

Sustitución de un Sistema Sanitario de Tanque Séptico por un Sistema Sanitario por Vacío

*Francisco J. Collazo Corretjer
Maestría en Ingeniería en Ingeniería Civil
Carlos González, Ph.D
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Resumen — *Este artículo presenta un análisis sobre un proyecto existente en el cual se está considerando sustituir un sistema sanitario de pozo séptico por un sistema sanitario por vacío debido a la contaminación y situaciones que afectan el área. Ambos sistemas son diferentes en diseño, construcción y funcionamiento. Estos sistemas fueron evaluados bajo condiciones similares para comparar costos, ventajas y desventajas para el medio ambiente. Se demostró que el sistema sanitario por vacío es más conveniente bajo las condiciones de topografía con pendientes bajas, cantidades de roca excesiva, nivel freático alto y beneficia al medio ambiente en el área.*

Términos Claves — *Sanitario, Séptico, Vacío, Medio Ambiente.*

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de recolección de las aguas residuales que se instalan en Puerto Rico, tienden a ser sistemas que aprovechan la gravedad por su simplicidad en su operación y de bajo costo en su mantenimiento. En aquellos casos donde no es posible utilizar la gravedad para transportar las aguas residuales, se construyen estaciones de bombeo como estructura complementaria a la red de recolección para transportar estas aguas y conducir las hacia la planta de tratamiento y/o punto de disposición final. Por otro lado existen casos en los que no es posible construir un sistema de sanitario por gravedad y optan por instalar un sistema de pozo séptico. La construcción de los sistemas de gravedad en sectores bajos presenta complejidades durante el proceso. Entre estas complejidades se encuentran: la necesidad de excavaciones profundas donde el nivel freático es

alto, necesidad de sistemas de desagüe de las trincheras, malas condiciones de suelo que requieren sistemas de estabilización de suelo.

El Sistema de tanques sépticos es una alternativa sencilla y económica para el tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico, utilizando un tanque séptico y tratamientos complementarios. Un tanque séptico es un recipiente o cámara cerrada en donde se depositan temporalmente las aguas residuales provenientes de una casa, de un conjunto residencial o de instituciones como escuelas, hoteles, etc. El sistema puede diseñarse con uno, dos o más tanques conectados entre sí adecuadamente según las necesidades de cada caso. Estas aguas residuales son transportadas directamente al terreno que causan problemas ambientales. Además existen tanques sépticos que su mantenimiento tiene que ser periódicamente.

Existen sectores donde las condiciones del terreno dificultan la construcción de los sistemas de gravedad y optan por instalar pozos sépticos, pero la realidad es que tiene sus desventajas. Debido a esto se está comenzando a implementar los sistemas de recolección de aguas usadas por vacío o succión. En la Figura 1, se observa la comparación y diferencia en profundidad del sistema sanitario por vacío y el de gravedad donde las excavaciones del sistema de gravedad son excesivas.

Los sistemas sanitarios por vacío son una alternativa a los sistemas tradicionales, ya que proveen la posibilidad de instalar y construir en aquellos lugares donde no se habían considerado debido a complejidades en la construcción. Los sistemas sanitarios por vacío representan una alternativa requiriendo excavaciones menos profundas, reduciendo así los costos asociados a

excavaciones, desaguado de trincheras, estabilización del terreno y tiempo de construcción.

