

Diseño y comparación de un sistema de desagües de sanitarios secos respecto a un sistema convencional

Muñoz Jonnathan Felipe*

**Facultad de Ingeniería civil, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.*

Resumen

Se diseñó el sistema de sanitarios secos en el municipio de Sopo, casa 33 Yerbabuena, partiendo del análisis teórico de un sistema sanitario convencional según la norma técnica colombiana NTC 1500, la cual se comparó con el análisis del sistema de sanitarios secos evaluando aspectos de caudal, velocidad, diámetro, material, características constructivas, costos y diseño en general.

Posteriormente se diseñó el sistema convencional y el sistema sanitario seco obteniendo los siguientes resultados respectivamente, para agua potable un caudal de 1.60 l/s y 0.9 l/s, para aguas residuales un caudal de 0.30 l/s y 0.10 l/s, para el sistema de tratamiento con tanque anaerobio un caudal de 0.1 l/s; y para sanitarios secos se remplaza con la cámara de compost de 6 m³, que permite la descomposición de la materia orgánica. Como resultado se obtuvieron 4 planos de diseño por sistema, que incluye aguas residuales y agua potable, Calculo de cantidades de obra, presupuestos y su comparación. Los resultados obtenidos permitieron concluir que se presenta una reducción en el caudal de agua potable de 43.75%, en el caudal de aguas residuales de 66.66%, lo que representa un ahorro económico y ambiental a futuro. Se eliminan sistemas como pozo séptico y el tratamiento con tanque anaeróbico, también se observó una disminución en el costo hidrosanitario de 7.988.750 pesos. Sin embargo se debe tener en cuenta que para la implementación del sistema de sanitario seco, se debe disponer de un área para el cuarto de compostaje (En este caso se adiciono un volumen de 19 m³ aproximadamente en sótano y su respectiva bomba eyectora), lo que genera costo y la necesidad de un pre diseño arquitectónico, también es necesario tener en cuenta las condiciones específicas para que el compostaje se genere satisfactoriamente como aireación, el contenido de humedad (50-60%), temperatura (40-65 °C), relación de carbono a nitrógeno (25-35), pH (5,5 a 8,0), porosidad (35-50%).

Palabra claves: *Compostaje, diseño hidráulico, sanitario seco.*

Abstract

The dry sanitary system was designed in the Sopo town, house 33 Yerbabuena, starting from the theoretical analysis of a conventional sanitary system per the Colombian technical norm NTC 1500, which was compared with the analysis of the dry sanitary system evaluating aspects of flow, Speed, diameter, material, construction characteristics, costs and design in general.

Subsequently, the conventional system and the dry sanitary system were designed, respectively, for drinking water at a flow rate of 1.60 l / s and 0.9 l / s, for wastewater at a flow rate of 0.30 l / s and 0.10 l / s for the system of treatment with anaerobic tank a flow of 0.1 l / s; And for dry toilets it is replaced with the compost chamber of 6 m³, which allows the decomposition of the organic matter. Thus, 4 design drawings per system were obtained; including wastewater and drinking water, Calculation of quantities of work, budgets and their comparison. The results obtained allowed to conclude that there is a reduction in the flow of potable water of 43.75%, in the waste water flow of 66.66%, which represents an economic and environmental saving in the future. Systems such as septic tank and anaerobic tank treatment were also eliminated, a decrease in the water cost of 7,988,750 pesos was also observed.

However, it should be considered that for the implementation of the dry sanitary system, an area must be available for the composting room (In this case, a volume of approximately 19 m³ was added in the basement and its respective ejector pump). Which generates cost and the need for a pre-architectural design, it is also

necessary to consider the specific conditions for composting to be generated satisfactorily such as aeration, moisture content (50-60%), temperature (40-65 ° C), Carbon to nitrogen ratio (25-35), pH (5.5 to 8.0), porosity (35-50%).

