



COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE SANEAMIENTO DINÁMICO SEPARATIVO MEDIANTE MÉTODO DE ANÁLISIS MULTICRITERIO AHP

Esteban Pérez Rocamora (*)

Ingeniero Civil Especialidad Hidráulica Ambiental, Magister en Ingeniería Ambiental. Profesor Adjunto Grado 3, Departamento de Ingeniería Ambiental, IMFIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República. Director de Proyecto, CSI Ingenieros SA.

Alice Elizabeth González

Dra. En Ingeniería (Ingeniería Ambiental), Grado 5 Departamento de Ingeniería Ambiental IMFIA, Facultad de Ingeniería Universidad de la República,



TEMA: Efluentes domiciliarios e industriales y drenaje Urbano: conducción, tratamiento, reúso y gestión. Normativa.

Dirección del autor principal (*): Montevideo – Montevideo, Uruguay. e-mail:

perezrocamoraesteban@gmail.com

RESUMEN

El uso de agua genera efluentes que tienen que evacuarse de forma rápida, adecuada y segura. De no realizar una correcta gestión de estos, son conducidos crudos a los cuerpos de agua, o se infiltran al terreno, transformándose en una fuente de contaminación con fuerte afectación para la salud humana. Con el fin de disminuir los costos de construcción de los sistemas separativos para recolección de efluentes domésticos se han desarrollado alternativas. Este trabajo presenta la comparación de diferentes tecnologías de sistemas de saneamiento separativo (convencional, condominial, efluentes decantados) mediante la aplicación de un método Multicriterio.

Palabras Clave (en negritas): Efluentes domésticos, Saneamiento, Separativo, análisis multicriterio.

INTRODUCCIÓN

El saneamiento se puede definir como el proceso que gestiona los efluentes líquidos (domésticos y/o no domésticos) desde su generación hasta su disposición final (Tilley et al, 2014). En el siglo XIX se implementaron los sistemas de saneamiento Unitarios, y posteriormente, los Separativos o Mixtos. El sistema de saneamiento separativo convencional es el sistema más utilizado para la recolección y transporte de líquidos residuales domésticos (US EPA, 2002; OPS-CEPIS, 2005; CONAGUA, 2016). Está compuesto en todos sus casos por colectores que funcionan en flujo por gravedad, con una pendiente tal que favorece esa condición. Las tuberías están ubicadas sobre eje de calles o veredas preferentemente, en espacios públicos. Los criterios de diseño se basan principalmente en diámetro mínimo (200 mm) y pendiente o velocidad mínima para autolimpieza. En algunas zonas, la extensión de dichas redes para sistemas separativos tiene un costo elevado de inversión, comparado con la tasa de conexión. Por esto es que la implementación de sistemas de saneamiento separativos alternativos, comparables en eficiencias a los sistemas convencionales desde el punto de vista técnico, y con menores costos de inversión, puede ser otra opción a considerar (Azevedo Netto, 1992).

Uno de los sistemas alternativos desarrollados son los sistemas de saneamiento de efluentes decantados, conocidos también internacionalmente como "sistemas de pequeño diámetro" (Mara y Otis, 1985; US EPA, 1986; Gross, 2001). Estos sistemas consisten en una combinación de tratamiento de efluentes domiciliario y un sistema colectivo de recolección y conducción de pequeños diámetros. Se diseñan para recibir la porción líquida de las aguas residuales domésticas para su tratamiento y disposición, ya que la arena, grasa y otros sólidos (que podrían obstruir las tuberías), son retenidos en fosas sépticas domiciliarias. Por



tal condición, es que no es necesario cumplir con el criterio de diseño de autolimpieza requerido en sistemas convencionales. Los diámetros mínimos son hasta 75 mm y es apta la construcción de tuberías con pendiente nula e incluso ascendente en tramos no muy largos en los que el sistema funcionaría a presión.