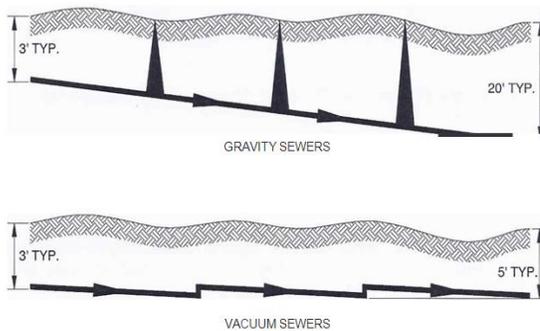


Figura 1
Perfil de Terreno de Sistemas de Gravedad
Vs. Sistema de Vacío

El sistema de alcantarillado por vacío se debe aplicar luego de haber evaluado técnicamente que no es viable la utilizar pozos sépticos y que no es posible la construcción del sistema de alcantarillado convencional (por gravedad o bombeo). Consecuentemente, luego de descartar estas opciones que no sea posible aplicar un sistema de alcantarillado convencional el sistema de alcantarillado por vacío se debe aplicar, cuando el proyecto se encuentre ubicado en terrenos que presenten, al menos, alguna de las siguientes características:

- Terrenos cuyo nivel freático sea alto.
- Terrenos inundables.
- Terrenos rocosos, establecido así luego de realizado el estudio de suelos.
- Terrenos con pendiente negativa, que no permitan la instalación del alcantarillado por gravedad.
- Terrenos con suelos inestables.

El uso de este sistema debe ser justificado con sustento técnico, económico, social y ambiental.

En comunidades existentes los espacios de trabajo son limitados y los trabajos diarios deben ser controlados constantemente para evitar el acceso de los vecinos. En proyectos de construcción nuevos no existen las limitaciones de espacio y accesibilidad que tienen las comunidades existentes. En un proyecto nuevo el área puede ser restringida al acceso de vecinos, además que las excavaciones pueden ser trabajadas al ritmo normal de construcción. De esta forma un sistema sanitario

debe ser seleccionado considerando su facilidad de diseño, construcción, el tiempo requerido de construcción y efecto de la construcción en los residentes de la comunidad.

Descripción

Este artículo analiza y considera la sustitución de un sistema sanitario de tanque séptico por un sistema sanitario por vacío debido a la contaminación ambiental y situaciones que afectan el área.

Se discute como las condiciones del lugar donde existe el sistema de pozo séptico está afectando el ambiente y el terreno. Además, se analiza cual de los sistemas es el más recomendable en base a eficiencia, mantenimiento y cuidado ambiental. Se desarrolla el diseño del sistema sanitario de vacío en el proyecto existente. Se provee las ventajas y desventajas de cada sistema con relación a varios elementos. Se realizan recomendaciones para el momento del estudio del predio con el fin de identificar que elementos específicos se deben considerar para la selección del tipo de sistema sanitario a utilizarse en algún área similar que esté ocurriendo dicho problema ambiental.

Objetivos

Difundir los principales criterios de diseño y construcción para la sustitución de un sistema sanitario de pozo séptico el cual transportan aguas residuales de una comunidad por un sistema sanitario por vacío. Mediante el análisis, se podrá establecer las desventajas del sistema existente contra las ventajas del sistema propuesto. Además, proveerá asistencia para evaluar el predio existente y futuros proyectos para determinar qué elementos se deben considerar.

Contribución

Este artículo servirá de guía en la evaluación y sustitución del sistema sanitario a ser implementado. Además, ayudará a comparar y analizar sistemas sanitarios existentes en diferentes áreas de Puerto Rico que tengan el mismo problema.

REVISIÓN DE LITERATURA

Normas de Diseño de la Autoridad de Acueductos de Puerto Rico [1], incluyen las normas generales para el diseño de sistemas de alcantarillado sanitarios.

Sistema de Alcantarillado Sanitario

Todos los sistemas que tienen la capacidad para la recolección y el acopio de las aguas residuales, que produce una población, incluyendo a la industria y el comercio, que son operados o controlados por la Autoridad [2]. El sistema de alcantarillado incluye plantas de tratamiento, colectoras, estaciones de bombeo, interceptoras, estructuras complementarias, cuerpo receptor, entre otros.