Keywords: Composting, Hydraulic design, Dry sanitary.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los sistemas de desagües convencionales en sanitarios satisfacen nuestras necesidades, cumplen con labores de saneamiento y salubridad básica, sin embargo, estos se sostienen mediante costos ambientales muy elevados, debido a la utilización de agua potable y energía.

Por medio de la comparación de los sistemas de desagüe convencional y la tecnología de los sanitarios secos, permite demostrar que los sanitarios secos al requerir poco o nada de agua se pueden desconectar tanto del suministro de agua, como de la infraestructura de aguas residuales. Esto supone un ahorro de agua potable y residual que pueden ser significativos, debido a que la cisterna del inodoro constituye el mayor porcentaje de uso del agua.

Las tecnologías con sistemas secos funcionan en gran medida con compostaje, y tiene dos componentes principales; el inodoro y el tanque de compostaje. Las otras partes de un sistema de compostaje a menudo incluyen un ventilador y tubo de ventilación para eliminar cualquier olor. Normalmente hay un drenaje para eliminar el exceso de lixiviados y puertas de acceso para el compost.

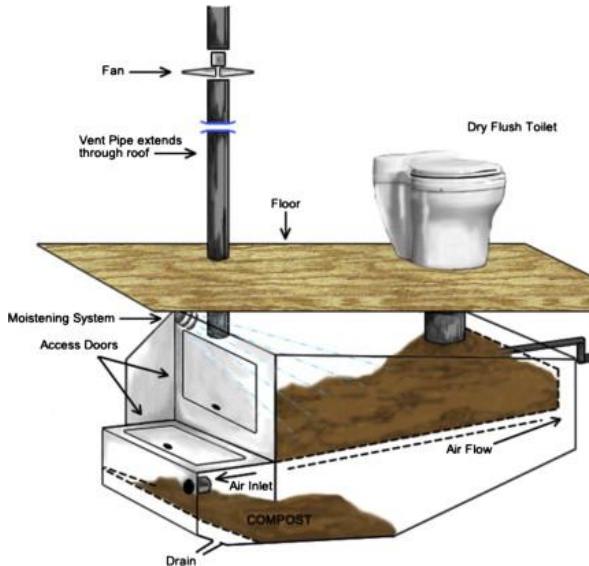
Los sistemas de compostaje al igual que en el inodoro convencional,

funcionan como un recolector de residuos. En este caso, los sanitarios secos recogen los residuos en el tanque de compostaje donde es digerido aeróbicamente. Algunos sistemas pueden utilizar las lombrices de tierra (vermicompostaje) como alternativa al compostaje aeróbico (Yadav et al., 2010 y Hill y Baldwin, 2012). Los agentes de carga o modificaciones como arena, hojas y residuos de alimentos se agregan a menudo para ayudar a co-administrar diferentes tipos de residuos, ajustar la relación de carbono/nitrógeno y aumentar la porosidad del compost. El aserrín es una enmienda popular, ya que crea un entorno para que prosperen las bacterias con su alta porosidad, alta retención de agua, aire y altas propiedades de drenaje. Además, la baja densidad de polvo de sierra (0,19 g / cm³; puede reducir los requerimientos de energía de mezclado. Los inodoros de compostaje a menudo están equipados con un mezclador mecánico que homogeniza la matriz de compost para mantener condiciones favorables para la digestión aeróbica donde la materia orgánica se oxida en amoníaco, dióxido de carbono, y humus. El producto final de estos inodoros contiene peso molecular estable, de alta materia orgánica disuelta que puede ser reciclado como fertilizantes de suelo.

Los sólidos de tratamiento de aguas residuales se secan normalmente,

digeridos, y algunas veces en abono antes de que se muevan fuera del sitio para ser depositados en vertederos, incinerados, aplicados a los cultivos como fertilizantes, o utilizados para la recuperación de energía. (Chirjiv K y Defne A, 2014).

Figura 1: El compostaje en un sistema de inodoro seco.