Otra variante al saneamiento convencional es el saneamiento "condominal" (Mara et al., 2001; OPS-CEPIS, 2005; CONAGUA, 2016). Fue desarrollado por primera vez en los estados del nordeste de Brasil (Rio Grande del Norte, Pernambuco) como una alternativa de menor costo al sistema convencional. Este sistema presenta características que lo diferencian de las otras alternativas de saneamiento. El trazado de los colectores secundarios es por el interior de los predios particulares desde las instalaciones sanitarias, acompañando la pendiente del terreno para evitar excavaciones profundas. También es usual que los colectores sean trazados por veredas u otros espacios públicos para obtener ahorros sustanciales en longitud, diámetro y profundidad.

En el marco de este trabajo, se presenta una metodología de comparación de las alternativas descritas de los sistemas de saneamiento separativo (convencional, condominal, efluentes decantados) para un proyecto de saneamiento en etapa inicial (Anteproyecto) mediante la aplicación de método Multicriterio AHP.

METODOLOGÍA

Método Multicriterio implementado

Para la comparación de alternativas se aplica el Método Multicriterio de Proceso Analítico Jerárquico (AHP siglas en inglés). El objetivo del método es establecer prioridades o ponderaciones para atribuir a diferentes criterios o variables predefinidas sobre el problema. El resultado de esta priorización permite la elección de la alternativa más adecuada. Se selecciona el AHP ya que integra aspectos cualitativos y cuantitativos en un proceso único de decisión. Dada su metodología, es posible aplicar valores personales, experiencia, intuición, conocimiento y pensamiento lógico en una única estructura de análisis, de manera individual, y a partir de estos resultados, obtener una decisión grupal (Saaty, 2008; Pacheco y Contreras, 2008; Aznar Bellver, 2012).

Como se mencionó, este método multicriterio establece prioridades entre los elementos de la jerarquía. Dicha prioridad se define en función de comparaciones de a pares con respecto a un criterio dado. Para establecer las prioridades se debe plantear la siguiente pregunta: "¿Cuánto más contribuye la opción A a un objetivo que la opción B?". Para valorar se toma escala recomendada (Saaty, 2008) de 1 a 9. La valoración es presentada en una matriz, la cual debe ser evaluada en términos de consistencia, es decir, debe verificarse que los juicios subjetivos hayan sido coherentes como conjunto.

A continuación, se muestra a modo de ejemplo, tres alternativas de una solución para comparar bajo los Criterios "Ambiental", "Social" y "Económico". Se realiza la priorización entre criterios (léase el criterio "Económico" es 5 veces más importante que criterio "Ambiental"). Como se observa la matriz es invertida. Luego para cada alternativa se jerarquiza cada criterio (léase el criterio "Ambiental" es más prioritario para Alternativa III, y menos prioritario para Alternativa I). Con operaciones matriciales entre matriz de priorización de Criterios y de Alternativas se obtienen los resultados (Saaty, 2008). La alternativa Seleccionada es la Alternativa II (48.3%).

Figura 1. Método AHP - Ejemplo

Priorización de Criterios

	Ambiental	Social	Económico
Ambiental	1	1/3	1/5
Social	3	1	1/3
Económico	5	3	1

$$\begin{pmatrix} \text{ambiental} \\ \text{social} \\ \text{economico} \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} 10 \% \\ 26 \% \\ 64 \% \end{pmatrix}$$



Jerarquización de Criterios

Alternativa	Criterio		
	Ambiental	Social	Económico
I	3	2	1
II	2	3	3
III	1	1	2

$$\left(\begin{matrix} \text{Alternativa I} \\ \text{Alternativa II} \\ \text{Alternativa III} \end{matrix} \right) \Leftrightarrow \left(\begin{matrix} 24.4 \% \\ 48.3 \% \\ 27.3 \% \end{matrix} \right)$$

Selección de Criterios

Para la definición de criterios se tiene como objetivo identificar los aspectos que justifiquen o no la aplicabilidad de cada sistema, ya que no tiene sentido realizar la comparación sobre criterios para los que los resultados, positivos o negativos, sean los mismos para las tres alternativas. Dentro del universo de criterios aplicables en proyectos de infraestructura, y particularmente, en proyectos de ingeniería sanitaria, se propone una subclasificación en tres categorías (Pérez Rocamora, 2019).