Sistema de Pozo o Tanque Séptico

Un tanque séptico es un recipiente fabricado en fibra de vidrio u hormigón que se instala enterrado y tapado. Su función es recibir y descontaminar las aguas residuales que se producen en nuestros hogares cuando realizamos labores cotidianas como cocinar, entrar al baño o lavar la ropa. Cuando el agua contaminada entra al tanque los residuos sólidos van al fondo, en un proceso llamado sedimentación.

Para lograr una buena descontaminación del agua el tanque cuenta con cámaras: la primera es la trampa de grasas, la segunda y la tercera son el tanque séptico y la cuarta (ubicada en el centro) es el filtro biológico o Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA), como se muestra en la Figura 2 y 3.



Figura 2

Ejemplo de Sistema de Tanque Séptico



Figura 3

Ejemplo de Tanque Sépticos Domiciliarios

Sistemas de Alcantarillado por Vacío

Es un sistema que consta de una red de tuberías, como se muestra en la Figura 4, conectadas a una estación de vacío, conectadas a estas redes se encuentra los cámaras de recolección “valve-pit” instalados cerca de las residencias con capacidad aproximada de cuatro (4) residencias. Las cámaras de recolección contienen unidades de válvula de vacío. La descarga de la residencia fluye por gravedad desde la casa hasta la cámara de recolección. De esta cámara de recolección el flujo es succionado a las líneas principales de vacío y luego a la estación de vacío, como se muestra en la Figura 5 y 6 [3].

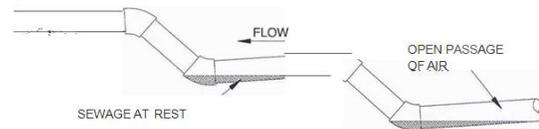


Figura 4

Ejemplo de Sistema de Vacío en Periodo sin Flujo



Figura 5

Ejemplo de Sistema Sanitario por Vacío

En resumen, son cuatro (4) los componentes principales de este sistema de recolección de aguas residuales por vacío [4]:

- La red de alcantarillado por gravedad.
- La cámara colectora.
- La red de alcantarillado por vacío
- La estación de vacío.

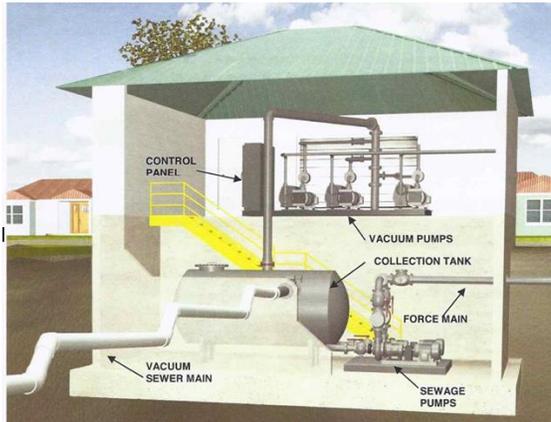


Figura 6
Ejemplo Esquemático de Estación de Vacío

Este sistema es apropiado cuando el suelo es inestable, terrenos plano, colinas con pequeños planos de elevación, alto nivel freático, condiciones de construcción restringidas, roca, desarrollo urbano en área rural, y ecosistemas sensibles. En la Figura 6 se observa la cámara de recolección y tubería de vacío. Además, en la Tabla 1 podemos ver las características del Sistema de Alcantarillado por Vacío [5].



Figura 7
Ejemplo de una Red de Alcantarillado por Vacío

Tabla 1
Sistema de Alcantarillado por Vacío

ALCANTARILLADO POR VACIO	
No requiere de grandes profundidades	
No requiere de bombas	
Pequeños diámetros y excavaciones	
Completamente Seguro. Estanqueidad garantizada	
Flexibilidad de la tubería para atravesar obstáculos	
Tuberías de PVC de 4" a 12"	

METODOLOGÍA

Se realizará el estudio de un proyecto existente (asumido); el análisis del problema que está causando el sistema sanitario de tanque séptico existente en el terreno. Se estará discutiendo las causas de la sustitución de dicho sistema. De esta manera se puede comparar las ventajas y desventajas para así poder llegar a instalar un sistema más conveniente

Selección del Predio a Realizar Proyecto

Se seleccionó un proyecto existente (asumido) con una distribución de noventa y ocho (98) solares, como se muestra en la Figura 8. El tipo de terreno es semi llano y se presume que se encuentra localizado cerca de la costa de Puerto Rico.