Fuente: Chirjiv K y Defne A, 2014

Un inodoro de compostaje puede ser autónomo o central, tener tanques individuales o múltiples cámaras, ser accionado eléctricamente o manualmente, a base de agua o sin agua, recolectar por separado la orina o recoger la orina y las heces a través de una tubería, y estar instalados en edificios de una o de varias plantas.

Como una forma de solucionar el costo que se genera actualmente con los sistemas convencionales, y generar paralelamente un ahorro económico se han venido desarrollando desde 1860 los sistemas secos. En su mayoría se han implementado en zonas rurales

debido a la falta de alcantarillados sanitarios y suministro de agua potable (Del Porto, D., Steinfeld, C, 1998).

En Colombia se han implementado proyectos de esta índole, como por ejemplo en el corregimiento de Palomino, de Dibulla en la Guajira, según la Revista Semana (2014): “Instalar un baño seco en Palomino cuesta 850.000 pesos mientras que llevar el alcantarillado costaría 8 millones de pesos. Ahora en cada casa, con cuatro habitantes en promedio, apenas se consume 2.800 litros de agua anuales con esta solución sanitaria. Si tuvieran alcantarillado o un pozo séptico esta cifra sería de 20.000 y 23.000 litros de agua, respectivamente, En total, los 500 hogares ahorrarían 10 millones de litros de agua y dejarían de contaminar 125 millones de litros, comenta el Arquitecto Alberto Saldarriaga, decano de la Facultad de Artes y Diseño de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Según cifras del DANE año 2013, el 74,2 % de los hogares colombianos cuentan con inodoros conectados a alcantarillado y en las cabeceras municipales el 91,9%. Sin embargo, en este mismo documento se aprecia que fuera de las cabeceras municipales, solo un 14,8 % de los hogares tiene alcantarillado, un 54,7 % de ellos, maneja sus residuos humanos mediante pozos sépticos, un 11,7 % tiene inodoro sin conexión a ningún sistema de tratamiento, un 14,0 % no tiene servicio sanitario y un 4,9 % maneja otro tipo de sistemas (letrinas, bajamar, etc.); lo que implica que un 85,3 % de estos hogares está disponiendo de manera inadecuada

sus residuos y considerando las dificultades de tipo técnico y económico que implica llevar a cada uno de estos hogares un servicio de alcantarillado, las perspectivas de solución no parecen posibles.

Entonces, ¿La implementación de un sistema de sanitario seco permite reducir el consumo de agua potable, minimizar la contaminación por

desagües y evitar los costos por implementación de alcantarillados en viviendas urbanas?

Por tanto, se plantea diseñar y comparar un sistema de desagües y suministro con sanitarios secos respecto a un sistema convencional, teniendo en cuenta características físicas, hidráulica, sanitarias y económicas en una vivienda urbana.

2. METODOLOGÍA

Para la solución del proyecto se realizó la investigación sobre las características y cualidades de cada sistema, para posteriormente realizar el diseño hidrosanitario y seco en una vivienda urbana (Sopo, Cundinamarca), finalizando con el cálculo de cantidades y las conclusiones cualitativas, cuantitativas que determinaron la viabilidad del proyecto.

Las actividades se desarrollaron teniendo como punto de referencia los objetivos planteados para el desarrollo de la investigación.

- 2.1. Se determino y comparo las características de diseño, construcción y funcionamiento de los sanitarios convencionales con los sanitarios secos.

Para este desarrollo, se realizaron estudios investigativos mediante documentos técnicos, previamente desarrollados en sistemas de sanitarios secos. Evaluando las características físicas, hidráulicas y sanitarias, así mismo se realizó un estudio y análisis detallado de la

norma NTC 1500 “código colombiano de fontanería “la cual rige el diseño y la instalación de los sistemas de suministro y desagües.

A partir de las investigaciones realizadas y por medio de un cuadro comparativo, se analizaron e identificaron cualitativamente y cuantitativamente, ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas.

