información del fabricante y referida al número de usuarios.

Compartimiento de sedimentación: es un compartimiento donde ocurre la sedimentación de los sólidos.

Conductividad: La Conductividad es la habilidad de una solución de agua de conducir electricidad. Es una medida de cuanto (no de qué) material esta disuelto en el agua.

Disposición final: Disposición del efluente o del lodo tratado de una planta de tratamiento.

DBO: Es la cantidad de oxígeno necesaria para que un determinado microorganismo pueda oxidar la materia orgánica del agua. Se aplica para determinar el grado de contaminación de las aguas, o de descontaminación de las aguas residuales. Cuanto mayor sea la contaminación, mayor será la DBO.

DQO: es la cantidad de oxígeno requerido para oxidar mediante un compuesto químico oxidante, la materia orgánica e inorgánica presente en una muestra de agua. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno biatómico por litro ($\text{mg O}_2/\text{l}$).

Efluente: Descarga de aguas residuales procedentes del pozo séptico.

Estanquidad del pozo séptico prefabricado: característica de la estructura que no permite el paso de agua a través de la misma.

Fibra de vidrio reforzado: Un material compuesto se refiere a aquel hecho por dos o más materiales constituyentes, que tienen propiedades físicas o químicas significativamente diferentes, y que permanecen integrados en una misma estructura terminada, pero separados y distintos en un nivel. La Fibra de Vidrio Reforzada es un material hecho a base de polímeros o resinas sintéticas y fibra de vidrio. Esta última se usa como un agente de refuerzo. El resultado es un material compuesto y conocido como Polímero de Fibra Reforzado (FRP por las siglas en inglés de Fiber-Reinforced Polymer o GRP refiriéndose a Glass-Reinforced Plastic). Popularmente se le conoce simplemente como Fibra de Vidrio, o más correctamente, Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) macroscópico.

Grasas y Aceites: estos pueden influir negativamente en el buen funcionamiento del sistema de tratamiento. Cuando su presencia es alta se hace necesaria la construcción de trampa grasa para su eliminación y evitar la obstrucción del sistema.

Grieta: Abertura producida en un pozo séptico producto de la carga exterior.

Hermeticidad del pozo séptico prefabricado: Característica de la estructura de no permitir fugas de agua a través de sus conexiones.

Lodos: material acumulado en el fondo de los tanques sépticos, está conformado por los sólidos y líquidos que los acompañan, es putrescible y de olor fuerte. Está constituido por sólidos grises y viscosos y posee un contenido de humedad del 95%.

Pre-tratamiento: procesos que acondicionan las aguas residuales para su tratamiento posterior.

Pozo séptico: es una unidad de tratamiento primario de las aguas negras domésticas; en ellas se realiza la separación y transformación físico-química de la materia sólida contenida en esas aguas. Se trata de una forma sencilla de tratar las aguas negras y está indicada (preferentemente) para zonas rurales o residencias situadas en parajes aislados.

pH: (potencial de hidrógeno) es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H_3O^+] presentes en determinadas sustancias.

Registro de inspección: Acceso que permite la inspección y limpieza del pozo séptico; este registro en ciertos casos, puede corresponder a la misma tapa del pozo.

Sedimentación: proceso físico que debido a la diferencia de densidades y disminución de la velocidad y turbulencia del agua, permite que parte de los sólidos suspendidos se depositen.

ST: es la suma de los sólidos disueltos y los sólidos en suspensión.

Sistemas de pre tratamiento: es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico cuya finalidad es la eliminación o reducción las características no deseables de las aguas.

Sólidos Totales: Es la cantidad de materia que permanece como residuo en la muestra de agua después de una evaporación, entre 103 y 105 grados centígrados; de estos hacen parte los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos.

Temperatura: Establece su efecto sobre las actividades biológicas, la solubilidad de los gases y la viscosidad en la sedimentación. A mayores temperaturas, la actividad biológica es alta; también a medida que aumenta la temperatura, disminuye la viscosidad por lo que se mejora la eficiencia en la sedimentación.

Tratamiento de aguas residuales: es cualquier proceso al que se someten estas aguas para eliminar o alterar sus constituyentes dañinos y hacerlas así menos contaminantes al medio ambiente.

Resumen

Los pozos sépticos prefabricados son una alternativa útil para tratar los residuos líquidos de las áreas rurales ya que facilitan su disposición final; debido a esto se hace necesario que haya un control y vigilancia sobre estos sistemas sépticos para asegurar su correcto funcionamiento y mitigar los impactos que se generen.

Objetivo: Verificar la instalación y el funcionamiento de los pozos sépticos prefabricados en el corregimiento de San Félix- Bello – Antioquia para el año 2012 - 2013 con el fin de comprobar su funcionamiento.

Metodología: El proyecto es un estudio exploratorio en el cual se pretende verificar el funcionamiento de los pozos sépticos prefabricados instalados en el corregimiento de San Félix-Bello-Antioquia, para comprobar si están funcionando de una manera adecuada. El desarrollo de este se hará con base a las especificaciones técnicas descritas en la Norma técnica Mexicana NOM-006-CNA-1997 sobre pozos sépticos prefabricados y los parámetros del decreto 1594/84 acerca de aguas residuales.

Resultados: En los cuatro pozos a los cuales se les realizaron los análisis de agua no fue posible alcanzar los porcentajes de remoción (DQO, DBO5 y ST) en tres de ellos, debido a que el filtro FAFA presenta una colmatación, lo que indica que hay mayor cantidad de microorganismos que están saliendo por arrastre, esto se debe a la falta o inadecuada realización del mantenimiento del filtro.

Según la aplicación de los métodos de prueba establecidos en la norma oficial mexicana NOM-006-CNA-1997 a los pozos sépticos se encontró que tres de ellos no cumplen los requerimientos para que funcionen adecuadamente.

Palabras clave: pozo séptico prefabricado, aguas residuales, especificaciones técnicas, métodos de prueba.

1. Introducción

Las descargas de las aguas residuales municipales se han convertido en uno de los problemas ambientales más críticos y más crecientes, si tenemos en cuenta que el incremento poblacional en el país es considerable durante los últimos años, lo cual se ve reflejado en el aumento de las descargas de aguas residuales de tipo doméstico y productivo, deteriorando cada vez más el estado de la calidad del recurso hídrico del país. Esta situación se hace más crítica cuando la corriente tiene un uso definido aguas abajo, pues se alteran las condiciones de calidad del agua requeridas para el abastecimiento de actividades específicas (doméstica, industrial, agrícola, pecuaria, etc.) y deteriora la vida acuática del cuerpo de agua.

Los vertimientos de aguas residuales a los cuerpos de agua no solo impactan la vida acuática, sino también la salud humana. La contaminación bacteriológica presente en las aguas negras es la más relevante a nivel sanitario, ya que estas contienen en grandes cantidades microorganismos patógenos generadores de múltiples enfermedades (cólera, amebiasis, gastroenteritis, fiebre tifoidea, hepatitis A, entre otras). Aunque Colombia es uno de los países que se destaca por su alto nivel sanitario, se continúan reportando elevados índices de enfermedades asociadas al agua. (1).

“Sólo el 22 % de los municipios de Colombia, realizan un tratamiento de sus aguas residuales, un porcentaje realmente bajo si consideramos que tampoco se ha reportado una aceptable eficiencia y operación de la mayoría de estas plantas de tratamiento.” (2)

En el decreto 1594 de 1984 se establece la obligación de ejercer un control sobre las descargas de aguas residuales de cualquier tipo, y define parámetros que debe de cumplir dichos vertimientos para poder ser dispuestos en un cuerpo de agua.

Dado a lo anterior, el presente trabajo busca por medio de la utilización de la Norma Oficial Mexicana NOM CNA - 006 – 1997 verificar las especificaciones técnicas de los pozos sépticos prefabricados en el corregimiento de San Félix – Bello y a su vez siguiendo el Decreto 1594 de 1984 se busca también verificar el adecuado funcionamiento de los mismos.

En este proyecto se tiene en cuenta la percepción social por parte de la comunidad con respecto a la instalación de los pozos; a su vez se presentan los hallazgos encontrados durante la realización de los métodos de prueba establecidos en la NOM CNA – 006 – 1997 y los análisis físico – químicos establecidos por el Decreto 1594 de 1984.

2. Planteamiento del Problema.

“De acuerdo al Banco Mundial, en Latinoamérica menos del 5% de las aguas de alcantarillado de las ciudades reciben tratamiento. Con la ausencia de este, las aguas negras son por lo general vertidas en aguas superficiales, creando un riesgo obvio para la salud humana, la ecología y los animales” (3).

Esto es de gran preocupación a nivel continental ya que la población va en aumento; para el año 1950 en Latinoamérica se tenía una población de 166 millones, ya en el año 2000 se contaba con un total de 513 millones de habitantes y se estima que para el año 2050 la población llegue a ser de 808 millones de habitantes aproximadamente, lo cual demanda la necesidad de contar con infraestructura adecuada para el tratamiento de las aguas residuales tanto en la parte urbana como en la rural (4).

“En Colombia, el tratamiento de aguas residuales es también un dolor de cabeza para muchos, ya que en el país, según las cifras del Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico señalan que sólo el 9% de las aguas de alcantarillado reciben tratamiento” (5).

Debido a esto, es necesario empezar a implementar métodos para el tratamiento de aguas residuales y así disminuir las cifras de contaminación existentes en Colombia.

Según el inventario sanitario rural realizado en el 2001 por el Ministerio de Ambiente, solo el 34% de la población en zonas rurales tenían evacuación de las aguas servidas y excretas. De estos, el 29% tenían un sistema individual “in situ” (letrinas, tanques sépticos); 5% usando alcantarillados y el resto (66%), no disponen de ningún sistema de evacuación de aguas residuales. Esto significa que en el 2001, más de 8 millones de habitantes de la zona rural no tenían acceso a servicios de alcantarillado o alguna solución de tipo individual (6).

Estos datos nos muestran como está el país en cuanto al tratamiento que se da a las aguas residuales, reflejando la problemática que se vive en las zonas rurales, y la necesidad de intervenirla apropiadamente para mejorar la calidad de vida de esta población.

Para el año 2005, Colombia contaba con una población de 42'888.592 habitantes, contando en el sector rural con 11'001,990 de habitantes, correspondiente al 25.7% de la población (7); esta problemática afecta más a la población rural, ya que los sistemas de tratamiento de las aguas residuales se encuentran ubicados en las aéreas urbanas, lo cual deja, en gran medida, sin cobertura a la población que reside en el campo.

En Colombia la implementación de pozos sépticos prefabricados ha venido en aumento debido a que estos se adoptan como una medida para tratar las aguas residuales domésticas en varias veredas de algunos municipios de Colombia. El ministerio de Ambiente, Vivienda

y Desarrollo Territorial cuenta con una guía donde especifica algunos parámetros (medidas, materiales, entre otros) para la implantación de dichos pozos, pero en muchos casos no se tiene en cuenta la capacidad del pozo séptico, pues se instala sin tener en cuenta un tope máximo de usuarios, lo que provoca reboses y en muchos casos el deterioro del mismo, minimizando así la vida útil del pozo. De igual manera se contrata para la instalación del pozo séptico, personal no capacitado, que generalmente comete errores en el proceso de montaje y puesta en marcha, lo cual lleva a un mal funcionamiento de los pozos trayendo como consecuencia grandes problemas a la salud pública porque se desencadenarían enfermedades tales como la parasitosis, cólera, gastroenteritis, hepatitis, entre otras, no solo por bacterias y virus, sino también a nivel dermatológico e infeccioso, todas estas desarrolladas a causa de mal manejo que se le da a las aguas residuales y a su disposición final.

En el corregimiento de San Félix se inició un programa de implementación de pozos sépticos con la alcaldía del municipio de Bello y Corantioquia, los cuales se han adoptado como medida de tratamiento para las aguas residuales debido a la falta de alcantarillado en esta zona. Esto puede generar riesgos para la salud humana si no se tiene un manejo adecuado del sistema de tratamiento de aguas residuales, estos riesgos aumentan a largo plazo generando en las poblaciones problemas respiratorios, intestinales, dermatológicos, entre otros; también propicia el desarrollo de vectores que potencializan los riesgos a la salud de la población.

Debido a esta situación, se pretende establecer las especificaciones técnicas y métodos de prueba en los pozos sépticos prefabricados, con base a la norma oficial Mexicana NOM-006-CNA-1997, para demostrar si estos logran realizar con eficacia el proceso de pre tratamiento de aguas residuales.

3. Justificación.

Debido a la carencia existente en nuestro país con relación a los criterios y parámetros que deben cumplir los pozos sépticos prefabricados, se hizo necesario crear un modelo que permita garantizar el buen funcionamiento del sistema de pre tratamiento y gestionar medidas de control del mismo, favoreciendo los procesos que se lleva a cabo en Colombia de tratamiento de aguas residuales, los cuales contribuyen al desarrollo social y medio ambiental del país. Por otra parte, también se mejoran de esta manera las condiciones sanitarias de las poblaciones, así como también la calidad de vida de las personas del área rural, disminuyendo los riesgos a la salud y al medio ambiente.

Los pozos sépticos también pueden generar riesgo para la salud humana y al medio ambiente, si no se tiene un manejo adecuado de este sistema; estos riesgos se potencializan a largo plazo, generando en las poblaciones problemas respiratorios, intestinales, dermatológicos, entre otros, aumentando la morbi-mortalidad del país. Debido a que en

Colombia no se ejercen controles para los pozos sépticos prefabricados, y las normas establecidas por las autoridades ambientales son muy básicas y no dan detalles acerca de la instalación de estos, se pretende con este proyecto establecer las especificaciones técnicas que deben de cumplir los pozos sépticos prefabricados teniendo como base la Norma Oficial Mexicana NOM-006-CNA-1997, la cual contiene los parámetros necesarios para garantizar el funcionamiento de los pozos sépticos prefabricados, con el fin de vigilar estos sistemas de pre tratamiento, ya que aplicándolos de manera regulada, se abrevian con este, todos los riesgos que se podrían presentar en la salud y además se reduce la contaminación ambiental que se genera en la zona rural, cumpliendo así con el Decreto 1594 de 1984 ; creando un impacto positivo a mediano plazo ya que se mejoraría la calidad de vida de las personas que vienen en el campo facilitando la disposición de las aguas residuales que se generan en estos sitios.

4. Objetivo General

Verificar las características y el funcionamiento de los pozos sépticos prefabricados en las veredas Yarumo, Paraíso y La unión, corregimiento de San Félix- Bello – Antioquia para el año 2012 - 2013 con el fin de comprobar su funcionamiento.