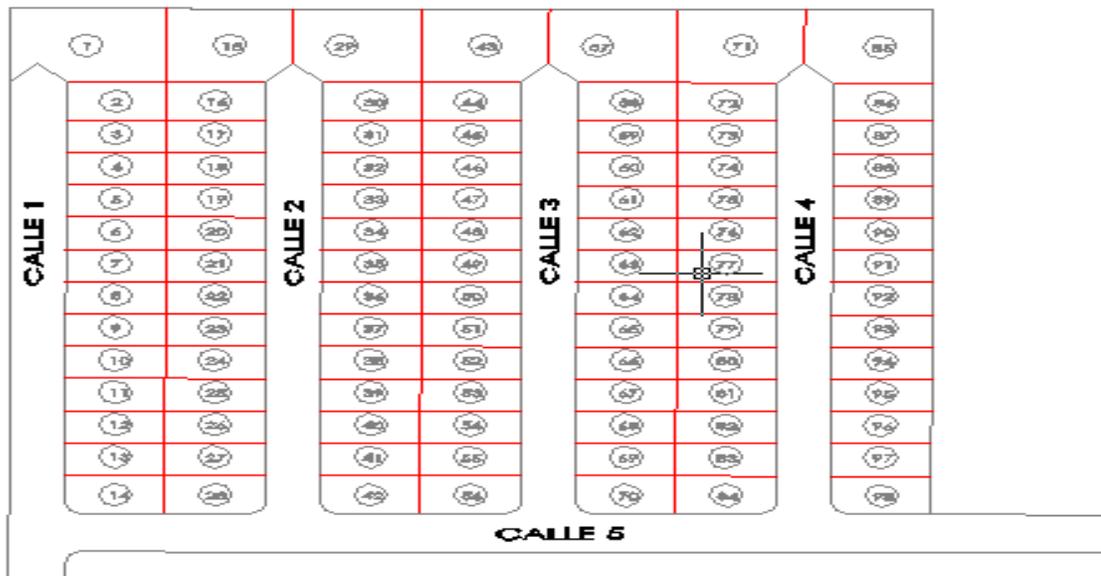


Figura 8
Planta de Proyecto Existente

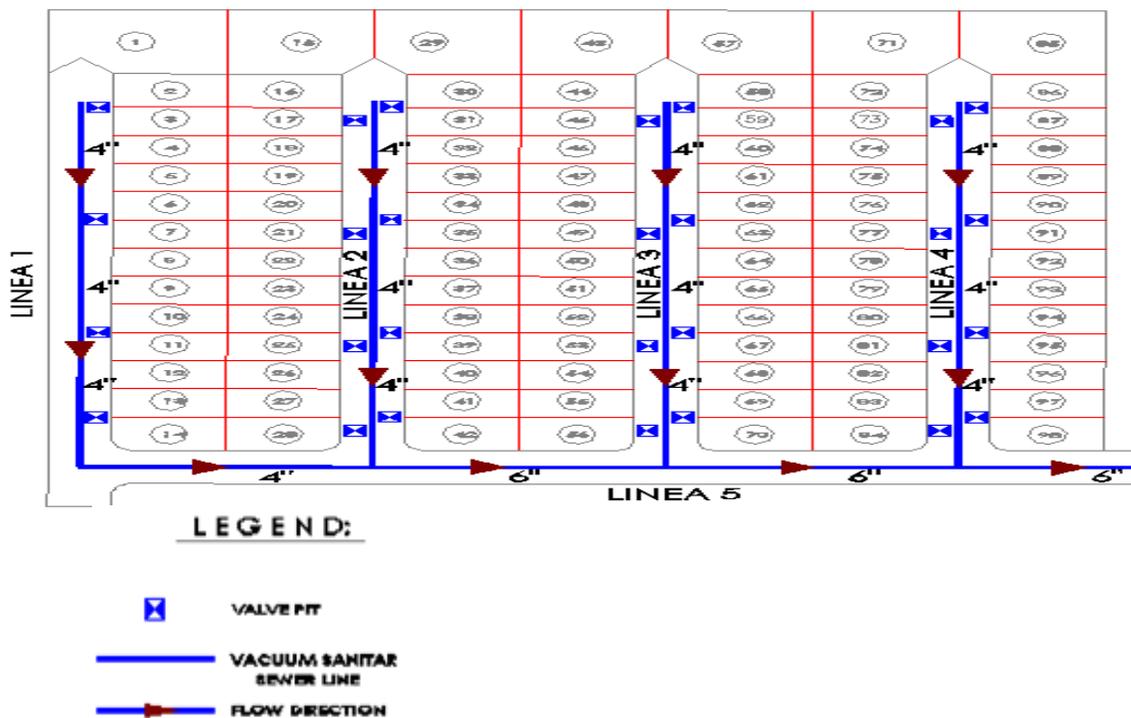


Figura 9
Esquema Diseño Sanitario por Vacío

Diseño del Sistema Sanitario por Vacío

Para el proyecto se realizó el diseño del sistema de sanitario por vacío para sustituir el sistema de tanque séptico existente. Para el sistema a ser planteado se utilizó las especificaciones de diseño correspondientes.

- **Sistema por Vacío:**

- Diámetro Mínimo de Tubería es 4" de diámetro
- Pendiente Mínima de Tubería es 0.20%
- La sección de Excavación Mínima es de 0.75 m de Profundidad X 0.6 m + diámetro de ancho.

- Cantidad de Registro es por cada 4 unidades de vivienda.

El predio se considera una comunidad arbitraria nueva o existente. La misma cuenta con cuatro (4) calles rectas que conectan con la calle principal (calle 5). Esta calle principal es el acceso al predio el cual también representa el punto de conexión del sistema sanitario.

Para el predio seleccionado se asumió que el nivel en el final de las calles 1, 2, 3 y 4 es de 1.00m, y el nivel en la calle 5 fluctúa entre 1.30m-1.60m, haciendo la calle 5 el nivel más alto del terreno.

La Figura 9 presenta la planta del esquema de diseño del sistema por vacío.

Tabla 2
Datos de Diseño Sistema Sanitario Vacío

#	Valve Pit (Cantidad)	Diámetro (Pulgadas)	Largo (m)
1	4	4	154
2	8	4	154
3	8	4	154
4	8	4	154
5	-	6	177
Total	28		793

Los datos de cantidades de registros o cámaras “valve pits” y largos de tuberías que se muestran en la Tabla 2 se utilizaron para calcular los diferentes tipos de excavaciones y rellenos.

Tabla 3
Datos de Cantidades de Sistema Sanitario por Vacío

Sistema Sanitario por Vacío	
Días de Trabajo	75 días
Excavación Total	476 CM
Relleno en agua Piedra 3/4"	281 CM
Relleno Regular	195 CM

En la Tabla 3 se observa el progreso del trabajo incluyendo excavación, instalación y relleno será de cien (100) pies lineales por día.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el análisis hecho del diseño se calcularon los costos para la sustitución del sistema sanitario.

Se comparó ambos sistemas bajo las mismas condiciones de espacio, suelo y topografía del lugar. Con todos estos datos ya analizados podemos indicar las ventajas y desventajas de cada sistema.