Por un lado, se consideran los subcriterios técnicos, los cuales están relacionados a aspectos normativos y de diseño. Para esto último, se consideran criterios de dimensionamiento del sistema de recolección y elementos anexos (estaciones de bombeo, sistema de tratamiento), como también criterios operativos y de buena práctica en el uso y aplicabilidad del sistema de recolección. También se considera un conjunto de criterios asociados a los costos de las obras. La magnitud de las obras es diferente según el sistema aplicado, así como también la importancia de algunos rubros varía según el escenario. Por último, se tienen los criterios socioambientales. Estos criterios se agrupan por la relación que tendría cada sistema de recolección aplicado en determinado lugar y bajo ciertas condiciones sociales y ambientales. Definidos los criterios y subcriterios, se procede a la comparación de tecnologías. Se crea una matriz para cada criterio, formado por grupo de subcriterios, y así determinar la prioridad entre estos últimos mencionados dentro de su grupo. Particularmente para los criterios de costos, no se efectúa la cotización de cada alternativa en cada escenario, sino que se realiza una calificación cualitativa según los resultados recopilados en bibliografía. Tampoco se considera el costo asociado al sistema de tratamiento y disposición final. Se asume un 100 % de conectividad de la población para cada escenario.

Tabla 1. Criterios de comparación

Criterios	Técnicos	Costos	Socioambientales
Subcriterios	Cumplimiento de normativa	Diámetro de colectores secundarios	Uso de mano de obra no calificada
	Vulnerabilidad ante uso inapropiado	Procedimiento constructivo	Participación de la comunidad
	Operación y mantenimiento de la red	Tipo de elementos singulares	Aceptación pública
	Operación y mantenimiento de instalaciones	Estaciones de bombeo (diseño, construcción, mano de obra)	Generación de residuos sólidos
	Tipo de tratamiento de efluente recolectados	Adecuación de sanitaria interna/conectividad	Riesgo de salud para operarios/ usuarios

Caso de estudio

El proyecto a evaluar se considera una zona urbana donde se produce una urbanización espontánea, de contexto social crítico, en un espacio público que anteriormente se encontraba desocupado. Dado el crecimiento desordenado y sin criterio común durante la ocupación, se tiene un trazado de calles y sendas peatonales muy irregular. Los espacios libres de circulación son muy reducidos. No se tiene límites claros entre los diferentes "lotes". Los efluentes líquidos son conducidos en su mayoría a cunetas frentistas o traseras. La localidad donde se ubica el proyecto cuenta con un sistema de recolección y tratamiento de efluentes operativo. Se busca implementar la mejor solución técnica a menor costo.

Se evalúa el caso planteado, donde se realiza la comparación de criterios y subcriterios seleccionados de a pares según la Metodología AHP propuesta. A su vez, se realiza la jerarquización de las alternativas



25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país

según el criterio de comparación y las características del proyecto mismo (técnicas, ambientales, sociales, etc.), ya que esto puede variar según las bondades o falencias que presenta cada sistema (Pérez Rocamora, 2019).

Se realizaron entrevistas a ocho técnicos expertos en sistemas de saneamiento en Uruguay, tanto en diseño como operación, para recabar información y opinión sobre las experiencias particulares en el diseño, construcción y operación de sistemas de saneamiento. Además, a cada Experto se le propuso realizar la comparación de alternativas de saneamiento para el caso presentado, mediante el método multicriterio AHP bajo los criterios y las hipótesis anteriormente indicadas.

RESULTADOS

Cada experto realiza la comparación de criterios y subcriterios de a pares, según la Metodología AHP. La comparación de criterios se muestra en la Tabla 2, en tanto la de subcriterios se detalla en la Tabla 3.