4.1 Objetivos específicos.

- Caracterizar el agua residual afluyente (entrada) y efluente (salida) de los pozos sépticos prefabricados física y químicamente, según lo establecido en el decreto 1594/84, para evaluar el funcionamiento de los mismos.
- Implementar métodos de prueba para determinar la calidad de los pozos sépticos prefabricados.
- Describir la percepción que tienen los usuarios de los pozos sépticos prefabricados, acerca del funcionamiento de estos.
- Elaborar un manual sobre el uso y mantenimiento de los pozos sépticos prefabricados aplicados a Colombia

5. Marco de Referencia.

5.1 Marco Geográfico

5.1.1 Municipio de Bello

Es un municipio de Colombia, ubicado en el Valle de Aburrá del departamento de Antioquia. Limita por el norte con el municipio de San Pedro de los Milagros, por el este con el municipio de Copacabana, por el sur con el municipio de Medellín y por el oeste con los municipios de Medellín y San Jerónimo.

La ciudad cuenta con un área total de 142,36 Km² de los cuales 19,7 Km² son suelo urbano y 122,66 km² son suelo rural

El área urbana de Bello se divide en 12 comunas. Estas se dividen a su vez en barrios, sumando un total de 82. En el área rural hay un corregimiento y 15 veredas.

El corregimiento de San Félix está conformado por las veredas El Carmelo, Sabanalarga, La Unión, La China, Cuartas, La Palma, Cerezales, El Tambo Y Ovejas.



Figura 1. Mapa área rural del municipio de Bello

Demografía: De acuerdo con las cifras del DANE acerca del censo 2005, Bello cuenta con 371.973 habitantes. Es la segunda aglomeración urbana del área metropolitana del Valle de Aburrá,

Economía: Las principales actividades económicas se relacionan con textiles, concentrados, comercio organizado, comercio informal, explotación de areneras y canteras, en el área urbana. El área rural se dedica a la agricultura y ganadería en menor escala.

Tanto la industria como el comercio han sido actividades económicas representativas en el municipio por su trayectoria y participación en el crecimiento económico.

Medio Ambiente: El principal accidente topográfico es el Cerro Quitasol (montaña piramidal, de 2.880 metros de altura sobre el nivel del mar), ubicado al norte del municipio y considerado por su imponencia como el cerro tutelar de Bello.

La ciudad, por estar ubicada en la zona tórrida, no registra cambios estacionarios del clima. El índice promedio de precipitación es de 1.347 mm., y su temperatura está determinada por pisos térmicos que van del páramo, pasando por el frío hasta llegar al medio, en donde está la cabecera, la cual tiene una temperatura promedio de 25.7°C durante todo el año, intercalando períodos secos y lluviosos y se ve refrescada por los vientos que se encañonan a lo largo del valle y que soplan durante todo el año. (8).

5.1.2 Marco Institucional

Las instituciones las cuales se ven involucradas en el proyecto son:

La Alcaldía del Municipio de Bello, ya que esta es la encargada de gestionar todo lo relacionado con el desarrollo del municipio y la ejecución del presupuesto.

Corantioquia, debido a que esta es la autoridad en materia ambiental del departamento, por lo cual se hace necesaria su intervención.

Dirección local de Salud del Municipio de Bello, porque esta es la encargada de velar por la salud de la población, y este proyecto la afecta de alguna manera.

Fibras M&M, esta es la empresa que está fabricando e instalando los pozos sépticos prefabricados en el municipio de Bello.

En Colombia existe una normatividad vigente acerca de los vertimientos líquidos (decreto 1594/84) en la cual se establecen las especificaciones para el tratamiento de las aguas residuales, siguiendo esta normatividad, con este proyecto se pretende dar cumplimiento a la norma colombiana, además de aportar otras especificaciones técnicas y métodos de control para las fosas sépticas prefabricadas, con las cuales se vea beneficiada la zona rural del municipio de Bello, garantizándoles el adecuado funcionamiento de las mismas y disminuyendo los riesgos potenciales que generan estos sistemas en la salud y el ambiente.

5.2 Marco Conceptual.

5.2.1 Métodos de Prueba

Es un procedimiento que se realiza para la identificación, medición y evaluación de una o más cualidades, características o propiedades de algo (8).

5.2.2 Especificaciones Técnicas

Determinación, explicación o detalle de las características o cualidades de una cosa (9).

5.2.3 Tipos de contaminación del agua

Se clasifican según el factor ecológico que altere, aunque suelen afectar a más de un factor.

Contaminación física:

- Sólidos en suspensión, turbidez y color
- Agentes sensoactivos
- Temperatura

Contaminación química:

- Salinidad
- pH
- Sustancias marcadamente tóxicas
- Desoxigenación
- Contaminación por agentes bióticos (11).

5.2.4 Tipos de aguas residuales

La clasificación se hace con respecto a su origen, ya que este origen es el que va a determinar su composición.

Aguas residuales urbanas: Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos. Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

Aguas residuales industriales: Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos no sólo de una industria a otro, sino también dentro de un mismo tipo de industria. Son mucho más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar.

Agua residual municipal: Son aguas residuales domésticas. Se puede incluir bajo esta definición a la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

Aguas residuales pluviales: son las aguas provenientes de las lluvias que escurren superficialmente por el terreno. Estas aguas pueden contener sólidos suspendidos totales. (12).

5.2.5 Clasificación de los contaminantes.

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en un agua residual son muchas y diversas.

Contaminantes orgánicos: Son compuestos cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vetados generados en la industria agroalimentaria. Los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:

Proteínas: proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.

Carbohidratos: incluimos en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios.

Aceites y grasas: altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.

Otros: incluiremos varios tipos de compuestos, como los tensoactivos, fenoles, organoclorados y organofosforados, etc. Su origen es muy variable y presentan elevada toxicidad.

Contaminantes inorgánicos: Son de origen mineral y de naturaleza variada: sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicos, metales, etc. Aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en los vertidos generados por la industria. Los componentes inorgánicos de las aguas residuales estarán en función del material contaminante así como de la propia naturaleza de la fuente contaminante (13).

5.2.6 Contaminantes habituales en las aguas residuales.

A continuación se hablara sobre los contaminantes que se encuentran habitualmente en las aguas residuales.

Arenas: Entendemos como tales una serie de particular de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.

Grasas y aceites: Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

Residuos con requerimiento de oxígeno: Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, que se van a llevar a cabo con un consumo de oxígeno del medio. Estas oxidaciones van a realizarse bien por vía química o bien por vía biológica.

Nitrógeno y fósforo: Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.

Agentes patógenos: Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.

Otros contaminantes específicos: Incluimos sustancias de naturaleza muy diversa que provienen de aportes muy concretos: metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc. (14).

5.2.7 Pretratamientos para las aguas residuales

Este se realiza por medio de procesos físicos y/o mecánicos, como rejillas, desarenadores y trampas de grasa, dispuestos convencionalmente de modo que permitan la retención y remoción del material extraño presente en las aguas negras y que pueda interferir los procesos de tratamiento.(15)

5.2.8 Tratamiento de aguas a nivel domiciliario

El tratamiento a nivel domiciliario obedece a los mismos principios que las grandes plantas depuradoras. Básicamente se utilizan los siguientes:

- **Pozo séptico:** unidades de tratamiento primario de las aguas negras domésticas; en ellas se realiza la separación y transformación físico-química de la materia sólida contenida en esas aguas.
- **Sistema mixto:** Los sistemas mixtos de tratamiento domiciliario son aquellos en los que se arman con diferentes sistemas de tratamiento con el fin de lograr la máxima

remoción en el menor espacio posible estos pueden combinar digestores para aguas negras, lechos vegetales, sistemas de enramado, aireadores (16).

5.2.9 Pozo Séptico

El pozo séptico se caracteriza porque en él la sedimentación y la digestión ocurren dentro del mismo tanque. La función más utilizada del tanque séptico es la de acondicionar las aguas residuales para disposición no superficial en lugares donde no existe un sistema de alcantarillado sanitario. En estos casos sirve para:

- Eliminar sólidos suspendidos y material flotante.
- Realizar el tratamiento anaerobio de los lodos sedimentados
- Almacenar lodos y material flotante.

La remoción de DBO en un tanque séptico puede ser del 30 al 50%, de grasas y aceites un 70 a 80%, de fósforo un 15% y de un 50 a 70% de SS, para aguas residuales domésticas típicas, para la localización de un tanque séptico se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- Para proteger las fuentes de agua, el tanque debe localizarse a más de 15 m de cualquier fuente de abastecimiento.
- El tanque debe encontrarse a una distancia mayor de 2 m de cualquier fuente de abastecimiento.
- El tanque no debe estar expuesto a inundación y debe disponer de espacio suficiente para la construcción del sistema de disposición o tratamiento posterior a que haya lugar.
- El tanque debe tener acceso apropiado para que su limpieza y mantenimiento sean fáciles. (17).

5.2.10 Pozo séptico prefabricado:

Es un recipiente fabricado en fibra de vidrio que se instala enterrado y tapado, su función es recibir y tratar las aguas que provienen de una vivienda o edificación. En este pozo la parte sólida de las aguas es separada por un proceso de sedimentación y a través del denominado “proceso séptico” se estabiliza, por la acción de bacterias anaerobias, la materia orgánica de esta agua para transformarla en un lodo inofensivo.

El pozo séptico prefabricado se encuentra compuesto por tres cámaras: la primera es la trampa grasa, la segunda es el tanque séptico y la tercera es el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Cómo funcionan los Pozos Sépticos Prefabricados:

1. En la primera cámara los materiales sólidos más pesados van al fondo por sedimentación y los más livianos se quedan en la superficie del agua por flotación.
2. En la segunda cámara caen los residuos que no fueron retenidos en la primera, dando inicio al proceso biológico.
3. En la tercera cámara se retienen los residuos que no fueron retenidos en las cámaras anteriores. (18)

5.2.11 Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

El filtro anaerobio de flujo ascendente constituye un equipo de eliminación de materia orgánica soluble utilizado frecuentemente para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Los filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA) son reactores de lecho de relleno utilizados en la reducción de materia orgánica disuelta con la ayuda de microorganismos anaerobios, que se encuentran adheridos sobre la superficie del material de relleno.

Los principales inconvenientes que se presentan en este tipo de reactores son: inundación (colmatación del lecho de relleno) y baja eficacia de reducción de la DBO soluble. (19).

5.2.10 Capacidad

La capacidad total de un pozo séptico se determina de diferentes maneras con base en la población servida o con base en el caudal afluente y el tiempo de retención. Entre los criterios usados se tienen los del código británico (1972) (ecuación 24.1) y los del USPHS (ecuaciones 24.2 y 24.3).

$$C=0.18P+2 \quad (24.1)$$

$$C = 1.5Q \quad (24.2)$$

$$C= 4.26+0.75 Q^{1.1} \quad (24.3)$$

Dónde:

C= capacidad total del tanque en m³

P= población servida

Q= caudal de aguas residuales, m³/d, para Q < 5.7 m³/d

Q^{1.1}: caudal de aguas residuales, m³/d para Q^{1.1}=5.7 a 380 m³/d.

La experiencia ha demostrado que para obtener una sedimentación efectiva y un periodo de desenlode apropiado, el tiempo de retención del tanque debe ser de uno a tres días, la frecuencia de limpieza se puede calcular suponiendo una capacidad para lodos de un tercio del volumen del tanque y una tasa de acumulación de 0.04m³ por persona servida por año.

Tabla 1. Capacidad del pozo Séptico

Tipo de pozo séptico	N° de personas				Capacidad líquida nominal del tanque	Dimensiones					Capacidad total (litros)
	Residencia	Escuelas	Restaurantes	Hoteles y Campamentos		Ancho A (mts)	Largo (mts)		Profundidad (m)		
						L ₁ comp 1	L ₂ comp 2	Líquida D	Total H		
A	Hasta 10	Hasta 30	Hasta 60	Hasta 15	1.500	0,7	1,3	0,6	1,2	1,5	2.000
B	11-15	31-45	61-90	16-24	2.250	0,9	1,3	0,7	1,3	1,6	2.880
C	16-20	46-60	91-120	25-32	3.000	1,0	1,5	1,8	1,4	1,7	3.910
D	21-25	61-75	121-150	33-40	3.750	1,1	1,6	0,8	1,5	1,8	4.750
E	26-30	76-90	151-180	41-47	4.500	1,2	1,7	0,8	1,6	1,9	5.700
F	31-35	91-105	181-210	48-55	5.250	1,3	1,8	0,9	1,7	2,0	7.000
G	36-40	106-240	211-240	56-63	6.000	1,3	1,9	1,0	1,8	2,1	7.920

Fuente: Revista Empresas Públicas de Medellín junio de 1988– Instalación de Pozos Sépticos

5.3 Marco Legal.

5.3.1 Marco normativo.

Norma oficial Mexicana 006-CNA-1997.

Expedida: Octubre 24 de 1997, México, Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Comisión Nacional del Agua.

Objetivo: Establece las especificaciones técnicas y métodos de prueba de las fosas sépticas prefabricadas, para el tratamiento preliminar de las aguas residuales de tipo doméstico. Capítulo 6: especificaciones técnicas, Capítulo 8: métodos de prueba.

5.3.2 Marco jurídico.

Tabla 2. Leyes y Decretos. (Normatividad vigente en Colombia)

Ley Decreto Resolución Acuerdo	Fecha de expedición y entidad que lo expide	Objetivo del marco	Artículos de interés
Ley 9	Enero 24 de 1979, Ministerio de Medio Ambiente	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias	Título I: Reglamentado parcialmente por el Decreto Nacional 1594 de 1984. Artículos: 10, 14, 15, 37,38,39
Decreto ley 2811 de 1974	Diciembre 18 de 1974, el Presidente de la República de Colombia	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Título III : de los residuos, basuras, desechos y desperdicios Artículos: 34, 35 Capitulo II: de prevención y control de la contaminación. Artículos 137, 138, 139 Título II: de prevención y control de la contaminación Artículo :191
Decreto 1594 de 1984	Junio 26 de 1984, Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.	Capítulo VI: de las normas de vertimientos líquidos. Artículos del 72 al 99.
Resolución 1433 de 2004	El Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones	Artículos del 1 al 4

Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Características que debe de cumplir el vertimiento de aguas residuales.

Todo vertimiento a un cuerpo de agua deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

Tabla 3. Parámetros físicos y químicos que deben cumplir el vertimiento a un cuerpo de agua.

Referencia	Usuario Existente	Usuario Nuevo
pH	5 a 9 unidades	5 a 9 unidades
Temperatura	< 40°C	< 40°C
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción > 80%	Remoción > 80% en carga
Sólidos suspendidos, domésticos o industriales	Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno		
Para desechos industriales	Remoción > 20% en carga	Remoción > 80% en carga
Para desechos doméstico	Remoción > 30% en carga	Remoción > 80% en carga

Fuente: Decreto 1594 de 1984. Junio 26 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

6. Metodología

6.1. Tipo de Estudio

Estudio descriptivo - exploratorio en el cual se verificó el funcionamiento de los pozos sépticos prefabricados según la normatividad vigente Colombiana (vertimiento aguas residuales) y la Norma Oficial Mexicana (Especificaciones técnicas), instalados en el corregimiento de San Félix-Bello-Antioquia; para el desarrollo de este se utilizaron fuentes primarias y secundarias.