Tabla 4
Cálculos de Costos de Instalación/Construcción Sistema Sanitario por Vacío

Sistema Sanitario por Vacío	
Costos Registros	\$ 126,000
Costo Instalación Tubería	\$ 27,755
Costo Excavación	\$ 16,660
Costo Drenaje (bomba)	\$ 1,600
Costo Relleno Trinchera bajo Nivel Freático	\$ 11,240
Costo Relleno Regular	\$ 3,510
Total	\$ 186,765

Ventajas y Desventajas

Al observar las diferencias en cómo trabajan ambos sistemas, se establecen las ventajas y desventajas de cada uno [6].

Al momento de hacer el cambio del sistema sanitario para un proyecto, se debe verificar las diferentes condiciones y seleccionar el sistema que presente mayores beneficios. El sistema de alcantarillado por vacío debe ser una opción luego de haber evaluado técnicamente que no es viable la utilización de pozos sépticos y que no es posible la construcción del sistema de alcantarillado convencional (por gravedad) ya que el terreno no tiene las pendientes necesarias para esta instalación o que el suelo no tiene suficiente percolación. Es por esto que se debe evaluar que elementos benefician o perjudican tu proyecto.

Las Tablas 5 y 6 muestran las ventajas y desventajas de los sistemas sanitarios existentes de tanque séptico y el sistema propuesto por vacío.

Tabla 5
Ventajas y Desventajas del Sistema Sanitario Tanque Séptico

Sistema Sanitario Tanque Séptico	
Ventajas	Desventajas
Simplicidad, confiabilidad y bajo costo.	Las limitaciones de los sistemas sépticos incluyen el tipo y permeabilidad natural del suelo, la profundidad del lecho de roca y el agua subterránea, y la topografía del terreno.
Pocos requisitos para	Se deben considerar las normas referentes a la distancia entre el tanque séptico y el abastecimiento de agua, los límites de propiedad y las tuberías de drenaje.

el mantenimiento.	
Los nutrientes de los residuos regresan al suelo.	Restricciones referentes a las características del agua residual afluyente se deben incluir en la planificación del proyecto.
Un sistema diseñado y mantenido correctamente puede durar más de veinte años.	Los sistemas que no son operados correctamente pueden introducir nitrógeno, fósforo, materia orgánica y patógenos bacterianos y virales a áreas cercanas y al agua subterránea.

- **Contaminación y efectos al terreno**
 - Césped empapado.
 - Funcionamiento Lento de Desagües.
 - Gases con mal olor.
 - Bombeo de Tanque Frecuente.
 - Agua subterránea contaminada.

Tabla 6
Ventajas y Desventajas del Sistema Sanitario por Vacío

Sistema Sanitario por Vacío		
Elemento	Ventajas	Desventajas
Diámetro de Tubería	Diámetros menores	Los costos son más altos
Pendiente de Tubería	Las pendientes son mínimas y provee la posibilidad de realizar cambios en elevación para levantar la tubería "lift"	Requiere un diseño bien cuidadoso para asegurar que no se exceden las pérdidas estáticas por cada "lift"
Profundidad de la Tubería	La profundidad mínimas	Susceptibilidad de la tubería a roturas
Cantidad de Registros	Podría ser menor en comunidades de bien baja densidad	La cantidad de registros es mayor especialmente en comunidades de alta densidad; el

		costo de los registros es más alto y se requiere un registro por cada 4 casas
Ubicación de los Registros	La ubicación de los registros puede ser a conveniencia; dependerá de la ubicación de la casa a conectarse	Se instalan separado de la tubería principal por lo que requiere mayor espacio
Reparación del sistema	En caso de una rotura el sistema avisa de la misma	La reparación de las tuberías no es simple y requiere dejar fuera de servicio un sector
Piezas de Reemplazo	Las tuberías son de menor diámetro y son más fáciles de manejar	Son especiales y su disponibilidad es limitada
Mantenimiento	Las tuberías están accesibles en caso de mantenimiento	Especializado y contante
Estación de Bombas	La ubicación a conveniencia y podría ser un lugar céntrico y disminuir los largos diámetros	El costo es alto y es mayor por la necesidad de las bombas de vacío adicionales a las de impulsión
Fosa de descarga	El tamaño y elevación de la fosa no están controladas por invertidas de entrada profundas	La fosa de descarga es de alto costo, difícil acceso, y alto mantenimiento