Tabla 2. Priorización de Criterios según Expertos

Criterios	Experto							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Técnicos	41 %	26 %	20 %	18 %	20 %	14 %	63 %	43 %
Costos	11 %	11 %	20 %	75 %	60 %	43 %	26 %	14 %
Socioambientales	48 %	63 %	60 %	7 %	20 %	43 %	11 %	43 %

Tabla 3. Comparación de Subcriterios según Expertos

Subcriterio	Experto							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Aceptación Técnica	3 %	2 %	1 %	2 %	1 %	1 %	6 %	3 %
Vulnerabilidad ante uso inapropiado	23 %	12 %	6 %	6 %	10 %	7 %	29 %	22 %
Operación y mantenimiento de la Red	7 %	5 %	6 %	3 %	5 %	4 %	13 %	11 %
Operación y mantenimiento de instalaciones	7 %	5 %	6 %	6 %	3 %	2 %	13 %	6 %
Tipo de tratamiento de efluente recolectados	2 %	1 %	1 %	1 %	1 %	0 %	2 %	1 %
Suministros de Tuberías	1 %	1 %	2 %	8 %	6 %	3 %	2 %	1 %
Colocación de Colectores	4 %	2 %	8 %	18 %	30 %	22 %	9 %	5 %
Construcción o Suministro de Elementos Singulares	2 %	2 %	2 %	8 %	6 %	6 %	4 %	2 %
Estaciones de bombeo	0 %	1 %	1 %	2 %	3 %	1 %	1 %	0 %
Adecuación de Sanitaria interna/conectividad	4 %	5 %	8 %	37 %	15 %	11 %	9 %	5 %
Posibilidad de uso de mano de obra no calificada	4 %	4 %	4 %	0 %	2 %	6 %	0 %	2 %
Participación de la comunidad	20 %	16 %	11 %	2 %	2 %	11 %	0 %	5 %
Aceptación pública	2 %	9 %	4 %	2 %	5 %	22 %	1 %	11 %
Generación de residuos sólidos	2 %	2 %	4 %	0 %	1 %	3 %	3 %	2 %
Riesgo de salud para operarios/usuarios	20 %	32 %	35 %	2 %	10 %	1 %	6 %	22 %

Como se observa en tabla 2, cuatro de los ocho Expertos consideran los criterios "Socioambientales" como los más importantes, dos expertos consideran empate entre criterios "Técnicos" y "Socioambientales" mientras que para otros tres son los "Costos" el criterio más importante. Solo un Experto considera los criterios "Técnicos" como más importantes. Posteriormente, cada Experto hizo la comparación de subcriterios. Los subcriterios más importantes en la mayoría de los casos son "Riesgo de salud para operarios/usuarios", "Colocación de Colectores" y "Adecuación de Sanitaria interna/conectividad". Con menor importancia, pero también destacables son "Vulnerabilidad ante uso inapropiado", "Operación y mantenimiento de la Red", "Operación y mantenimiento de instalaciones", "Participación de la comunidad"



25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país

y “Aceptación pública”. Se observa la priorización de los criterios de costos y socioambientales sobre los técnicos.

Tabla 4. Resultado de comparación de Alternativas para cada Experto

Alternativa	Experto							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Convencional	51 %	46 %	51 %	22 %	28 %	35 %	45 %	47 %
Efluentes decantados	31 %	18 %	25 %	32 %	34 %	38 %	25 %	30 %
Condominial	18 %	36 %	24 %	45 %	38 %	26 %	30 %	23 %

Cinco de los ocho Expertos obtuvieron como mejor alternativa el Sistema Convencional, mientras que dos obtuvieron Sistema Condominial y uno el de Efluentes Decantados. La selección de sistema convencional refleja la importancia que se le dio a los criterios técnicos y socioambientales: “vulnerabilidad y riesgo de la salud”, así como a la participación de bajo involucramiento que tendrían los usuarios. Dado el contexto social crítico, con una población no nucleada y con poco compromiso con el uso del sistema propuesto, se selecciona un sistema robusto para minimizar fallas, y que a su vez facilite la operación y mantenimiento. Para los casos donde la selección fue condominial, la priorización se realizó sobre los criterios de costos: “colocación de colectores” y “adecuación de la sanitaria interna”. Las dificultades del procedimiento constructivo y la dificultad de conexión determinan al sistema condominial como la mejor solución, aunque se resalta la hipótesis de trazado de colectores condominiales sobre faja pública o servidumbre. Se reconoce que, si no se cumple lo anterior y no se respetan las ubicaciones de los elementos de inspección, la solución puede no ser la seleccionada.