En el presente estudio se aplicaron los métodos de prueba especificados en la NOM – 006 - CNA – 1997 en donde se tuvieron en cuenta las siguientes medidas para asegurar la confiabilidad y funcionamiento del pozo séptico prefabricado: diámetro, largo, tirante de agua, registro de inspección, capacidad total, elementos de entrada y salida, estanquidad y resistencia, para facilitar el análisis de la información recolectada se le asignaron códigos a los 30 pozos estudiados, estos códigos corresponden a PR (pozo residencial) seguido de un número consecutivo determinado por las visitas realizadas.

Tabla 4. Identificación de Pozos Sépticos Prefabricados

Código Pozo	Coordenadas	Sector	Usuario	N° de habitantes
PR-01	X= 829,194 Y= 1194,275 Z= 2546	Paraíso	Ruth Monsalve	4 hab.
PR-02	X= 829,683 Y= 1194,700 Z= 2519	Paraíso	Neftali de J. Penagos	10 hab.
PR-03	X= 829,613 Y= 1194,578 Z= 2503	Paraíso	Delia Zapata de Atehortua	4 hab.
PR-04	X= 829, 460 Y= 1194,891 Z= 2520	Paraíso	Jesús Alberto Penagos	3 hab.
PR-05	X= 829, 482 Y= 1194,516 Z= 2505	Paraíso	Sergio de J. González	5 hab.
PR-06	X= 829, 206 Y= 1194,272 Z= 2546	Paraíso	María del Carmen Quinchia	4 hab.
PR-07	X= 829,861 Y= 1194,256 Z= 2439	Paraíso	Guillermo León Monsalve	4 hab.
PR-08	X= 829,016 Y= 1196,686 Z=2500	Paraíso	Jaime de J. López	2 hab.
PR-09	X= 829,685 Y= 1194,823 Z=2515	Paraíso	Juan de J. Gutiérrez	6 hab.
PR-10	X= 828,691 Y= 1198,123 Z= 2574	La Unión (El Galpón)	Gilma Rosa Bedoya	9 hab.
PR-11	X= 828,660 Y= 1198,142 Z= 2574	La Unión (El Galpón)	Ángela María Ortega	6 hab.

Código Pozo	Coordenadas	Sector	Usuario	N° de habitantes
PR-12	X= 828,996 Y= 1197,066 Z= 2514	Cuatro Vientos	María Cecilia Monsalve	4 hab.
PR-13	X= 829,843 Y= 1196,381 Z= 2492	Alto	Carlos Alberto Bedoya	35 hab.
PR-14	X= 829,994 Y= 1195,053 Z= 2476	Alto	Sergio Alberto Patiño	9 hab.
PR-15	X= 829,586 Y= 1194,570 Z= 2534	Paraíso	Patricia Penagos	7 hab.
PR-16	X= 829,606 Y= 1198,606 Z= 2394	Yarumo	José Julian Patiño	5 hab.
PR-17	X= 829,720 Y= 1198,447 Z= 2525	Yarumo	María Lourdes Hernández	5 hab.
PR-18	X= 829,699 Y= 1198,700 Z= 2457	Yarumo	Georgina Patiño	6 hab.
PR-19	X= 829,847 Y= 1198,591 Z= 2399	Yarumo	María Rosina Monsalve	3 hab.
PR-20	X= 829,575 Y= 1198,622 Z= 2543	Yarumo	Néstor García Monsalve	5 hab.
PR-21	X= 829,398 Y= 1198,721 Z= 2562	Yarumo	María Ana Tilia Morales	5 hab.
PR-22	X= 829,497 Y= 1198,715 Z= 2562	Yarumo	Ana Delfa Patiño	4 hab.
PR-23	X= 829,549 Y= 1198,671 Z= 2533	Yarumo	Clementina Hernández	7 hab.

Código Pozo	Coordenadas	Sector	Usuario	N° de habitantes
PR-24	X= 829,461 Y= 1198,665 Z= 2553	Yarumo	Ligia Pérez Betancur	6 hab.
PR-25	X= 829,682 Y= 1198,795 Z= 2537	Yarumo	Delmy del S. Patiño	6 hab.
PR-26	X= 829,543 Y= 1198,527 Z= 2539	Yarumo	Daniel de J. Pérez Betancur	5 hab.
PR27	X= 830,042 Y=1199,499 Z= 2424	Yarumo	Eugenia Mora Correa	4 hab.
PR-28	X= 829,670 Y= 1196,338 Z= 2500	Yarumo	Marta Ligia Patiño	3 hab.
PR-29	X= 829,669 Y= 1196,243 Z= 2503	Yarumo	Luis Fernando Zapata	6 hab.
PR-30	X= 829,017 Y= 1197,202 Z= 2564	Yarumo	Víctor María Patiño	7 hab.

A su vez se realizó una caracterización del agua procedente de 4 pozos sépticos prefabricados donde se analizaron los parámetros de DBO5, DQO, ST, Grasas y Aceites, según lo establecido por el Decreto 1594/84. No se realizó análisis microbiológico de las muestras recolectadas ya que estos no son exigidos por la legislación.

6.2 Población Objeto

El estudio se llevó a cabo en tres veredas del corregimiento de San Félix; El Yarumo, El Paraíso, y La Unión, en las cuales la alcaldía de Bello y Corantioquia instalaron 30 pozos sépticos prefabricados.

Se tiene una población objeto de 32 pozos sépticos prefabricados instalados en las tres veredas, a 30 de estos se les aplicaron los métodos de prueba especificados en la NOM-006-CNA-1997; además se seleccionaron 4 de ellos, a los cuales se les realizó los análisis fisicoquímicos, tomando las muestras en la entrada y salida del mismo, esta selección se hizo a conveniencia de los investigadores.

6.3 Recolección de la información

Encuestas: las encuestas se realizaron a los 30 usuarios de cada uno de los pozos sépticos prefabricados, se le aplico a un adulto responsable se explicándole el motivo por el cual se realizaba el estudio, sus objetivos e igualmente se presentó consentimiento informado, antes de proceder a realizar las preguntas. Esto con el fin de identificar la percepción acerca de funcionamiento de estos. Dicha encuesta estuvo conformada por 7 preguntas abiertas y cerradas las cuales daban una idea de cómo funcionaba el pozo séptico.

Toma de muestras de agua residual: de los 30 pozos estudiados, se seleccionaron 4 pozos sépticos prefabricados, dos de ellos en el sector de Ovejas, otro en el Alto y el otro en Cuatro vientos. A estos pozos se les realizó un muestreo compuesto, tomando muestras cada 30 minutos durante hora y media tanto a la entrada como a la salida, conformado por tres muestras simples tomándolas cada media hora; a estas muestras se les analizó los parámetros de DBO5, DQO, ST, Grasas y Aceites, pH y Temperatura; no se realizaron análisis microbiológicos debido a que el Decreto 1594/1984 no lo exige.

Toma de medidas de los pozos sépticos prefabricados: se realizaron 5 visitas para la toma de medidas a cada uno de los 30 pozos estudiados, se tomaron medidas de tirante de agua, diámetro, largo del pozo, distancia del pozo a la vivienda y longitud del paso de agua, además de hacer una inspección visual de los elementos de entrada y salida y del registro de inspección del pozo.

Visitas: para recolectar la información se realizó una visita al fabricante de los pozos sépticos prefabricados, Fibras M&M y Sanear LTDA., se verifico todo el proceso de elaboración de los pozos por cada una de sus etapas: Pintura, Vaciado, Pulido, Ensamble, acabado y prueba de estanquidad; también se visitó la empresa encargada de la instalación de los pozos sépticos AZ Construcciones, la cual facilito la información acerca de la ubicación de los pozos y los usuarios de estos.

6.4. Procedimiento para el logro de los objetivos

Para el logro de los objetivos propuestos se realizaron las siguientes actividades:

6.4.1. Objetivo específico 1: “Caracterizar el agua residual afluyente (entrada) y efluente (salida) de los pozos sépticos prefabricados física y químico, según lo establecido en el decreto 1594/84, para evaluar el funcionamiento de los mismos.”

Para el logro de este objetivo inicialmente se tomaron las muestras compuestas (ver anexo 1) pertinentes al agua residual que ingresa y sale de los pozos sépticos prefabricados, para así analizar que estos cumplieran con los parámetros establecidos en el artículo 72 del decreto 1594/84. Los cuales son:

- Grasas y aceites
- Sólidos totales
- DBO5

- DQO

6.4.2. Objetivo específico 2: “Implementar métodos de prueba para determinar la calidad de los pozos sépticos prefabricados.”

Se procedió a realizar los siguientes métodos de prueba, basados en la NOM-006-CNA-1997 “Fosas Sépticas Prefabricadas Especificaciones y Métodos de Prueba”: (Ver anexo 3)

6.4.2.1 Método de prueba para medir las dimensiones de los pozos sépticos.

Este método de prueba se usó para verificar las dimensiones del pozo, nivel máximo de agua (tirante de agua), longitud de paso de agua, registro de inspección, elemento de entrada y elemento de salida del pozo séptico.

Se realizaron las siguientes mediciones:

- Tirante de agua: este nivel se midió respecto a la referencia indicada en el folleto del fabricante.
- Longitud de paso de agua: esta distancia se midió desde el eje vertical del elemento de entrada hasta el de la salida.
- La dimensión más pequeña del registro de inspección.
- Diámetro interno del elemento de entrada.
- Diámetro interno del elemento de salida.
- Largo
- Diámetro

6.4.2.2 Método de prueba para determinar la capacidad de trabajo del pozo séptico prefabricado.

Para verificar la capacidad de trabajo y la capacidad total del pozo séptico, se utilizaron las siguientes ecuaciones teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las mediciones de tirante de agua, largo, diámetro.

Calcular el Angulo q con la siguiente ecuación:

$$q = [2 \operatorname{arccos} ((r-h) / r)] [0,0175]$$

Calcular el área:

$$A = (D^2 / 8) (q - \operatorname{sen} q)$$

Calcular la capacidad de trabajo (CT)

$$C_t = A I$$

La capacidad total (Ct) del pozo séptico se debe calcular utilizando las siguientes ecuaciones:

Para los pozos sépticos cilíndricos horizontales:

$$CT = \pi r^2 I$$

Dónde:

CT: es la capacidad total en m³

Ct: es la capacidad de trabajo, en m³

A: es el área correspondiente al tirante h para los pozos sépticos horizontales en m²

L: es el largo, en m

D: es el diámetro, en m

r: es el radio (D/2), en m

h: es el tirante de agua, en m

q: es el ángulo comprendido entre los radios que subtienden la superficie libre del agua

π : es 3,1416 a dimensional

0,0175 es el factor para convertir a radianes

Para el cálculo de la capacidad de trabajo (Ct) de los pozos sépticos a partir de sus dimensiones, se consideró los resultados obtenidos.

6.4.2.3 Método de prueba para determinar la capacidad total del pozo séptico.

Para verificar la capacidad total y la capacidad de trabajo del pozo séptico a partir de la medición del volumen de agua, se siguió el siguiente procedimiento:

Para la capacidad total, el pozo séptico se llenó a su máxima capacidad, mientras que para la capacidad de trabajo el pozo séptico se llenó al nivel del tirante de agua.

6.4.2.4 Método de prueba para verificar la existencia de los componentes los pozos sépticos.

La prueba se realizó para verificar mediante inspección visual la existencia del elemento entrada, elemento salida y registro de inspección del pozo séptico.

Se examinó el pozo séptico prefabricado vacío y se verificó mediante la inspección visual la existencia y localización de: Registro de inspección, elemento de entrada, elemento de salida, elemento de control.

6.4.2.5 Método de prueba para verificar la estanquidad del pozo séptico.

Este método de prueba se usó para establecer los procedimientos para verificar la estanquidad y hermeticidad del pozo séptico prefabricado.

Para el desarrollo de esta prueba se colocó el pozo séptico vacío en el lecho de arena seca hasta una profundidad no mayor de 0.10m, se procedió a tapar los orificios de entrada y salida de los pozos sépticos con tapones herméticos.

6.4.2.6 Método de prueba para verificar la hermeticidad del pozo séptico.

El pozo séptico se llenó con agua hasta 0.05m por encima de la parte superior del elemento de entrada. Se dejaron transcurrir 4 horas y se inspeccionó visualmente el pozo séptico y sus conexiones.

6.4.2.7 Método de prueba para medir la resistencia del pozo séptico.

Se colocó el pozo séptico vacío en una cama de arena seca hasta una profundidad de 0.10m; se determinó la dimensión de la superficie horizontal que recibió la carga. Para estos pozos sépticos cilíndricos horizontales se consideró como tal la proyección del máximo ancho y largo o en su caso el diámetro del pozo séptico.

Se cargó la parte superior del pozo séptico con bolsas de arena, equivalente a una carga (P), según lo establecido en la ecuación:

$P = 2000 S b$, donde:

P= La carga kg

S= Superficie horizontal

b= Profundidad máxima del relleno medida verticalmente entre el terreno y la parte superior del pozo según recomendación o especificación del fabricante. Cargar la parte superior del pozo séptico con bolsas de arena, equivalente a una carga (P), según se establece en la ecuación: $P = 2000 S b$; dicha carga deberá tener una distribución uniforme en toda la superficie del pozo.

Para el pozo séptico prefabricado de acero, concreto, fibrocemento y resina reforzada con fibra de vidrio, se inspeccionó visualmente si el pozo presentó grietas, cuando transcurrió por lo menos una hora después de haber colocado la carga.

Los materiales y equipos que se usaron para la aplicación de los métodos de prueba requeridos para verificar el funcionamiento de los pozos sépticos prefabricados son los siguientes:

Tabla 5: Materiales y Equipos

Equipos requeridos para el desarrollo de los métodos de prueba	Materiales requeridos para el desarrollo de los métodos de prueba
*Flexómetro *Dispositivo para medir volumen *Cronometro *Bascula *Catálogo del fabricante	*Agua (de preferencia no potable) *Tapones herméticos compatibles con los elementos de entrada y salida *Bolsas llenas de arena

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Lienza: Sirve para medir las dimensiones y longitudes de los pozos sépticos prefabricados.
- ✓ Cronometro: sirve para medir con precisión cuanto demora los pozos sépticos prefabricados en llenarse.
- ✓ Bolsas llenas de arena: miden la resistencia del pozo séptico prefabricado.
- ✓ Tapones herméticos: tienen como función medir la hermeticidad del pozo séptico prefabricado.
- ✓ Agua (no potable): Mide la hermeticidad del pozo séptico prefabricado.
- ✓ Catálogo del fabricante: valida con que especificaciones y dimensiones fue fabricado el pozo séptico prefabricado.