- 2.2. Se diseñó el sistema de desagües y suministró con sanitarios secos en la vivienda casa 33 Yerbabuena, ubicada en sopo Cundinamarca.

Se seleccionó la casa 33 de la urbanización Yerbabuena en sopo Cundinamarca, la cual carece de conexiones a alcantarillado público, acomodándose a las necesidades del proyecto.

Partiendo de esta premisa y en referencia a las consultas bibliográficas realizadas, se estableció el diseño hidrosanitario

basado en el sistema convencional, según la norma NTC 1500.

sanitarios convencionales con los sanitarios secos.

Posteriormente se realizó el diseño, aplicando el sistema de sanitarios secos a la vivienda en estudio. (Los diseños ser realizaron mediante el software de dibujo digital AutoCAD, obteniendo como resultado los planos hidrosanitarios tanto para el diseño convencional, como en la implementación del sistema de sanitarios secos, con sus correspondientes memorias de cálculos y recomendaciones constructivas.

Posterior a la realización de los diseños, se determinaron las cantidades que fueron necesarias para la realización de los mismos, se tomó el precio global del sistema convencional y el del sistema de sanitarios secos, cada uno por independiente.

Con los precios totales se analizaron los sistemas desde su ámbito económico y sus características de diseño con el fin de identificar la relación entre costo/beneficio.

- 2.3. Se determinó y comparo los costos de construcción y mantenimiento de los

3. RESULTADOS Y ANALISIS

- 3.1. Comparación de las características de diseño, construcción y funcionamiento de los sanitarios convencionales con los sanitarios secos.

En la tabla No 1 se comparan las características principales, requeridas para realizar un diseño hidrosanitario, partiendo de la norma técnica colombiana para los sistemas convencionales, y de modelos empíricos para los sistemas secos

Tabla No 1 Comparación sistemas sanitarios secos vs norma NTC 1500

| NTC 1500 VS SANITARIO SECOS | | |
|------------------------------------|--|---|
| CARACTERISTICA | NTC 1500 | SANITARIOS SECOS |
| Conexión agua fría | Requiere una conexión a agua fría al sanitario ya sea en diámetro ½" para sistemas con tanque o diámetros de 1¼" o 1½" si son fluxómetros. | No requiere conexiones de agua fría al sanitario. |
| Conexión | Toda vivienda deberá | No requiere conexiones a la |

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| domiciliaria | conectarse a un sistema de alcantarillado por separado, aguas residuales de aguas pluviales. | infraestructura de aguas residuales. De de esta forma se pueden manejar las aguas restantes del edificio como aguas mixtas (Las cuales estarían libres de altos contaminantes), en reutilización para riego, entre otras. |
| Característica de los sanitarios | Los sanitarios no deben tener un consumo máximo de 6.0L por descarga, la presión mínima de descarga para sistemas con tanque y sistemas con fluxómetro es de 7 y 10 kPa, un caudal de 0.19 y (0.95 a 2.5) l/s correspondientemente. | Al funcionar sin agua no requieren de presión ni caudal, su único consumo será para limpiezas y cuidado de los sanitarios y será mínimo. |
| Ventilación | Los sistemas de sanitarios y orinales deben contar con su respectiva ventilación en el diámetro de la bajante y re ventilación con un diámetro mínimo de 2”. | Varía según el diseño y el tipo de sanitario a instalar. Para el sanitario autónomo o todo en uno, la ventilación tiene un diámetro de 3” y se recomienda mantener la ventilación completamente vertical (es decir, hacia arriba). |
| Características físico químicas | No se tiene en cuenta ningún factor físico químico. | Se deben tener en cuenta factores como contenido de agua, temperatura, relación de carbono a nitrógeno, pH, tamaño de partícula, porosidad y concentración de oxígeno entre otros. |
| Diseño | Se toma a partir de la estimación del caudal a partir de las unidades Hunter dispuestas para cada aparato sanitario (Dr. Roy B. Hunter) | A partir de métodos experimentales y empíricos se calcula el tamaño del tanque de compostaje, aireación (Ecuación No 1 Richard et al., 2002) y las características fisicoquímicas |