El caso donde la selección fue efluentes decantados, se observa que los criterios de costos y socioambientales tienen la misma ponderación, con los siguientes subcriterios más importantes: “Colocación de Colectores” y “Adecuación de Sanitaria interna/conectividad” por un lado, y “Participación de la comunidad” y “Aceptación pública”. Dado que el Sistema de Efluentes Decantados es el de menor costo para procedimiento constructivo, se toma como hipótesis que, aunque se trata de un contexto social crítico, con un correcto trabajo social resultaría ser la solución más adecuada. Obtenidos los resultados individuales, se realiza la identificación de la alternativa que resulta de la evaluación conjunta del Grupo de Expertos, aplicando la media geométrica a cada una de las valoraciones, tal cual lo recomienda el método.

Tabla 5. Comparación de criterios - Grupo de Expertos

Criterios	Ponderación
Técnicos	32 %
Costos	34 %
Socioambientales	34 %

Tabla 6. Comparación de Subcriterios - Grupo de Expertos

#	Subcriterio	Ponderador local	Ponderador Criterio	Ponderador Global
1	Aceptación Técnica	9 %	32 %	3 %
2	Vulnerabilidad ante uso inapropiado	46 %	32 %	15 %
3	Operación y mantenimiento de la Red	22 %	32 %	7 %
4	Operación y mantenimiento de instalaciones	19 %	32 %	6 %
5	Tipo de tratamiento de efluente recolectados	4 %	32 %	1 %
6	Suministros de Tuberías	9 %	34 %	3 %
7	Colocación de Colectores	37 %	34 %	13 %
8	Construcción o Suministro de Elementos Singulares	13 %	34 %	4 %
9	Estaciones de bombeo	4 %	34 %	1 %
10	Adecuación de Sanitaria interna/conectividad	38 %	34 %	13 %



25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país

11	Posibilidad de uso de mano de obra no calificada	9 %	34 %	3 %
12	Participación de la comunidad	20 %	34 %	7 %
13	Aceptación pública	20 %	34 %	7 %
14	Generación de residuos sólidos	8 %	34 %	3 %
15	Riesgo de salud para operarios/usuarios	43 %	34 %	15 %

Para la evaluación conjunta, la media indica que no hay diferencia relevante en importancia entre los criterios Técnicos (32%), Costos y Socioambientales (34%). En cuanto a los subcriterios, se vuelve a identificar la importancia de "Riesgo de salud para operarios/usuarios", "Colocación de Colectores", "Adecuación de Sanitaria interna/conectividad" y "Vulnerabilidad ante uso inapropiado". También se calcula la jerarquización de alternativas por criterios aplicando la media geométrica.

Tabla 7. Resultado de comparación de Alternativas – Grupo de Experto

Alternativa/Criterio	Puntaje
Convencional	41,5 %
Efluentes decantados	27,8 %
Condominial	30,6 %

Para la evaluación conjunta, la alternativa seleccionada es el Sistema Convencional 42 %, seguido de Condominial 31 % y Efluentes decantados 28 %.

Para verificar la sensibilidad del método, se propone modificar la priorización de criterios de la evaluación conjunta, donde la importancia de los criterios es muy similar, priorizando el criterio "Costos" sobre los demás, para observar el comportamiento de los resultados.

Tabla 9. Comparación de criterios - Grupo de Expertos "Modificado"

Criterios	Ponderación Evaluación Conjunta	Ponderación Modificada
Técnicos	32%	20%
Costos	34%	60%
Socioambientales	34%	20%

Tabla 10. Comparación de Subcriterios - Grupo de Expertos "Modificado"

#	Subcriterio	Ponderador Global Obtenido	Ponderador Global Modificado
1	Aceptación Técnica	3 %	2 %
2	Vulnerabilidad ante uso inapropiado	15 %	9 %
3	Operación y mantenimiento de la Red	7 %	4 %
4	Operación y mantenimiento de instalaciones	6 %	4 %
5	Tipo de tratamiento de efluente recolectados	1 %	1 %
6	Suministros de Tuberías	3 %	5 %
7	Colocación de Colectores	13 %	22 %
8	Construcción o Suministro de Elementos Singulares	4 %	8 %
9	Estaciones de bombeo	1 %	2 %