6.4.3 Objetivo específico 3: “Describir la percepción que tienen los usuarios de los pozos sépticos prefabricados, acerca del funcionamiento de estos.”

Para desarrollar el tercer objetivo se aplicó una encuesta (ver anexo 3) a las 30 personas que tienen el pozo séptico prefabricado instalado y funcionando, con la cual logramos validar la percepción que tienen sobre este sistema séptico.

6.4.4. Objetivo específico 4: “Elaborar un manual sobre el uso y mantenimiento de los pozos sépticos prefabricados aplicados a Colombia”

Este objetivo no fue posible desarrollarlo, ya que a los pozos sépticos prefabricados a los que se les realizó los análisis de agua no fue representativo, impidiendo así poder sacar conclusiones generales para estos pozos, por tal motivo solo se hace una compilación de los documentos existentes en Colombia y los resultados de la aplicación de método de prueba con algunas recomendaciones para el uso y mantenimiento de los pozos sépticos prefabricados.

6.5 Plan de análisis.

Los datos recolectados por medio de observaciones y revisión bibliográfica fueron analizados de la siguiente forma:

Con cada documento obtenido de la empresa que instaló los pozos sépticos prefabricados y la información consultada se procedió a depurar información, extrayendo sólo lo concerniente a la instalación, especificaciones de diseño, material de elaboración y funcionamiento general de los pozos sépticos prefabricados, esto se utilizó para la elaboración de la guía y análisis de los resultados obtenidos en el estudio.

El plan de análisis de los datos fue descriptivo. Para cada una de las variables cuantitativas analizadas en la encuesta se aplicó un análisis estadístico representado en porcentajes.

7. Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos en el presente estudio se describen de acuerdo a los objetivos específicos planteados:

7.1 Resultados objetivo 1.

Caracterizar el agua residual afluyente (entrada) y efluente (salida) de los pozos sépticos prefabricados física y químicamente, según lo establecido en el decreto 1594/84, para evaluar el funcionamiento de los mismos.

Para la caracterización del agua residual procedente de los pozos sépticos prefabricados se seleccionaron cuatro pozos; estos se escogieron según los criterios de los investigadores basados en la percepción de la comunidad y en la cantidad de usuarios de los pozos.

Estos arrojaron los siguientes resultados: fichas de referenciación ver anexo 3

Tabla 6. Resultados de análisis de aguas residuales del pozo PR-10

Pozo PR-10 Ángela María Ortega Bedoya, sector Ovejas					
Parámetro	Entrada	Salida	Caudal salida	Formula	Resultado
DBO5	419 mg/L	1800 mg/L	0,074L/seg	(Afluyente- efluente)/afluyente*100	-12,676%
DQO	862.372 mg/L	3056.881 mg/L		100-(salida/entrada)*100	9645.526%
ST	938 mg/L	2014 mg/L		100-(salida/entrada) *100	9785.288%
Grasas y aceites	168.3 mg/L	55.3 mg/L		100-(salida/entrada) *100	9967.142%
pH	6.3 unidades	7.24 unidades			
Temperatura	17.5°C	17.8°C			

Fuente: elaboración propia

Tabla 7. Resultados de análisis de aguas residuales del pozo PR-11

Pozo PR-11 Gilma Rosa Bedoya, sector Ovejas					
Parámetro	Entrada	Salida	Caudal salida	Formula	Resultado
DBO5	29 mg/L	139 mg/L	0,071 L/seg	(Afluyente- efluente)/afluyente*100	-5,691%
DQO	71.486 mg/L	315.346 mg/L		100-(salida/entrada) *100	9558.870%
ST	18 mg/L	278 mg/L		100-(salida/entrada) *100	8455,556%
Grasas y aceites	41.4 mg/L	3.6 mg/L		100-(salida/entrada) *100	91.24%
pH	6.22 unidades	7.25 unidades			
Temperatura	18.6°C	18.5°C			

Fuente: elaboración propia

Tabla 8. Resultados de análisis de aguas residuales del pozo PR-12

Pozo PR-12 María Cecilia Monsalve, sector Cuatro Vientos					
Parámetro	Entrada	Salida	Caudal salida	Formula	Resultado
DBO5	9750 mg/L	560 mg/L		(Afluente-efluente)/afluente*100	-3.030%
DQO	18080.252 mg/L	1228.079 mg/L		100-(salida/entrada) *100	93.20%
ST	7556.7 mg/L	1444 mg/L		100-(salida/entrada) *100	80.89%
Grasas y aceites	559.1 mg/L	33.7 mg/L	0,099 L/seg	100-(salida/entrada) *100	93.97%
pH	6.53 unidades	7.15 unidades			
Temperatura	17.3C	17.9°C			

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Resultados de análisis de aguas residuales del pozo PR-13

Pozo PR-13 Pozo Comunitario, sector el Alto					
Parámetro	Entrada	Salida	Caudal Salida	Formula	Resultado
DBO5	1360mg/L	1440 mg/L		(Afluente-efluente)/afluente*100	-8,108%
DQO	2316.805mg/L	2349.697 mg/L		100-(salida/entrada) *100	9770,151%
ST	2456.7 mg/L	5646.7 mg/L		100-(salida/entrada) *100	9770,151%
Grasas y aceites	216.2 mg/L	100.4 mg/L	0,123 L/seg	100-(salida/entrada) *100	99.54%
pH	6,73 unidades	7.19 unidades			
Temperatura	18°C	17,3°C			

Los análisis de laboratorio se encuentran en el anexo 2.

Tabla 10. Estadística Descriptiva Análisis de Laboratorio.

Estadística descriptiva análisis de laboratorio			
Variables	Media	Varianza	Desviación Estándar
DBO5	984,75	589196,917	767,591634
DQO	1737,501	1465861,048	1210,727
ST	234,675	5365024,023	2316,25215
Grasas y aceites	48,25	1658,21667	40,7212066
pH	7,208	0,002	0,046
Temperatura	17,875	0,242	0,492

El promedio de DBO5 en los 4 pozos sépticos estudiados es de 984,75 mg/L; siendo el pozo PR10 el que mayor DBO5 presenta y el PR11 el de menor cantidad de DBO5. La desviación estándar de DBO5 con respecto a la media es de 767,591 mg/L.

El promedio de DQO en los 4 pozos sépticos estudiados es de 1737,501 mg/L; siendo PR10 el que mayor DQO presenta y el PR11 el de menor cantidad de DQO. La desviación estándar de DQO con respecto a la media es de 1210,727 mg/L.

El promedio de ST en los 4 pozos sépticos estudiados es de 234,675 mg/L. Siendo el pozo PR13 el que mayor ST presenta y el PR11 el de menor cantidad de ST. La desviación estándar de ST con respecto a la media es de 2316,252 mg/L.

El promedio de Grasas y Aceites en los 4 pozos sépticos estudiados es de 48,25 mg/L. Siendo el pozo PR13 el que mayor cantidad de Grasas y Aceites presenta y el pozo PR11 el de menor cantidad de Grasas y Aceites. La desviación estándar de Grasas y Aceites con respecto a la media es de 40,721 mg/L.

El pH promedio de los 4 pozos sépticos estudiados es de 7,208 Unidades. Siendo el pozo PR11 el que mayor pH presenta y el PR12 el de menor pH. La desviación estándar del pH con respecto a la media es de 0.046 Unidades.

La temperatura promedio de los 4 pozos sépticos estudiados es de 17,875 °C; siendo el pozo PR11 el que mayor temperatura presenta y el pozo PR13 el de menor temperatura. La desviación estándar de la Temperatura con respecto a la media es de 0,492 °C.

7.2 Resultados objetivo 2.

Implementar métodos de prueba para determinar la calidad de los pozos sépticos prefabricados.

7.2.1 Método de prueba para pozos sépticos prefabricados cilíndricos horizontales.

Los pozos sépticos prefabricados están elaborados en fibra de vidrio reforzada, cilíndricos horizontales, con dos cámaras de inspección. Diseñados para recibir la descarga de aguas negras domésticas; están compuestos por tres compartimientos internos: los dos primeros conforman el pozo séptico y el tercero es un Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).

Estos pozos son utilizados en las zonas rurales, para facilitar la disposición de las aguas residuales ya que en esta zona no se cuenta con alcantarillado externo para éste. Los pozos son fabricados teniendo en cuenta el número de personas que van a hacer uso de éste, se fabrican pozos de 7.500 lts, 2.300 lts, 3.000 lts, 4.500 lts, 7.000 lts, etc., dependiendo de las necesidades requeridas, como se muestra en las figuras 2, 3, 4y 5.



Figura 2. Maqueta del pozo



Figura 3. Pozo instalado



Figura 4. Pozo instalado



Figura 5. Pozo instalado

Los pozos sépticos prefabricados que se instalaron en el corregimiento de San Félix son de forma circular horizontal y están ubicados en la parte trasera de las viviendas, están compuestos de tres recamaras en las cuales se encuentran la trampa de grasas, el pozo séptico y el Filtro FAFA. Además de eso cuentan con una trampa de grasas adicional ubicada a la entrada del pozo.

Una de las empresa que fabrica este tipo de pozos es la empresa Sanear Ltda., ubicada a las afueras del municipio de caldas, Antioquia, la cual tiene como actividad comercial la fabricación de pozos sépticos prefabricados a base de fibra de vidrio; bajo la norma NTC 2888 – 2890 (Normas que rigen el manejo de las fibras). Con esta empresa se validó el proceso de fabricación de los pozos que consiste en: Prueba de espesores, pintura, vaciado, pulido, ensamble, acabado, prueba de estanquidad.

Se realizó la selección del campo de acción teniendo en cuenta en qué sector se habían instalado los pozos en el corregimiento de San Félix, Bello. Los seleccionados fueron: Sector Yarumo, Paraíso, Ovejas, Charco Verde, 4 Vientos, El alto y La china. Allí están ubicados el mayor número de pozos y a su vez fueron los últimos instalados por Corantioquia.

El proyecto se desarrolló por etapas, la primera consistió en la medición de las dimensiones de los pozos, en esta se obtuvieron los siguientes resultados:

Sector el Yarumo: Se tomaron las medidas de 9 pozos instalados a las diferentes familias que viven en este sector, algunas de ellas compartían el pozo; no tenían fuentes de agua cerca y el agua que sale de los pozos la utilizaban para el riego del pasto. Figuras 6 y 7.



Figura 6. Medición del pozo



Figura 7. Medición del pozo

Sector El Paraíso: El agua que procede de los pozos instalados en esta zona va a un campo de infiltración en algunas viviendas, en las otras la usan para riego del pasto, en este sector se cuenta con un cuerpo de agua cercano. Figuras 8 y 9.



Figura 8. Pozo instalado



Figura 9. Pozo instalado

En esta zona el agua que sale de los pozos va a un campo de infiltración.

Sector el Alto: en este sector se tomaron las medidas de dos pozos, uno de estos pozos es comunitario, al cual van las descargas de 8 viviendas aproximadamente. Los habitantes del sector han presentado inconvenientes con el funcionamiento del pozo, debido a que la descarga se hace aproximadamente a 5 m del pozo, no hay un control en la misma ya que se hace “a campo abierto”, contaminando una fuente hídrica que pasa cerca de las viviendas y generando olores insoportables al olfato humano, generando molestias para los habitantes cercanos al sector. Figura 10.



Figura 10. Pozo Comunitario

El pozo es utilizado para 8 viviendas. La descarga se hace aproximadamente a 5 m del pozo, no hay un control en la misma ya que se hace “a campo abierto”, contaminando una fuente hídrica que pasa cerca de las viviendas y generando olores insoportables al olfato humano, generando molestias para los habitantes cercanos al sector.

Sector Charco verde: en este sector se instalaron 2 pozos sépticos, los cuales son usados por 6 habitantes; el agua procedente de estos pozos son usados para el riego del pasto. Figura 11.



Figura 11. Superficie del pozo enterrado

Sector 4 Vientos: en este sector se tomaron medidas de 5 pozos que hay instalados en esta zona, uno de estos pozos ha presentado inconvenientes con las descargas, ya que el dispositivo de salida da a una vivienda lo cual causa que esta se inunde. Figuras 12 y 13.



Figura 12. Interior del pozo



Figura 13. Interior del pozo séptico

Sector Ovejas: en este solo habían instalados dos pozos, los cuales estaban funcionando bien. Figuras 14 y 15.



Figura 14. Interior pozo séptico



Figura 15. Filtro FAFA

Sector la China: en este sector solo se instaló un solo pozo, el cual tiene 2 usuarios; el agua que sale de este pozo se utiliza para riego del pasto. Figura 16.



Figura 16. Registro de inspección del pozo

7.2.2 Métodos de prueba para medir las dimensiones del pozo séptico.

Para que el pozo séptico tenga un funcionamiento adecuado y conserve la estabilidad hidráulica que necesita para lograr con eficiencia su proceso es necesario que este mida

mínimo 0.90 m y la longitud mínima del paso de agua a través del pozo séptico debe de ser de 1.20 m según la NOM-006-CNA-1997 desde la entrada hasta la salida del pozo.

En los pozos sépticos a los que se les aplicó los métodos de prueba se hallaron que tenía las siguientes medidas de tirante de agua:

Tabla 11. Longitud del tirante de agua de los pozos sépticos.

Código del pozo	Tirante de agua (mts)
PR-01	1
PR-02	1.10
PR-03	1.03
PR-04	1.17
PR-05	1.18
PR-06	1.11
PR-07	1.09
PR-08	1
PR-09	1.15
PR-10	0.25
PR-11	0.20
PR-12	1.16
PR-13	1.44
PR-14	1.16
PR-15	1.03
PR-16	1.10
PR-17	1.18
PR-18	1.08
PR-19	1.11
PR-20	1.09
PR-21	1.06
PR-22	1.12
PR-23	1.08
PR-24	1
PR-25	1.16
PR-26	1.07
PR-27	1
PR-28	0.45
PR-29	1.18
PR-30	1.14

Fuente: elaboración propia

Nota: Para facilitar el análisis de la información se asignaron códigos a los pozos correspondientes a PR seguido del número consecutivo.

Según los datos recolectados se encontró que los pozos PR-10, PR-11 y PR-28 no cumplen con lo establecido para asegurar que el pozo conserve la estabilidad hidráulica ya que miden menos de 0,90 m.

Según el cálculo de la media del tirante de agua que dio como resultado 0,987 m indica que la mayoría de los pozos sépticos prefabricados estudiados cumplen con lo establecido en la norma oficial mexicana NOM-006-CNA-1997 en el numeral 6.1.

7.2.3 Método de prueba para determinar la capacidad de trabajo y capacidad total del pozo séptico prefabricado.

La capacidad del pozo séptico prefabricado debe de ser determinada en función del número de usuarios que habiten en la vivienda y debe de cumplir como mínimo con lo siguiente:

Tabla 12. Capacidad de trabajo del pozo séptico en función del número de usuarios.