| | | |
|---------------------------|---|---|
| | | específicas como contenido de humedad (50-60%), temperatura (40-65 ° C), relación de carbono a nitrógeno (25-35), pH (5,5 a 8,0), y la porosidad (35-50%). |
| Manejo final de las aguas | Se conducen por sistemas alcantarillado a plantas de tratamiento (PTAR), en algunos casos se vierten directamente a ríos. | Se genera compost como resultado, si se cumplen con los requisitos de salubridad se pueden utilizar como fertilizante para jardines y plantas, si no cumple con las características mínimas se depositará como relleno. |
| Higiene | No tiene problemas de salubridad y olores, los sanitarios son sifonados y el agua arrastra los sólidos. | Deben tener rigurosos sistemas de mantenimiento y control, Se puede tener problemas con olor, moscas entre otros si no se dispone de la ventilación y humedad requerida. |

Tras realizar la comparación en la Tabla No 1.se evidencio como aspectos importantes la eliminación de puntos hidráulicos de 1/2" pulgada perteneciente a los sanitarios convencionales, eliminación del uso de conexiones domiciliarias para las aguas residuales, ya que se podrán manejar las aguas restantes como aguas mixtas en el alcantarillado pluvial, un ahorro de 6 litros por descarga (Dependiendo del sanitario a instalar) el cual se afectará por el número de sanitarios instalados. Las condiciones químicas en los sanitarios secos son fundamentales para generar un buen compost, entre estos aspectos, la temperatura requerir un diseño específico para lograr el nivel requerido.

3.2. Diseño del sistema de suministro y desagües con sanitarios secos en una vivienda ubicada en sopo Cundinamarca.

Se realizaron un total de 8 planos, 4 planos para el sistema convencional y 4 planos para el sistema de sanitarios secos en los cuales se indica el trazado de las redes de desagües y suministro desde el cuarto de bombas hasta cada aparato, indicando su diámetro, recorrido, material y pendiente, según se muestra en los anexos (Anexo 1 al 8), adicional se obtuvieron **las memorias correspondientes a los cálculos hidrosanitarios en las cuales se**

puede identificar como varían las propiedades hidráulicas como velocidad, caudal, diámetros entre el sistema convencional y el sistema seco. Las redes de distribución según se muestra en el anexo No 9 indica un consumo de 1.6 l/s a comparación de un consumo de 0,90 indicado en el anexo No 11, esto nos muestra un ahorro de 0,7 l/s en los 4 sanitarios existentes en la vivienda.

Debido a que no se cuenta con un sistema de alcantarillado en la zona, se plantean diferente tipo de estructuras para manejar los desechos a aguas servidas del proyecto CASA LOTE 33, como trampa de grasas, trampa de espumas, pozo séptico y tanque anaeróbico. Esto con el fin de limpiar o purificar las aguas residuales y evitar contaminación por infiltración o salubridad.

En el anexo 10 y 12 se puede identificar un ahorro en el caudal de aguas residuales de 0,10 litros por segundo

3.3. Comparación de los costos de construcción de los sanitarios convencionales con los sanitarios secos.

En la tabla No 2. se comparan los diseños realizados mediante los planos hidráulicos y sanitarios y los costos totales para casa sistema como se observa en el anexo No 13 y el anexo No 14. En la cuarta columna de la tabla se mencionan los aspectos y análisis de la comparación para cada ítem.