CONCLUSIÓN

Este artículo presentó y analizó las características de los sistemas sanitarios de tanque sépticos y por vacío. Se demostró la importancia de la evaluación del lugar para poder determinar las características específicas que afectan el terreno con el sistema sanitario existente. De este modo se analizó la selección del tipo de sistema sanitario a ser implementado.

Luego del análisis y comparación de ambos sistemas sanitarios en el proyecto, se pudo observar que debido a la topografía asumida del terreno y las

condiciones de suelo es más viable en términos ambientales utilizar el sistema sanitario por vacío. Además se concluye que en este proyecto no es posible la construcción de un sistema sanitario por gravedad ya que el terreno no tiene las pendientes necesarias para esta instalación y las condiciones de suelo no son viables.

El sistema sanitario por vacío es fácil de diseñar, construir y mantener. El mantenimiento es algo sencillo y uno puede estar seguro que no van a existir fugas de líquidos al medio ambiente. Es la solución para problemas de contaminación, crea sistemas cerrados mas verdes, poca interrupción al área verde, el impacto en la construcción es mínimo, y el propietario del hogar no tiene que hacer ningún tipo de trabajo ni mantenimiento.

RECOMENDACIONES

Luego de analizar el área de terreno y las causantes de elegir otro sistema sanitario para mejorar el ambiente y comparar los sistemas sanitarios de tanque séptico y por vacío podemos recomendar al diseñador la opción de sustituir el sistema sanitario existente por uno de mayor beneficio al predio. Debe comenzar por la evaluación del lugar a ser construido el sistema sanitario. Las condiciones topográficas indicarán como se ve afectado el diseño por la falta de pendiente natural que mantenga al mínimo las excavaciones requeridas.

En Puerto Rico existe una gran cantidad de comunidades donde actualmente existe sistema sanitario de tanques sépticos o el mismo está combinado con los sistemas de recolección de aguas pluviales. Existen casos que se hace difícil la construcción de un sistema sanitario por gravedad debido a las condiciones existentes del lugar, las limitaciones de espacio, la falta de pendiente favorables en el terreno, la variabilidad en la topografía, altos niveles freáticos y la posible presencia de suelos malos y/o rocosos. Para muchos de estos lugares la única alternativa real es la construcción de un sistema sanitario por vacío.

Se recomienda realizar un análisis de comunidades que actualmente cuentan con sistema sanitario de tanque séptico, el sistema sanitario existente es deficiente o están combinados con el

sistema de drenaje pluvial. Con este análisis se puede identificar si las condiciones existentes del lugar justifican la inversión en un sistema sanitario por vacío para mejorar el medio ambiente, comunidad y áreas cercanas.

REFERENCIAS

- [1] Autoridad de Acueductos y Alcantarillado de Puerto Rico, *Reglamento de Normas de Diseño*, 1984.
- [2] Ruiz, Carol, "Datos de Comparación de Sistemas Sanitarios", *Artículo Final*, 2013.
- [3] Airvac, *Vacuum Sewer System Manual*, 2012.
- [4] "Vacuum Sewers", Airvac, 2013. Recuperado de: www.airvac.com.
- [5] "Guía de Diseño de Alcantarillado por Vacío", Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009, Recuperado de: www.vivienda.gob.pe.
- [6] United States Environmental Protection Agency, Folleto Informativo de Sistemas Descentralizados, *Tanque Séptico - Sistemas de Absorción al Suelo*, EPA832-F-99-075, Septiembre de 1999.