Capacidad nominal (número de usuarios)	Capacidad de trabajo (m ³) Medio Rural
Hasta 5	0,60
6 a 10	1,15
31 a 40	4,65

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-006 CNA-1997

Para hallar esta información se aplicó el método de prueba establecido en la norma oficial mexicana NOM-006-CNA-1997 en el numeral 8.2, en el cual especifica la fórmula matemática empleada para hallar la capacidad del pozo séptico prefabricado teniendo en cuenta las medidas del este. Se aplicó las siguientes fórmulas:

Pozos sépticos cilíndricos horizontales:

Calculo del ángulo q:

$$q = [2 \operatorname{arccos} ((r-h)/r)] [0,0175]$$

Dónde:

q: es el ángulo comprendido entre los radios que subtienden la superficie libre del agua.

r: es el radio en metros.

h: es el tirante de agua en metros.

0,0175: es el factor para convertir a radianes.

Calculo del área:

$$A = (D^2/8) (q - \operatorname{sen} q)$$

Dónde:

A: es el área correspondiente al tirante h para pozos sépticos en m²

D: es el diámetro en metros.

Calculo de la capacidad de trabajo (Ct).

$$Ct = AI$$

I: es el largo en metros.

Se tiene que la capacidad de los pozos sépticos prefabricados que se estudiaron arrojan los siguientes resultados:

Tabla 13. Capacidad de trabajo del pozo séptico.

Capacidad de trabajo del pozo séptico		
Código del pozo	Capacidad de Trabajo (Ct)	Nº Habitantes
PR-01	1.363	4 personas
PR-02	1.232	10 personas
PR-03	1.398	4 personas
PR-04	1.517	3 personas
PR-05	1.522	5 personas
PR-06	1.477	4 personas
PR-07	1.459	4 personas
PR-08	1.363	2 personas
PR-09	1.506	6 personas
PR-10	0,232	9 personas
PR-11	0.168	6 personas
PR-12	1,512	4 personas
PR-13	1,931	35 personas
PR-14	1,512	9 personas
PR-15	1,398	7 personas
PR-16	1,232	5 personas
PR-17	1,522	5 personas
PR-18	1,448	6 personas
PR-19	1,477	3 personas
PR-20	1,459	5 personas
PR-21	1,430	5 personas
PR-22	1,465	4 personas
PR-23	1,448	7 personas
PR-24	1,363	6 personas
PR-25	1,512	6 personas
PR-26	1,440	5 personas
PR-27	1,363	4 personas
PR-28	0,526	3 personas
PR-29	1,522	6 personas
PR-30	1,500	7 personas

Fuente: elaboración propia

Según estos resultados y teniendo en cuenta la capacidad de trabajo especificada en la Norma Mexicana NOM-006-CNA-1997 se obtuvo que tres de los 30 pozos a los que se les aplico el cálculo de la capacidad de trabajo no cumple con lo establecido en esta norma, ya que para que el pozo séptico tenga un funcionamiento eficaz es necesario que cumpla con lo siguiente: hasta 5 habitantes la Ct mínimo es de $0,60 \text{ m}^3$ para medio rural, en los pozos PR-11 y PR-28 ésta medida está por debajo del mínimo. Igual ocurre con el PR-10, en el cual para 6 a 10 habitantes la Ct debe de ser de $1,15 \text{ m}^3$ mínimo para medio rural y esta medida se encuentra muy por debajo de lo especificado y el PR- 13 en el cual la Ct 1,931 está por debajo de la requerida que es igual a 4,65.

En el cálculo de la capacidad total (CT) se arrojaron siguientes resultados:

CT para 29 pozos sépticos prefabricados es igual a 1,527

7.2.4 Método de prueba para verificar la existencia de los componentes de los pozos sépticos.

Se realizó una inspección visual de los 30 pozos estudiados en la cual se verificó que contara con el elemento de entrada, elemento de salida y registro de inspección (figura 17). Se encontró que todos los pozos cuentan con estos dispositivos, cumpliendo así con lo requerido en la NOM-006-CNA-1997 apartado 8.3



Figura 17. Componentes del pozo séptico prefabricado

1. Dispositivo de entrada.
2. Trampa de grasas.
3. Pozo séptico.
4. Filtro anaerobio de flujo ascendente.
5. Dispositivo de salida.
6. Registro de inspección.

7.2.5 Método de prueba para verificar la estanquidad y hermeticidad del pozo séptico prefabricado.

Para verificar la estanquidad y hermeticidad de los pozos sépticos prefabricados, en las visitas realizadas a las empresas que los fabrican, se llena en su totalidad con agua una muestra representativa de los pozos sépticos prefabricados que ya han pasado por todas las etapas del proceso productivo, esta se observa durante un tiempo determinado, en el cual los pozos no presentaron fugas, indicando que los pozos cumplen con lo establecido en la NOM-006-CNA-1997 en su apartado 8.4. Esta prueba no se realizó a los pozos sépticos prefabricados estudiados debido a que la empresa la realizaba en su proceso productivo y

también porque no tuvimos acceso al pozo séptico prefabricado vacío debido a las políticas de privacidad de la empresa.

7.2.6 Método de prueba para medir resistencia del pozos séptico prefabricado.

Cada pozo séptico prefabricado debe de soportar una carga uniforme distribuida; este cálculo se realizó con las medidas tomadas a los 30 pozos, dio como resultado que el peso mínimo que deben soportar los pozos sépticos prefabricados es de 1250 kg (según cálculo realizado NOM-006-CNa-1997), teniendo un cierre de tierra de 0,50m, según la NOM-006-1997, para obtener este resultado se aplicó la siguiente fórmula:

$$P = 2000 * S * b$$

Dónde:

P: es la carga en kg

2000: es el peso volumétrico del material en kg/m^3

S: es la superficie horizontal en m^2

b: es la máxima profundidad de relleno medida verticalmente entre el terreno y la parte superior del pozo.

En los pozos sépticos estudiados se encontró que ninguno cuenta con el cierre de tierra mínimo establecido (0,50m), por lo cual la carga que debe de soportar es inferior al requerido (1250 kg).

Por otra parte en la aplicación del método de prueba donde se procedió a llenar el pozo séptico con las bolsas de arena durante 1 hora no se realizó por las políticas de privacidad de las empresas encargadas de la fabricación de los pozos sépticos. Sin embargo, por medio de la inspección visual se halló que ninguno de los pozos estudiados presenta agrietamientos ni fisuras, lo cual nos indica que cumple con lo establecido en la NOM-006-CNA-1997 en su apartado 8.5.

Tabla 14. Estadística Descriptiva Especificaciones Técnicas

Estadística Descriptiva especificaciones técnicas				
VARIABLES	Media	Mediana	Varianza	Desviación Estándar
Tirante de Agua	1,030	1,105	0,069	0,263
Capacidad de trabajo	1,344	2,178	0,135	0,135
Capacidad total	1,527	1,527	0,437	0,66
Diámetro	1,213	1,20	0,005	0,01
Largo	1,365	1,35	0,006	0,007

Fuente: elaboración propia.

En promedio el tirante de agua de los pozos sépticos prefabricados analizados en el presente estudio fue de 1,030 m, cumpliendo así con el mínimo requerido para que los

pozos tengan un funcionamiento propicio. A su vez, La desviación global del tirante de agua con relación a la media es de 0,263.

Así mismo en promedio de la capacidad de trabajo y capacidad total de los pozos fue de 1,344 m³ y 1,527 m³ respectivamente; con este resultado se tiene que según la norma mexicana NOM-006-CNA-1997 estos pozos cumplen con este requisito; además se tiene que la desviación global de la capacidad de trabajo de los pozos sépticos fue de 0,135 y la capacidad total fue de 0,00 con relación a la media.

Por otra parte, se obtuvo que en promedio de las medidas de largo y diámetro de los pozos corresponda a 1,365 y 1,213 respectivamente; a su vez la desviación global de estos dos medidas es de el diámetro 0,01 y el largo 0,007 con relación a la media.

7.2.7 Instalación.

Para el diseño de los pozos sépticos cilíndricos horizontales, teniendo en cuenta los resultados del presente estudio, se debe de tener en cuenta las siguientes especificaciones:

Tabla 15. Especificaciones para la instalación de pozos sépticos prefabricados.

Parámetro	Especificaciones	Medidas
Dimensiones	Diámetro	Depende de la capacidad del pozo
	Altura	1.2 y 1.5 metros
	Tirante de agua	0,90 m mínimo
	Longitud de paso de agua	0,90 m mínimo
Registro de inspección	Registro de inspección	0,60 m mínimo
Capacidades	Capacidad de trabajo y total*	Hasta 5 hab. = 0,60m ³
		6-10 hab. = 1.15m ³
Existencia de componentes	Elemento de entrada	Presencia visual
	Elemento de salida	Presencia visual
Estanquidad y hermeticidad	No presenta fugas después de 4 horas de haberse llenado	No presentar fugas
Resistencia	El pozo séptico debe soportar una carga uniforme de bolsas de arena (1250kg)	No presentar agrietamiento
Caracterización	DBO5	80% de remoción carga orgánica
	DQO	No está especificado en el decreto 1594/84
	Grasas y aceites	80% de remoción
	ST	80% de remoción
	pH	
	Temperatura °C	>40°C

Fuente: Elaboración propia

* Las fórmulas para el cálculo de la capacidad total y de trabajo del pozo séptico prefabricado se encuentran especificados en la Norma Técnica Mexicana NOM-006-CNA-1997.

Para la instalación del pozo es necesario que se ubique según el decreto 1594/84 a una distancia mínima de 12 metros de la residencia, y debe de enterrarse a una profundidad máxima de 15 a 20 cm de la superficie.

El pozo séptico prefabricado se debe instalar en terrenos donde el nivel freático de 2 metros. El terreno debe ser estable y el fondo debe de estar apoyado con el material de relleno y nivelado.

Se debe de tener en cuenta para la instalación de un pozo séptico prefabricado lo siguientes distancias:

- Distancia del pozo a la vivienda: 15 metros.
- Distancia del pozo a cuerpos de agua: 31 metros.

Tabla 16. Resumen métodos de prueba aplicados a los pozos sépticos prefabricados

Pozo	Especificaciones									
	Diámetro (mts)	Largo (mts)	Tirante de agua(mts)	Registro de inspección	Capacidad de trabajo m3	Capacidad total	Elemento entrada	Elemento salida	Estanquidad hermeticidad	Resistencia
PR-01	1.20	1.35	1.15	Cumple	1.363	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-02	1.20	1.35	1.28	Cumple	1.232	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-03	1.20	1.35	1.15	Cumple	1.398	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-04	1.20	1.35	1,17	Cumple	1.517	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-05	1.20	1.35	1.18	Cumple	1.522	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-06	1.20	1.35	1.26	Cumple	1.477	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-07	1.20	1.35	1.27	Cumple	1.459	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-08	1.20	1.35	1.0	Cumple	1.363	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-09	1.20	1.35	1.20	Cumple	1.506	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-10	1.20	1.35	0.25	Cumple	0,232	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-11	1.20	1.35	0.20	Cumple	0.168	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-12	1.20	1.35	1.16	Cumple	1,512	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-13	1.60	1.80	1.44	Cumple	1,931	3,619	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-14	1.20	1.35	1.16	Cumple	1,512	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-15	1.20	1.35	1.03	Cumple	1,398	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-16	1.20	1.35	1.10	Cumple	1,232	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-17	1.20	1.35	1.10	Cumple	1.522	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-18	1.20	1.35	1.08	Cumple	1.448	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-19	1.20	1.35	1.11	Cumple	1.477	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-20	1.20	1.35	1.09	Cumple	1.459	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-21	1.20	1.35	1.06	Cumple	1.430	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-22	1.20	1.35	1.12	Cumple	1,465	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-23	1.20	1.35	1.25	Cumple	1,448	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-24	1.20	1.35	1.19	Cumple	1,363	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-25	1.20	1.35	1.16	Cumple	1,512	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-26	1.20	1.35	1.07	Cumple	1,440	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-27	1.20	1.35	1.0	Cumple	1.363	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-28	1.20	1.35	0.45	Cumple	0.526	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-29	1.20	1.35	1.18	Cumple	1.522	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
PR-30	1.20	1.35	1.35	Cumple	1.500	1,527	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

7.3 Resultados objetivo 3.

Describir la percepción que tienen los usuarios de los pozos sépticos prefabricados, acerca del funcionamiento de estos.

Teniendo en cuenta la importancia de contar una adecuada disposición de las aguas residuales de carácter doméstico, y la opinión de las personas involucradas, se aplicó una encuesta desarrollada con el fin de validar la percepción de la comunidad directamente afectada, acerca de la instalación de los pozos sépticos prefabricados.

Según los resultados de la encuesta que se le aplicó a una población total de 30 personas se obtuvo que el 50% de los pozos instalados no han presentado ningún inconveniente hasta el momento y se encuentran funcionando adecuadamente; por otra parte se halló que el 40% de los pozos han presentado malos olores, el 7% han tenido desbordamientos de los lodos y el 3% ha presentado taponamientos. Según la figura 18.

Distribución Porcentual de Pozos que presentan inconvenientes



Figura 18. Población que presenta inconvenientes con el pozo séptico prefabricado

Se obtuvo que más de la mitad de las personas encuestadas, es decir 93%, no disponen ninguna sustancia diferente las aguas residuales que pueda afectar el funcionamiento del pozo, además se encontró que el 23% de estas personas disponen grasas, el 3% dispone aceites y el 10% detergentes, lo cual nos muestra que el funcionamiento de la mayoría de estos pozos es adecuado porque no hay agentes externos que puedan interferir con el funcionamiento del filtro FAFA. Figura 19.

Distribución Porcentual disposición de otras sustancias

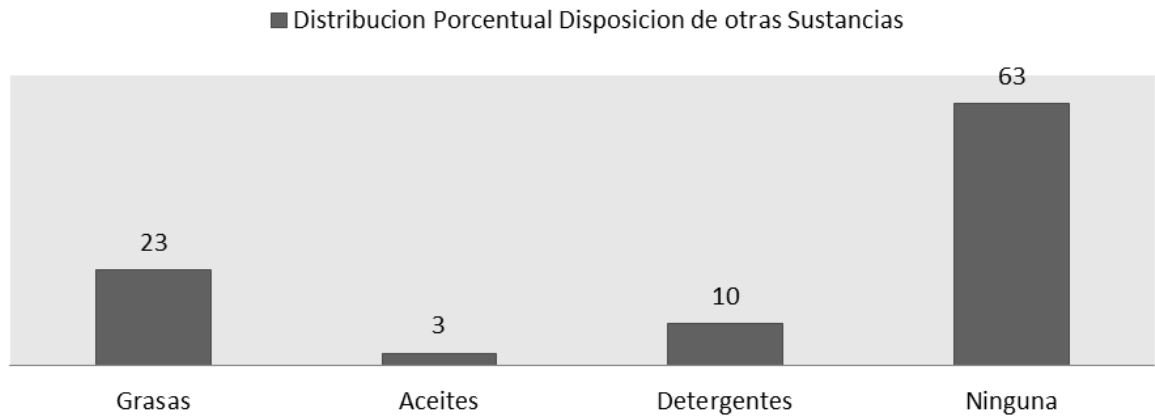


Figura 19. Sustancias que se disponen el sistema séptico

Se encontró que en la población a la cual se le aplicó la encuesta, el 87% tiene el conocimiento para realizar el mantenimiento del pozo séptico, esta información fue suministrada por la autoridad ambiental encargada de la ejecución del proyecto de instalación de los pozos, la alcaldía del municipio de Bello y el constructor de los pozos, por otra parte las personas que no tienen conocimiento sobre cómo realizar el mantenimiento al pozo acuden a las personas que saben realizar esta labor, según figura 20.