Tabla No 2. Comparación del diseño casa lote 33, Sopo- sistemas sanitarios secos vs norma NTC 1500

| ITEM | SISTEMA CONVENCIONAL | SISTEMA SANITARIOS SECOS | ANALISIS |
|---------------------------------------|---|---|---|
| TANQUE DE ALMACENAMIENTO AGUA POTABLE | Se diseñó para Sopo Cundinamarca con una demanda de 150 l/día para un volumen de 7.2 m3 con un llenado de tanque de 12 horas. | Se diseñó para Sopo Cundinamarca con una demanda de 150 l/día para un volumen de 7.2 m3 con un llenado de tanque de 12 horas. | Aunque se reduce el consumo de agua debido a que no se tiene sanitarios, se tomó para su diseño la misma demanda ya que el diámetro de la acometida con estas características en el diámetro mínimo $\frac{3}{4}$ de pulgada. |
| BOMBA PARA | En el diseño de la | En el diseño de la | Debido a los cambios |

| | | | |
|-------------------------------|---|--|---|
| SUMINISTRO AGUA POTABLE | bomba de suministro se diseñó con una CDT de 40 m.c.a con una eficiencia de la bomba de 60% para una potencia de 2 HP | bomba de suministro se diseñó con una CDT de 32 m.c.a con una eficiencia de la bomba de 60% para una potencia de 1 HP | en la reducción de diámetros y del caudal se obtuvo una reducción de 8 m.c.a lo que además de pasar de 2 a 1 HP redujo la succión de la bomba de Ø2" a Ø1½", y la impulsión de Ø1½" a Ø1". Lo que representa ahorro en costos y eficiencia. |
| CAUDAL DE DISEÑO AGUA POTABLE | El caudal de diseño convencional es de 1.6 l/s | El caudal de diseño es de 0.9 l/s | Se puede evidenciar un ahorro de 0.7 l/s de agua potable la cual estaba destinada a sanitarios. Lo que a largo plazo puede suponer un ahorro significativo de agua. |
| TANQUE HIDROACUMULADOR | Se diseñará con un caudal de 0.96 l/s, volumen de regulación de 17 litros y un volumen de 94 litros | Se diseñará con un caudal de 0.54 l/s, volumen de regulación de 10 litros y un volumen de 46 litros | Se obtiene una reducción de 48 litros. |
| REDES | Para los sanitarios, en el sistema de agua fría, el diámetro de diseño es en 1/2 pulgada, y para el sistema de aguas residuales el diámetro de diseño es en 4 pulgadas. | Los sistemas de sanitario secos no requieren conexión de agua potable, y para el sistema residual, se diseñará con tubería de 4 pulgadas que conducirán al cuarto de compostaje casi directamente al cuarto. | Las redes de Aguas Pluviales y agua caliente para los dos sistemas se diseñan de la misma manera, La red de agua fría y aguas residuales disminuye tanto en diámetros como en cantidad. |
| VENTILACION | Todo sistema | La cámara de | La diferencia en |

| | | | |
|-------------------------|---|---|---|
| | sanitario debe estar conectado a un sistema de re ventilación en un diámetro de 2" y su misma columna debe tener ventilación ya sea directamente o indirectamente a cubierta | compostaje debe tener ventilación directa a cubierta, para este diseño se tienen dos tuberías de ventilación en PVC Ligera en diámetro de 3 pulgadas. | tubería de ventilación y re ventilación no es significativa, ya que las lavadoras para los dos casos requieren re ventilación, y su respectivo sistema sanitario. |
| CAUDAL AGUAS PLUVIALES | El caudal total es de 12.58 l/s y será depositado a un cuerpo de agua, según se indica en los planos adjuntos. | El caudal total es de 12.58 l/s y será depositado a un cuerpo de agua, según se indica en los planos adjuntos. | Se diseñó bajo la Norma NTC 1500 para los dos casos. |
| CAUDAL AGUAS RESIDUALES | El caudal total es de 0.30 l/s y sus residuos serán manejados por medio de trampas de grasas, cajas de inspección, trampa de jabones, pozos sépticos y un filtro anaeróbico con el fin de generar la menor contaminación posible, para conducir sus residuos a un tanque de almacenamiento. | El caudal total es de 0.10 l/s y sus residuos serán manejados por medio de trampas de grasas, cajas de inspección, trampa de jabones hasta conducir sus residuos a un tanque de almacenamiento. | El manejo final de las aguas residuales estará libre de agentes contaminantes graves producidos por los sanitarios y se podrá reducir las dimensiones del tanque de almacenamiento de aguas a un tercio del tamaño. |
| COSTOS | El valor global del sistema convencional es | El valor global del sistema de sanitarios secos es 23.279.960, | Se puede ver una reducción de 7.988.750 millones |