Distribución Porcentual de los pozos que se les realiza mantenimiento

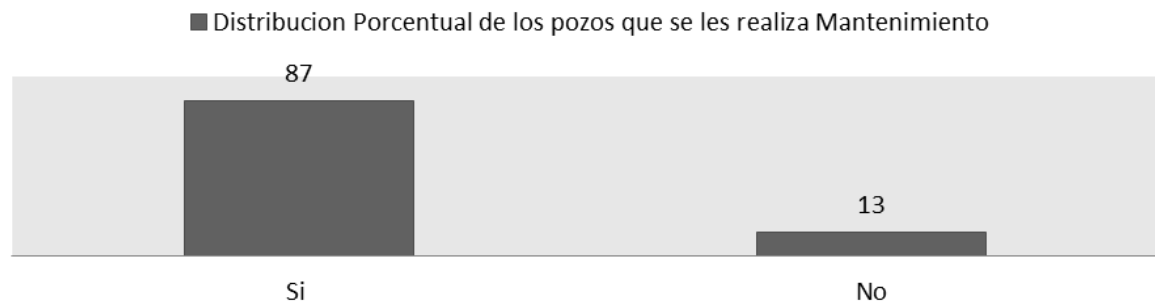


Figura 20. Sistemas sépticos que se les hace mantenimiento

Se halló que en gran parte de las zonas donde fueron instalados los pozos sépticos, es decir el 93%, no tienen cerca fuentes de agua, excepto uno en el cual se encuentra ubicado a unos

18 mts de distancia del cuerpo de agua este no cumple con la distancia mínima requerida la cual son 25 mts, para así garantizar que la fuente de agua no se contamine con la descarga de las aguas residuales. Los resultados se muestran en la figura 21.

Distribución Porcentual de pozos cerca a fuentes de agua

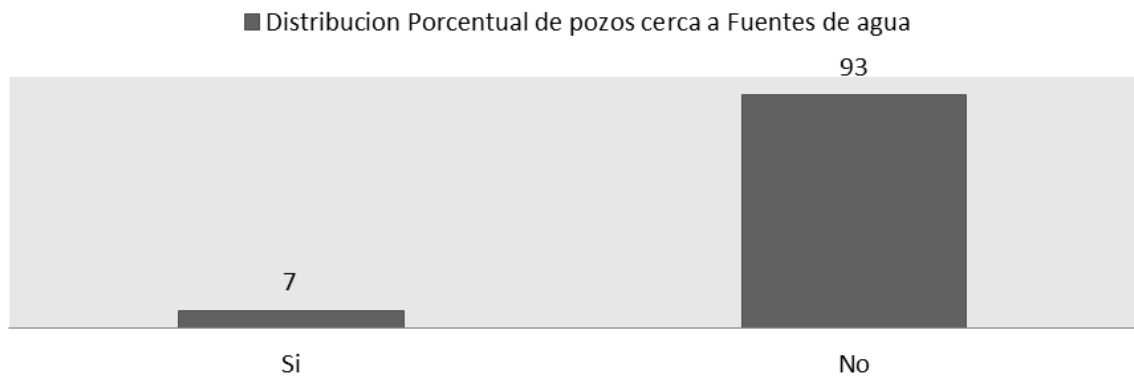


Figura 21. Pozos ubicados cerca de cuerpos de agua

Con la ejecución del proyecto de la Alcaldía de Bello y la autoridad ambiental pertinente Corantioquia sobre la instalación de los pozos sépticos prefabricados se han visto beneficiadas una gran parte de las personas encuestadas, es decir un 87% ya que manifiestan, según el estudio realizado, estar muy conformes con la instalación y el funcionamiento de estos, según la figura 22.

Distribución Porcentual de Personas Beneficiadas con la Instalación del Pozo

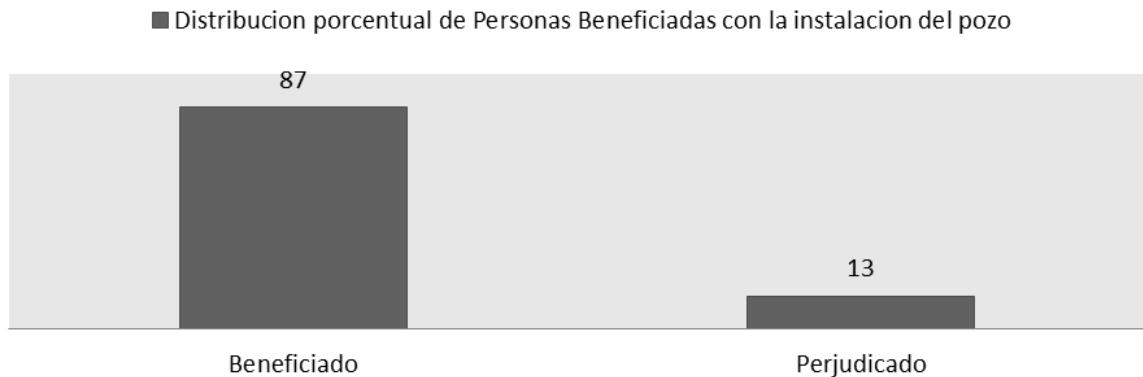


Figura 22. Personas beneficiadas con el sistema séptico

Además, según la población encuestada se halló que la mayoría es decir el 67% le fue instalado el pozo séptico hace menos de un año, a estos pozos no se les ha realizado mantenimiento ya que aún no se cumple con el tiempo establecido para hacerlo, los demás, es decir el 33% de estos, ya llevan más de un año de instalación y se les ha realizado en promedio 1 vez el mantenimiento.

7.4 resultados objetivo 4.

“Elaborar un manual sobre el uso y mantenimiento de los pozos sépticos prefabricados aplicados a Colombia”

Este objetivo no se desarrolló como se había planteado inicialmente debido a que la muestra estudiada no fue representativa y no proporcionaba fundamentos para tomar decisiones al respecto; por lo tanto se elaboró un documento el cual contiene recomendaciones para el uso y mantenimientos de los pozos sépticos prefabricados cilíndricos horizontales. Ver anexo 3.

8. Discusión.

De acuerdo con el decreto 1594 de 1984 las descargas de aguas residuales deben de cumplir con los parámetros DBO5, ST, pH, Temperatura, Grasas y Aceites para poder ser vertidas a un cuerpo de agua, teniendo en cuenta este fundamento, el resultado de los análisis fisicoquímicos que se le realizaron al agua precedente de los cuatro pozos sépticos prefabricados dio como resultado lo siguiente:

Tabla 17. Comparación con lo requerido en del Decreto 1594/84.

Comparación con lo requerido en del Decreto 1594/84					
Parámetro	Requerimiento según el decreto 1594/84	PR-10	PR-11	PR-12	PR-13
DBO5	Remoción del 80% de la carga orgánica	-	-	66,72%	-
DQO*		-	-	123,568%	-
ST	Remoción del 80%	-	-	51,70%	-
Grasas y aceites	Remoción del 80%	-	-	3,8%	-
pH	5 a 9 unidades	7.24 und.	7.25 und.	7.15 und.	7.19 und.
Temperatura	< 40°C	17.8 C°	18.5°C	17.9°C	17.3°C

Nota: la DQO no es exigida por el decreto 1594 de 1984, pero se realizó el análisis de este.

Basados en los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al agua residual procedente de los pozos sépticos y teniendo en cuenta lo exigido por el Decreto 1594 de 1984, se puede decir que los pozos a los que se les realizó los análisis no están funcionando adecuadamente ya que la DBO5 está más elevada a la entrada que a la salida, lo mismo ocurre con los parámetros de DQO y ST, estando muy por encima de lo requerido en este Decreto; además en el párrafo del artículo 45 se menciona que el agua procedente de los pozos sépticos no debe tener turbiedad ni color que interfieran con la actividad fotosintética.



Figura 23. Muestras de agua



Figura 24. Muestras de agua

En las figuras 23 y 24, se observa como el agua recolectada en las muestras es más oscura a la salida que en la entrada, lo cual da indicios de que algo está ocurriendo en el sistema séptico.

La hipótesis que se plantea es que puede existir inconvenientes con el filtro FAFA, este puede encontrarse colmatado, lo cual lleva a que no se haga debidamente la descomposición de la materia orgánica e incremente los niveles de DBO5, DQO y ST.

Para que los pozos sépticos prefabricados puedan desarrollar su trabajo, se hace necesario que cuenten con ciertos elementos que facilitan su tarea, estos son elemento de entrada y salida, registro de inspección, trampa grasa, filtro, pozo séptico y válvula de salida, en la inspección visual que se realizó a los pozos estudiados, se halló que todos cuentan con estos componentes, lo cual indica que los pozos sépticos prefabricados tienen la capacidad de tener un funcionamiento apropiado.

No se realizó discusión de los resultados obtenidos con los métodos de prueba aplicados a los pozos sépticos prefabricados, debido a que el único estudio que se encontró es un estudio exploratorio y no proporciona fundamentos para crear una discusión al respecto.

9. Conclusiones

En los cuatro pozos a los cuales se les realizaron los análisis de agua no fue posible alcanzar los porcentajes de remoción (DQO, DBO5 y ST), debido a que el filtro FAFA presenta una colmatación, lo que indica que hay mayor cantidad de microorganismos que están saliendo por arrastre, esto se debe a la falta o inadecuada realización del mantenimiento del filtro. Lo cual quiere decir que estos 4 pozos no funcionan.

Según la aplicación de los métodos de prueba establecidos en la norma oficial mexicana NOM-006-CNA-1997 a los pozos sépticos se encontró que tres de ellos no cumplen los requerimientos para que funcionen adecuadamente, estos fueron los pozos PR-10, PR-11 y PR-28 en los cuales su tirante de agua está por debajo de 0,90 m lo cual hace que estos no conserven la estabilidad hidráulica y pueden causar inconvenientes en la remoción de la carga contaminante.

Los 30 pozos sépticos prefabricados cumplen con el principio de hermeticidad, ya que según los resultados del método de prueba aplicado los pozos no presentan fugas, cumpliendo así con lo especificado en la norma oficial mexicana NOM-006-CNA-1997, y evitando que el agua residual se infiltre en el suelo contaminándolo.

La resistencia de los pozos sépticos prefabricados, teniendo en cuenta el cierre de tierra mínimo establecido (0,50 m), es directamente proporcional a la carga que debe soportar los pozos. Según el resultado que arroja la fórmula dicho peso de carga es de 1250 kg; en el estudio se halló que ninguno de los 30 pozos sépticos cuenta con el peso mínimo establecido, lo que concluye que a menor cierre de tierra menor es la resistencia.

Se encontró que 5 de los 30 pozos sépticos prefabricados se encuentran ubicados muy cerca de la vivienda, lo cual ocasiona que los gases expedidos por este sistema incomoden a los usuarios de éste y los obligue a tomar medidas para contrarrestar el efecto.

El tirante de agua es importante para que los pozos sépticos prefabricados conserven la estabilidad hidráulica y puedan cumplir con su tarea eficazmente, 27 de los 30 pozos estudiados tienen un tirante de agua de acuerdo con el mínimo establecido en la norma mexicana NOM-006-CNA-1997.

25 de los 30 pozos sépticos prefabricados analizados en el presente estudio fueron instalados a una distancia adecuada de las viviendas, y no se encuentran cerca a fuentes de

agua, por lo cual el riesgo de contaminación de agua superficial es mínimo; además estos no presentan fugas, ni agrietamientos, lo cual indica que son resistentes y herméticos.

Según la percepción de la comunidad la instalación de los 30 pozos sépticos prefabricados ha sido un beneficio y funcionan adecuadamente, mientras que según los resultados arrojados por el laboratorio de los 4 pozos analizados, nos damos cuenta que el filtro FAFA no está cumpliendo su función ya que está generando más materia orgánica de la que remueven.

Los usuarios de los pozos sépticos fueron importantes para el desarrollo de este estudio, ya que son ellos los directamente afectados y los que manipulan y tiene contacto con el sistema de pre tratamiento; debido a esto se realizó un análisis del aspecto social, de la percepción que tienen los 30 usuarios de los pozos sépticos, con esto se halló que el 87% de la comunidad está conforme con el funcionamiento del pozo, ya que con la instalación de estos se le ha facilitado, de alguna manera, la disposición de la aguas residuales que generan. Además se encontró que el 50% de los pozos sépticos ha presentado inconvenientes tales como malos olores, desbordamientos y taponamientos, además en estos pozos sépticos no se disponen sustancias que puedan dañar de alguna forma el sistema de pre tratamiento, como lo son los detergentes, desinfectantes, pinturas, disolventes, entre otras.

La educación ambiental difundida por parte de la autoridad ambiental correspondiente Corantioquia y la empresa que instalo los pozos sépticos prefabricados AZ Construcciones, con relación al manejo que se le debe de dar a los pozos sépticos prefabricados, está siendo oportuna y es suministrada de manera personalizada a los usuarios de este, ya que las personas que utilizan estos sistemas conocen y tienen presente cómo y cuándo se debe de realizar el mantenimiento del pozo séptico, además de conocer los cuidados que se deben de tener para que su sistema se mantenga en funcionamiento.

Con el proyecto de instalación de pozos sépticos prefabricados para el área rural del municipio de Bello, se ha mejorado la calidad de vida de la población campesina, ya que se facilita la disposición final de las aguas residuales de carácter doméstico que se generan en estas zonas, disminuyendo así la generación de enfermedades y vectores relacionados con éstas.

10. Recomendaciones

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema de pre- tratamiento de aguas residuales domésticas, se les recomienda a los habitantes de la vivienda que realicen tareas de mantenimiento y limpieza permanentes, y que traten de identificar las posibles fallas que se puedan presentar en cada una de las unidades que conforman el sistema, esto con el fin de garantizarles el normal funcionamiento.

Se recomienda definir para cada una de las unidades del sistema de tratamiento los periodos de mantenimiento así:

- Trampa de grasas: debe tener una frecuencia de mantenimiento semanal.
- Tanque sedimentado: debe recibir la extracción de natas cada quince días y de lodos cada 6 meses.
- Filtro FAFA: debe recibir una supervisión mensual en la entrada, donde se identifique la presencia de sobrenadantes (grasas, bolsas o similares) que impidan el normal funcionamiento de las unidades.

Debido a que en el presente estudio la muestra analizada no fue representativa, se recomienda desarrollar un estudio más amplio de los pozos sépticos prefabricados, con relación al agua que procede de ellos, para poder concluir si en realidad funcionan adecuadamente.

Realizar y gestionar un plan de vigilancia y control por parte de la autoridad ambiental y/o el municipio, con el fin de garantizar que la información suministrada a la población sobre el mantenimiento periódico de los pozos sépticos prefabricados, está siendo aplicada adecuadamente por la misma.

Se recomienda a la comunidad, informar a la autoridad ambiental competente si se observa alguna falla en el funcionamiento de los pozos sépticos prefabricados que pueda causar daño al medio ambiente y a la población, tales como malos olores, derrames, proliferación de mosquitos u otros vectores.

Agradecimientos.

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniendo paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.



Agradecemos a las entidades que colaboraron en el desarrollo del proyecto, Sanear Ltda., AZ construcciones y Fibras M&M facilitando la información necesaria para el logro de los objetivos.

Damos gracias de manera sincera a la profesora Ruth Marina Agudelo Cadavid, por la paciencia, la orientación y los consejos dados durante el desarrollo de esta tesis. También agradecemos especialmente a nuestro compañero Carlos Alberto Lara Patiño por haber aportado tanto a este proyecto, por el apoyo y la ayuda brindada.

ANEXOS

Anexos

Anexo 1. Resultados Laboratorio

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1883	GRUPO DE DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN -GDCON-		 GRUPO DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN
	INFORME DE RESULTADOS		
Código: F3-GE-PR-001-GDCON	Versión: 05	Fecha de aprobación: 28/09/2012	Página 1 de 2

INFORME No. 12-0972

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente	Grupo de Investigación en Salud y Ambiente – GISA	Teléfono	2196859
NIT/ C.C.	890.980.040-8	Contacto	Diana Isabel Cano
Dirección	Cle 62. No .52 - 59	E-mail	dianitaisabel23@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S)

Fecha de recepción	12/12/2012
Fecha de elaboración del reporte	08/01/2013

Código Interno	Descripción de la muestra
12-0972-1	Pozo comunitario entrada
12-0972-2	Pozo comunitario salida
12-0972-3	Pozo Gilma Bedoya entrada
12-0972-4	Pozo Gilma Bedoya salida
12-0972-5	Pozo Ángela Bedoya entrada
12-0972-6	Pozo Ángela Bedoya salida
12-0972-7	Pozo don Conrado entrada
12-0972-8	Pozo don Conrado salida

3. RESULTADOS DE LABORATORIO

Código Interno	Método de Referencia	Parámetro	Resultado	Fecha análisis
12-0972-1	SM 5210 D; Ed. 2005	DBO ₅	1360 mg DBO ₅ /L	13/12/2012
	SM 5220 D; Ed. 2005	DQO	2316.805 mg O ₂ /L	13/12/2012
	SM 2540 B; Ed. 2005	Sólidos Totales	2456.7 mg/L	18/12/2012
	SM 5520 D; Ed. 2005	Grasas y aceites	216.2 mg/L	13/12/2012
12-0972-2	SM 5210 D; Ed. 2005	DBO ₅	1440 mg DBO ₅ /L	13/12/2012
	SM 5220 D; Ed. 2005	DQO	2349.697 mg O ₂ /L	13/12/2012
	SM 2540 B; Ed. 2005	Sólidos Totales	5746.7 mg/L	18/12/2012
	SM 5520 D; Ed. 2005	Grasas y aceites	100.4 mg/L	13/12/2012
12-0972-3	SM 5210 D; Ed. 2005	DBO ₅	419 mg DBO ₅ /L	13/12/2012
	SM 5220 D; Ed. 2005	DQO	862.372 mg O ₂ /L	13/12/2012
	SM 2540 B; Ed. 2005	Sólidos Totales	938.0 mg/L	18/12/2012
	SM 5520 D; Ed. 2005	Grasas y aceites	168.3 mg/L	13/12/2012
12-0972-4	SM 5210 D; Ed. 2005	DBO ₅	1800 mg DBO ₅ /L	13/12/2012
	SM 5220 D; Ed. 2005	DQO	3056.881 mg O ₂ /L	13/12/2012

	SM 2540 B; Ed. 2005	Sólidos Totales	2014.0 mg/L	18/12/2012
	SM 5520 D; Ed. 2005	Grasas y aceites	55.3 mg/L	13/12/2012
12-0972-5	SM 5210 D; Ed. 2005	DBO ₅	29 mg DBO ₅ /L	13/12/2012
	SM 5220 D; Ed. 2005	DQO	71.486 mg O ₂ /L	03/01/2013
	SM 2540 B; Ed. 2005	Sólidos Totales	18.0 mg/L	18/12/2012
	SM 5520 D; Ed. 2005	Grasas y aceites	41.4 mg/L	13/12/2012
12-0972-6	SM 5210 D; Ed. 2005	DBO ₅	139 mg DBO ₅ /L	13/12/2012
	SM 5220 D; Ed. 2005	DQO	315.346 mg O ₂ /L	13/12/2012
	SM 2540 B; Ed. 2005	Sólidos Totales	278.0 mg/L	18/12/2012
	SM 5520 D; Ed. 2005	Grasas y aceites	3.6 mg/L	13/12/2012
12-0972-7	SM 5210 D; Ed. 2005	DBO ₅	9750 mg DBO ₅ /L	13/12/2012
	SM 5220 D; Ed. 2005	DQO	18080.252 mg O ₂ /L	13/12/2012
	SM 2540 B; Ed. 2005	Sólidos Totales	7556.7 mg/L	18/12/2012
	SM 5520 D; Ed. 2005	Grasas y aceites	559.1 mg/L	13/12/2012
12-0972-8	SM 5210 D; Ed. 2005	DBO ₅	560 mg DBO ₅ /L	13/12/2012
	SM 5220 D; Ed. 2005	DQO	1228.079 mg O ₂ /L	13/12/2012
	SM 2540 B; Ed. 2005	Sólidos Totales	1444.0 mg/L	18/12/2012
	SM 5520 D; Ed. 2005	Grasas y aceites	33.7 mg/L	13/12/2012

Nota: El separador de cifras decimales está representado por un punto.

APRUEBAN ESTE INFORME:

Coordinador Físicoquímico	Ing. Sanitaria. Magister Ingeniería	Catalina Rodríguez	
Coordinador Instrumental	Químico	Andrés Gallo	
Coordinador Microbiología	Microbióloga MSc. Ciencias Ambientales	Nancy J. Pino Rodríguez	
Director GDCON	Químico Ph.D Qca. Ambiental	Gustavo Peñuela	

Los resultados entregados sólo son válidos para las muestras analizadas y son de carácter confidencial.

Las muestras fueron entregadas por el interesado al laboratorio.

Por ningún motivo debe hacerse reproducción total o parcial del presente informe sin la autorización de GDCON



Laboratorio acreditado por el IDEAM para los parámetros: Coliformes Totales, Coliformes Fecales, pH, Turbidez, Demanda Química de Oxígeno, Carbono Orgánico Total, Sólidos Totales, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Fósforo total, Color, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Conductividad Eléctrica, Alcalinidad Total, Dureza Total, Dureza Cálcica, Sulfato, Nitrato, Cloruro, Fluoruro, Nitrito, Amonio, Nitrógeno Total Kjeldahl, Cromo Hexavalente Disuelto, Metales Totales (Mg, Cu, Fe, Mn, Na, Ca, Cr), Compuestos Orgánicos Volátiles, Pesticidas Organoclorados, Pesticidas Organofosforados, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs), Dióxido de Nitrógeno; según Resolución N° 1665 del 12 de julio de 2011.




Registro número: CO-SC 6729-1



ISO 9001:2008-NTC-ISO 9001:2008
Certificado: SC 6729-1

Anexo 2.

Formato Encuesta

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1992	ENCUESTA Funcionamiento de Pozos Sépticos Prefabricados
Facultad Nacional de Salud Pública “Héctor Abad Gómez”	

El presente estudio es conducido por estudiantes y docentes de la Universidad de Antioquia, Facultad Nacional de Salud Pública y tiene como fin estudiar las especificaciones técnicas y los métodos de prueba de los pozos sépticos prefabricados instalados por Corantioquia en el Corregimiento de San Félix, Bello. Para esto se hace necesaria la realización de una encuesta sobre la adecuada instalación, manejo y funcionamiento de los pozos sépticos por parte de la empresa contratista y la comunidad, respectivamente.

En este sentido, lo invitamos a responder las siguientes preguntas, al tiempo que le garantizamos que la información es totalmente confidencial, con fines académicos, y que será utilizada solo para identificar el estado actual de los pozos sépticos.

Si tiene alguna duda sobre el estudio, puede hacer preguntas en cualquier momento durante la encuesta. Si alguna de las preguntas realizadas por el encuestador le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber o de no responder la pregunta.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, FACULTAD NACIONAL DE SALUD PÚBLICA			
Administración en Salud: Gestión Sanitaria y Ambiental.			
Fecha:	DD / MM / AAAA	Código de la encuesta:	Vereda:
Nombre del encuestador:			
Nombre de la persona encuestada:			
Número de habitantes:			
Ítem	Pregunta:		
1	¿Hace cuánto tiempo fue instalado el pozo séptico prefabricado?		
2	Le ha presentado problemas la instalación del pozo séptico prefabricado, tales como: Malos Olores __ Desbordamiento __ Taponamiento __ Otros __		
3	¿Qué tipo de sustancias dispone usted por el desagüe? Grasas __ Aceites __ Pinturas __ Thinner __ Gasolina __ Otros __		
4	¿Sabe usted cómo realizarle mantenimiento al pozo séptico prefabricado? Sí __ No __		
5	¿Desde la instalación del pozo séptico prefabricado cuantas veces le ha realizado mantenimiento?		
6	¿Está ubicado el pozo séptico y/o campo de desagüe a 30m o menos de un afluente de agua?		
7	¿Cómo se siente con la instalación del pozo séptico prefabricado? Beneficiado __ Perjudicado __		

Anexo 3.

Recomendaciones para el uso y mantenimiento de los pozos sépticos prefabricados cilíndricos horizontales.



RECOMENDACIONES PARA EL USO Y MANTENIMIENTO DE POZOS SÉPTICOS PREFABRICADOS CILÍNDRICOS HORIZONTALES



Créditos

Cindy Lorena Otálvaro López

Estudiante administración en salud: gestión sanitaria y ambiental
Facultad Nacional de Salud Pública

Diana Isabel Cano Gil

Estudiante administración en salud: gestión sanitaria y ambiental
Facultad Nacional de Salud Pública

Natalia María Ortega Bedoya

Estudiante administración en salud: gestión sanitaria y ambiental
Facultad Nacional de Salud Pública

Gilberto Arenas Yepes

Asesor Académico
Docente Facultad nacional de Salud Publica

Introducción

Atender el saneamiento básico de las zonas rurales es una de las mayores preocupaciones de los municipios y las instituciones ambientales, debido a esto se desarrollan diferentes proyectos con el fin de mejorar la calidad de vida y el bienestar de sus habitantes.

La forma más común para evacuar las aguas residuales de tipo doméstico es mediante un sistema de alcantarillado sanitario. Sin embargo esto no es siempre económica y geográficamente factible, ya que en muchas ocasiones la población que necesita este tipo de sistemas se encuentra muy dispersa o no se cuenta con la disponibilidad de agua suficiente para realizar el desalojo mediante un sistema hidráulico adecuado.

En dichos casos es necesario instalar unidades específicas de evacuación y tratamiento para evitar la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua potable, ya sean superficiales o subterráneas. En este sentido el sistema de pre tratamiento basado en los pozos sépticos son la opción más adecuada para resolver los problemas sanitarios que se pueden presentar con la disposición de las aguas residuales.

Objetivo de la guía

Dar a conocer las especificaciones para la instalación y mantenimiento de los pozos sépticos

Definiciones

Pozo séptico: Es un recipiente fabricado en fibra de vidrio, que se instala enterrado y tapado. Su función es acondicionar las aguas residuales para disposición subsuperficial en lugares donde no existe un sistema de alcantarillado sanitario.

Filtro anaerobio de flujo ascendente: El filtro anaerobio de flujo ascendente constituye un equipo de eliminación de materia orgánica por medio de microorganismos soluble utilizado frecuentemente para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Funcionamiento de un pozo séptico

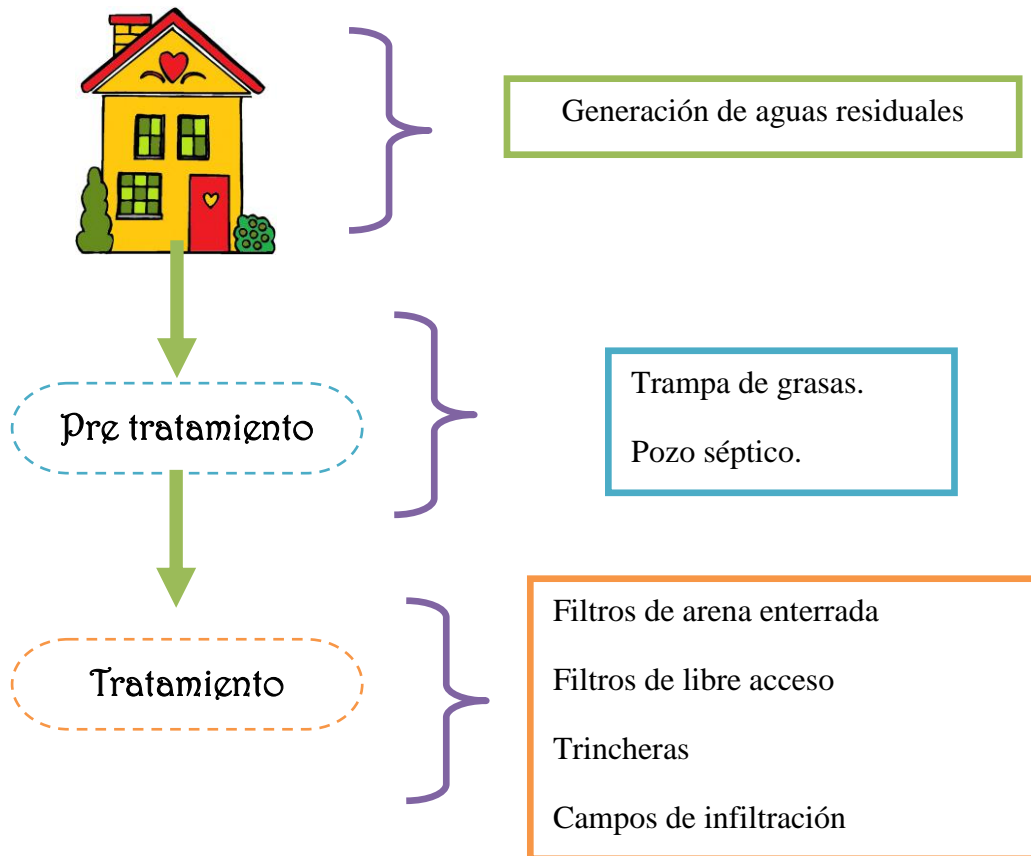
1. En la primera cámara los materiales sólidos más pesados van al fondo por sedimentación, y los más livianos se quedan en la superficie del agua por flotación.
2. En la segunda cámara caen los residuos que no fueron retenidos en la primera cámara, dando inicio al proceso biológico.
3. En la tercera cámara se retienen los residuos que no fueron retenidos en las cámaras anteriores.