| | | | |
|--------------------------|---|---|--|
| | 31.268.710 en el cual se calculó el costo total en cuanto a instalaciones hidrosanitarias, sin tener en cuenta el tanque de almacenamiento de agua potable y agua residual. | sin tener en cuenta los tanques de almacenamiento de agua potable y aguas residuales. | para el manejo total de 4 sanitarios, aunque no se calculó los costos por manejo de compostaje y cambios arquitectónicos como por ejemplo sótano o ductos adicionales. |
| COSTOS NO CONTABILIZADOS | No se tomaron en cuenta aspectos como excavación, instalaciones de gas, y costos por tanques de almacenamiento. | No se tomaron en cuenta los costos en manejo de compostaje. | No se realizó un análisis de los aspectos ambientales los cuales son de gran magnitud en contaminación por infiltración y mal manejo de pozos sépticos, además de las posibilidades de manejo a futuro del compostaje. |

3.4. Para obtener la información completa del proyecto **“Diseño y comparación de un sistema de desagües de sanitarios secos respecto a un sistema convencional”**, tal como, tablas, memorias y planos, remitirse a la biblioteca de la universidad católica de Colombia.

4. CONCLUSIONES

- Como resultado se obtuvieron 4 planos de diseño por sistema, que incluye aguas residuales y agua potable, Calculo de cantidades de obra, presupuestos y dos cuadros comparativos analizando la normas y los costos/ beneficios.

Los resultados obtenidos permiten concluir una reducción en el caudal de agua potable en 43.75%, para el caudal de aguas residuales en 66.66%, esto representa un ahorro económico y ambiental a futuro. Se eliminan sistemas como pozo séptico y el tratamiento con tanque anaeróbico, se disminuyó el costo hidrosanitario en 7.988.750 pesos, adicionalmente se evidencio una

disminución de 8 m.c.a para la cabeza dinámica total (C.D.T), esto representa una reducción del caballaje de la bomba de impulsión en 1 horse power y una disminución en los diámetros de succión de 2 a 1½ y para impulsión de 1½ a 1 pulgada.

Sin embargo se debe tener en cuenta que para la implementación del sistema de sanitario seco, se debe disponer de un área para el cuarto de compostaje (En este caso se adiciono un volumen de 19 m³ aproximadamente en sótano y su respectiva bomba eyectora), lo que genera un costo adicional el cual no se contabilizo y la necesidad de un pre diseño arquitectónico y estructural , también es necesario tener en cuenta las condiciones específicas para que el compostaje se genere satisfactoriamente como aireación, el contenido de humedad (50-60%), temperatura (40-65 °C), relación de carbono a nitrógeno (25-35), pH (5,5 a 8,0), porosidad (35-50%).

- Se puede deducir un ahorro en los costos indirectos del proyecto. Al proyectar los 0.7 l/s economizados en agua potable a un año con un consumo diario de 200 l/ha/día, se obtendría una disminución en el consumo de 77 m³ por persona anuales, para las 12 personas que habitaran el proyecto, en total se ahorraran 924 m³ anuales lo que equivale a un estanque de 10 metros de ancho por 10 metros de largo por 9.3 m de alto. Lo que adicionalmente representa un ahorro de 7.576.162 pesos según valores de la Empresa de servicios públicos de sopo "EMSERSOPO" entre (Nov-Dic de 2016). Este volumen es igual al que

se evita en aguas residuales contaminadas y a su respectivo tratamiento.