Funcionamiento del filtro FAFA: Después que el agua pasa por la trampa de grasas y por el tanque séptico ingresa en forma ascendente por el filtro biológico o FAFA que corresponde a la tercera cámara, allí termina el proceso de tratamiento del agua donde se remueve hasta un 80% de su contaminación.

El filtro biológico contiene un material plástico en forma de “crispetas” en el que se adhieren las bacterias encargadas de consumir los contaminantes presentes en el agua.

Sistema de Pre tratamiento de aguas residuales domésticas.

Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.



Fuente: Revista empresas públicas de Medellín. Vol. 10 N°2 abril junio de 1988 0120-1239.

Recomendaciones para la instalación de los pozos sépticos prefabricados cilíndricos horizontales

Para la instalación del pozo es necesario que se ubique según el decreto 1594/84 a una distancia mínima de 12 metros de la residencia, y debe de enterrarse a una profundidad máxima de 15 a 20 cm de la superficie.

El pozo séptico prefabricado se debe instalar en terrenos donde el nivel freático de 2 metros. El terreno debe ser estable y el fondo debe de estar apoyado con el material de relleno y nivelado.

Se debe de tener en cuenta para la instalación de un pozo séptico prefabricado lo siguientes distancias:

Distancia del pozo a la vivienda	Distancia del pozo a cuerpos de agua
15 mts	31 metros

También es importante tener en consideración para la instalación de estos pozos los siguientes puntos:

- Evite terrenos pantanosos, de relleno o sujetos a inundación
- Evite que lleguen al pozo aguas procedentes de la cocina.
- Es recomendable instalar un registro de inspección antes de la entrada del pozo séptico.
- Evite que aguas lluvias se infiltren en cualquier fase del proceso, pues causan interferencia negativa dentro del mismo.

Mantenimiento de los pozos sépticos prefabricados cilíndricos horizontales

Se deben retirar las natas y las grasas que flotan en el agua, una vez retiradas se deben depositar en una excavación y cúbralos con cal y tierra.

La excavación debe hacerse en un lugar despoblado por lo menos lejos de las casas, linderos y retirados de fuentes de agua.

Los lodos procedentes del pozo séptico se pueden utilizar como abono, siempre y cuando se mezclen con tierra, residuos orgánicos, hierba cortada y cal. Nunca descargue los lodos en una corriente de agua, campo abierto o caño seco.

Para realizar la limpieza de la tubería se debe de abrir y cerrar la válvula de purga en forma consecutiva entre 5 y 6 veces (esta válvula se encuentra en la parte inferior externa del pozo); el lodo debe salir hasta disminuir su nivel en el pozo séptico a una altura aproximada de 10 cm, con el fin de dejar un cultivo de bacterias para el próximo tratamiento de aguas residuales.

Observaciones

- Si el pozo séptico queda ubicado en una zona plana es necesario drenarlo mediante un sistema de bombeo o con un balde.
- Evite usar detergentes y desinfectantes cuando realice la limpieza del pozo séptico, ya que estas sustancias matan las bacterias, las cuales son las encargadas de realizar la descomposición de la materia orgánica (filtro FFA).
- Inspeccione cada 6 meses.
- Cuando abra la tapa de cualquier parte del sistema para la inspección o limpieza, se debe dejar pasar un tiempo para que garantice una adecuada ventilación ya que los gases acumulados pueden causar explosiones o asfixias.
- Evite disponer grasas o aceites por el desagüe, estos pueden obstruir la tubería y disminuir la eficiencia del sistema séptico.
- Se debe realizar limpieza al pozo, si la altura de los lodos es mayor a 60 centímetros.

¿Cómo garantizar el funcionamiento adecuado del pozo séptico?

Para que el pozo séptico funcione correctamente se debe evitar que el sistema acumule grasas y lodos que impidan su normal funcionamiento, esto se logra controlando los niveles de natas y lodos por medio de las verificaciones periódicas.

Para lograr este correcto funcionamiento debemos realizar el mantenimiento periódico del pozo.

Lo que debe y no debe hacer con el pozo séptico

Lo que debe hacer:

- Verifique con agencias reguladoras locales con un inspector/bombeador si usted tiene una unidad para el desecho de basura para asegurarse que su sistema séptico pueda manejar este desperdicio adicional.
- Verifique con su departamento de salud local antes de usar aditivos. Los aditivos comerciales para pozos sépticos no eliminan la necesidad del bombeo periódico y podrían ser dañinos a su sistema.
- Use agua eficazmente para prevenir la sobrecarga del sistema séptico. Asegúrese de reparar las llaves o inodoros que gotean.
- No se debe usar limpiadores de baño y detergentes de ropa.
- Plante solamente césped sobre y cerca de su sistema séptico, las raíces de árboles o arbustos podrían atascar y dañar el área de la descarga.

Lo que no debe hacer:

- Su sistema séptico no es un bote de basura, no tire productos higiénicos, ni sustancias químicas peligrosas en su sistema.
- No use destapadores de drenajes cáusticos para un desagüe tapado, en su lugar, use agua hirviendo o un tubo flexible para destapar tuberías.
- No maneje o estacione automóviles sobre cualquier parte de su sistema séptico, los automóviles pueden compactar el suelo de su campo de drenaje o pueden dañar las cañerías, tanques u otros componentes

Como realizar el manteniendo al filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).

El mantenimiento de filtro FAFA se debe de realizar siguiendo las siguientes recomendaciones:

- El periodo de limpieza del filtro deberá coincidir con la limpieza del pozo séptico. Se recomienda que al realizar esta actividad, el pozo séptico este previamente desocupado, para hacer el lavado del filtro con una o dos cargas de agua limpia.
- Sacudir el material filtrante con una vara en forma circular y retirar los lodos flotantes con una pala y dejarlos secar al aire libre.
- Los lodos se depositan en un hueco que debe abrirse previamente en la tierra y al cual se debe de agregar cal, antes y después de vaciar los lodos.

Métodos de prueba aplicables.

Los métodos de prueba se realizan para validar si los pozos sépticos prefabricados cumplen con las características necesarias para que funcionen de manera adecuada, asegurándose que todos los elementos que lo componen esta ubicados correctamente y validar la hermeticidad y resistencia de los pozos.

Todos los pozos sépticos prefabricados deben de cumplir con las siguientes medidas:

Parámetro	Especificaciones	Medidas
Dimensiones	Diámetro	Depende de la capacidad del pozo
	Altura	Depende de la capacidad del pozo
	Tirante de agua	90cm mínimo
	Longitud de paso de agua	90 cm mínimo
Registro de inspección	Registro de inspección	60 cm mínimo
Capacidades	Capacidad de trabajo y total*	Hasta 5 hab. = 0,60m ³
		6-10 hab. = 1.15m ³
Existencia de componentes	Elemento de entrada	Presencia visual
	Elemento de salida	Presencia visual
Estanquidad y hermeticidad	No presenta fugas después de 4 horas de haberse llenado	No presentar fugas
resistencia	El pozo séptico debe soportar una carga uniforme de bolsas de arena	No presentar agrietamiento
caracterización	DBO5	80% de remoción de materia orgánica
	DQO	80% de remoción
	Grasas y aceites	80% de remoción
	ST	80% de remoción

Fuente: elaboración propia

* Las fórmulas para el cálculo de la capacidad total y de trabajo del pozo séptico prefabricado se encuentran especificados en la Norma Técnica Mexicana NOM-006-CNA-199

Estructura del pozo séptico prefabricado



1. Dispositivo de entrada.
2. Compartimiento de Trampa de Grasas
3. Compartimiento de Pozo Séptico
4. Compartimiento del Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente
5. Dispositivo de salida

Referencias Bibliográficas.

1. vertimientos Hospitalarios. {Internet}. {Consultado el 26 de mayo de 2011}. Disponible en:
http://www.corporacionambientalempresarial.org.co/documentos/Acar_vertimientos_hospitalarios.pdf
2. La problemática del agua y el tratamiento de las aguas residuales industriales. Ing. Jorge Eduardo Loayza Pérez Comité Editorial. Revista VIRTUALPRO. Revista virtual pro procesos industriales. Marzo de 2009. Disponible en:
http://www.revistavirtualpro.com/files/ED01_200903.pdf
3. Kelly A. Reynolds. Tratamiento de aguas residuales en Latinoamérica “identificación del problema”. {Internet}. {Consultado el 26 de mayo de 2011}. Disponible en:
<http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>
4. Evolución de la población Latinoamericana en cifras {internet}. {Consultado el 28 de mayo de 2011}. Disponible en: http://slideshare.net/Profesor_pedro/poblacion-latinoamericana-y-sus-dinmicas
5. Redacción Negocios. Colombia solo trata el 9% de sus aguas residuales. El Espectador.com. Publicado el 25 Sep. 2008. Sección: negocios. {Internet} Disponible en: <http://www.elespectador.com/impreso/negocios/articuloimpreso-colombia-solo-trata-9-de-sus-aguas-residuales>
6. Procuraduría general de la nación, MAVDT, superintendencia de S.P.D., DNP, UNICEF. El agua potable y saneamiento básico en los planes de desarrollo. La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamental y municipal (primera edición). Bogotá – Colombia. Pág. 43-51.
7. DANE {Internet}. Colombia; resultados del censo 2005. {Consultado el 28 de mayo de 2011}. Disponible en.: www.dane.gov.co
8. Municipio de Bello. Quienes Somos. {Sitio de internet}. {Consulta: 30 de mayo de 2011}. Disponible en:
<http://bello.aredigital.gov.co/institucional/Paginas/acercadelmunicipio.aspx>

9. Richard Wilhelm. Método de prueba, práctica ¿u otra cosa? {Sitio de internet}. {Consultado 30 de mayo de 2011}. Disponible en: http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPSO09/ruls_regs_sps09.html
10. Gestión de la calidad. {Sitio de internet}. {Consultado 30 de mayo de 2011}. Disponible en: <http://www.sapiens.com/castellano/glosario.nsf/Gesti%C3%B3n%20de%20la%20calidad/Especificaci%C3%B3n%20T%C3%A9cnica/6577A267F2354A7FC1256A770076B0A8!opendocument>
11. Contaminantes del agua. Prof. Ivette Torres Vera Química Ambiental. {Sitio de internet}. {Consultado 13 de junio de 2011}. Disponible en: http://www.pucpr.edu/facultad/itorres/quimica_ambiental/Contaminantesdelagua2.pdf.
12. Tipos de contaminación del agua. {Sitio de internet}. {Consultado el 13 de junio de 2011} Disponible en: http://members.tripod.com/mexico_h20.mx/page6.html
13. Tratamiento analítico de aguas servidas. {Sitio de internet}. {Consultado el 02 de julio de 2011}. Disponible en: <http://cabierta.uchile.cl/revista/6/aguas.htm>
14. Grupo cultural “Tlathui”. Tipos de contaminación del agua. {Sitio de internet}. {Consulta el 30 de mayo de 2011. Disponible en: http://members.tripod.com/mexico_h20.mx/page6.html
15. Ministerio de desarrollo económico dirección de agua potable y saneamiento básico. reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras - 2000. Noviembre del 2000. {internet}. {consultado el 05 de febrero de 2013}. Disponible en: http://www.cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf
16. tratamiento de aguas residuales. Publicaciones tierramor. Alejandro Marsilli publicado en diciembre 2005. {Sitio en internet}. Disponible en: <http://www.tierramor.org/Articulos/tratagua.htm#trat>. Consultado el 22 de diciembre de 2011.
17. Empresas Públicas de Medellín. Revista Empresas Públicas de Medellín – Instalación de Pozos Sépticos. Vol. 10 N°2. Abril- junio 1988.

18. Dialnet. Funcionamiento hidráulico de un filtro anaerobio de flujo ascendente {Sitio de internet}. {Consultado 05 de febrero de 2013}. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2382175>

19. Depur Agua. Tanques sépticos mejorados con filtro de flujo ascendente. San José, Costa Rica. {Sitio de internet}. {Consultado 05 de febrero de 2013}. Disponible en: http://depuragua.co.cr/tanques_septicos.html

Bibliografía no citada.

- Política de aguas residuales. {Sitio en internet}. Disponible en: http://www.aredigital.gov.co/observatorio/observatorio_documentos_tematicos/Ambiental/Agua/Ordenamiento. Consultado: 12 de diciembre de 2011
- Política nacional recurso hídrico. {Sitio en internet}. <http://www.youblisher.com/p/182519-Lecturas-recomendadas/>. Consultado: 12 de diciembre de 2011
- Gestión para el manejo tratamiento y disposición final de aguas residuales municipales. Ministerio de medio ambiente. 2002. Disponible en : <http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/cartillas/Residuos%20municipales.pdf>
- Épsilon. Revista de facultades de ingeniería universidad de la Salle. Publicada en julio diciembre 2007. Número 009. Constanza Londoño Pérez, Yanneth Parra Martínez. Bogotá, Colombia. Disponible en <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/955/95500908.pdf>
- Determinación del tamaño muestral. Pita Fernández Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Universitario de A Coruña. {Sitio en internet}. Disponible en: <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>
- Un blog verde. {Internet}. Disponible en: <http://www.dforceblog.com/2009/04/27/calidad-del-agua-y-la-d-b-o/>. Consultado el 15 de enero de 2012.
- Salud y riesgos. {Internet}. Consultado el 15 de enero de 2012. Disponible en: [http://www.saludyriesgos.com/-/Demanda+Quimica+de+Oxigeno+\(DQO\)](http://www.saludyriesgos.com/-/Demanda+Quimica+de+Oxigeno+(DQO))
- Aguamarker. {Internet}. Consultado el 15 de enero de 2012 <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=2082&termino=Solidos>
- PCE inst. {Internet}. Consultado el 15 de enero de 2012. Disponible en: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/definicion-ph.htm>