- Para logra un compostaje adecuado se requiere una temperatura con un rango entre 40 y 66 grados centígrados, para esto se requiere de un diseño adicional en el sistema de gas de la vivienda, y por lo tanto generara un costo que no se analizó en la realización del proyecto, el cual es necesario contemplar.

- En el análisis del proyecto no se tiene en cuenta el sistema detallado del compostaje, se dieron los parámetros para generar un buen proceso en el compost, sin embargo, es en la puesta en marcha donde se deben verificar estos parámetros para garantizar un fertilizante de alta calidad (contenido rico en nutrientes).

Es de vital importancia garantizar un compost libre de agentes patógenos y compuestos fitotóxicos. La estabilidad y madurez del compost se pueden evaluar mediante muchos métodos diferentes, pero no hay acuerdo sobre qué combinación de pruebas son más precisas y hay poca literatura sobre la aplicabilidad de estas pruebas de compost a partir de residuos humanos.

- El sistema de sanitarios secos al contrario del sistema convencional tiene o genera barreras sociales para su uso, principalmente en entornos urbanos, como por ejemplo la aceptación social, las diferentes regulaciones o control respecto al tema y el poco conocimiento y experiencia en este tipo de sistemas secos.

5. RECOMENDACIONES

- Como se evidenció en el desarrollo del proyecto, se hace necesario generar una investigación más profunda del sistema de sanitario seco y su comportamiento en el contexto para general una adecuada implementación y estudió en campo.
- Para la realización e implementación del sistema de sanitarios secos, en necesaria la coordinación entre las áreas de arquitectura y estructura del proyecto con el fin de definir los diseños y los espacios disponibles dentro de la edificación, para de esta forma evitar sobrecostos en los cuartos de compostaje.

6. REFERENCIAS

- Chirjiv A, Defne A. Composting toilets as a sustainable alternative to urban sanitation – A review. *Waste Management*. 2014; 34: 329–343.
- Del Porto, D., Steinfeld, C. Operating and Maintaining your Composting Toilet System. *The Composting Toilet System Book*. USA. 1998.
- Departamento Nacional de Estadística DANE. Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2013. De Internet: <http://www.dane.gov.co/index.php/esp/estadisticas-sociales/calidad-de-vida-ecv/87-sociales/calidad-de-vida/5399-encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-2013>
- Envirolet. Premium composting toilet systems, de internet: <http://www.envirolet.com/enwatsel.html>.
- Hill, S.A. Baldwin Vermi composting toilets, an alternative to latrine style microbial composting toilets, prove far superior in mass reduction, pathogen destruction, compost quality, and operational cost *Waste Manag (Oxford)*, 32 (10) (2012), pp. 1811–1820
- Hotta y Funamizu de 2007, S. Hotta, N. Funamizu, Biodegradabilidad de nitrógeno fecal en proceso de compostaje, *Bioresour. Technol.*, 98 (17) (2007).

7. Lozano-Rivas. Universidad Nacional de Colombia. 2012. de internet:

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/Modulo_verson_julio_2013.pdf.

- NTC 1500. Código colombiano de fontanería. Norma técnica colombiana. Colombia. 2014-11-03. ICONTEC. Segunda actualización editada 2004-11-12.

- Revista semana. SEMANA.COM COPYRIGHT©2014 PUBLICACIONES SEMANA S.A. 2014. De internet: <http://www.semana.com/especiales/h>

echo-en-colombia/el-pueblo-inteligente-de-colombia.html

- Richard et al. , las relaciones de humedad en procesos de compostaje El compost Sci. Util, 2002.
- Yadav, V. Tare, M.M. Ahammed Vermicomposting of source-separated human faeces for nutrient recycling Waste Manage. (Oxford), 30 (2010), pp. 50–56