25 al 27 de octubre de 2022

Cámara Mercantil de productos del país

10	Adecuación de Sanitaria interna/conectividad	13 %	23 %
11	Posibilidad de uso de mano de obra no calificada	3 %	2 %
12	Participación de la comunidad	7 %	4 %
13	Aceptación pública	7 %	4 %
14	Generación de residuos sólidos	3 %	2 %
15	Riesgo de salud para operarios/usuarios	15 %	9 %

Se observa el aumento en la importancia de los subcriterios “Colocación de colectores” y “Adecuación de sanitaria interna” por encima de 20 %, quedando los demás subcriterios por debajo de 10 %. Considerando la matriz de comparación de alternativas modificada **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** por la priorización del Criterio “Costos”, la alternativa seleccionada es Sistema “Condominial”.

Tabla 11. Resultado de comparación de alternativas - Grupo de Expertos “Modificado”

Alternativa	Puntaje
Convencional	32,7 %
Efluentes decantados	30,7 %
Condominial	36,5 %

Según los resultados obtenidos, cuando no hay limitantes de costos los sistemas convencionales son adecuados dada su robustez y aceptación por parte de los usuarios. Cuando se debe priorizar la reducción de costos, con dificultades constructivas y de conectividad la solución condominial es la más adecuada, a menor costo de inversión.

CONCLUSIONES

Las condiciones o particularidades de cada proyecto a evaluar hacen que la mejor opción de tecnología de saneamiento dinámico a utilizar no sea siempre la misma, y alguna tecnología se adapte mejor que otra. Como se observa en los resultados, la metodología refleja en números las consideraciones que se tienen en la toma de decisiones para la selección de la mejor alternativa. Además, modificando la priorización de los criterios generales y/o específicos, se observa la sensibilidad en la variación de la selección. Dicho de otro modo, dado un proyecto, se puede realizar la selección de la alternativa más adecuada modificando las condiciones o hipótesis de diseño, no sólo técnicas, sino económicas, sociales o ambientales del proyecto en estudio. Los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas, bajo las hipótesis supuestas, hacen cuestionarse lo siguiente:

¿Qué porcentaje de conexión se tendría en una ampliación de sistema de saneamiento separativo convencional acompañado con un Plan de Comunicación para mejorar el porcentaje de Conexión?

Si para el sistema de saneamiento de efluentes decantados la discusión se centra en el mantenimiento de la fosa séptica, ¿cuál sería la aceptación del sistema si se contara con un programa de mantenimiento de las unidades domiciliarias con gestión pública o privada?

¿Cuál sería la vulnerabilidad o dificultades de operación en un sistema condominial si se determinan adecuadamente los trazados de colectores condominiales en faja pública? ¿En cuánto incide en la toma de decisión si el grupo de beneficiarios es un conjunto nucleado?

Con los criterios presentados se busca cubrir todo el espectro de aspectos descriptivos y condicionantes de un proyecto, pero bajo las interrogantes anteriores se pueden revisar los criterios de comparación, adecuándolos al caso de estudio y su fase de desarrollo (Plan Director, Anteproyecto, etc.).



Con la metodología propuesta, se pueden simular variaciones de condicionantes, contando con un instrumento de gestión válido para el estudio de alternativas de sistemas de saneamiento separativo, de modo de obtener un resultado objetivo.

La aplicación de este tipo de elementos de gestión, utilizando panel de expertos interdisciplinario e interinstitucional si es el caso, puede aportar resultados cuantitativos significativos para una mejor toma de decisiones.

Agradecimientos. – A los colegas Carla Baldo, Pablo Guido, Julieta López, Javier Marrero, Leonardo Martínez, Julio Molinolo, Nicolás Rezzano, Danilo Ríos, José Valena, Sebastián Viapiana, Gonzalo Zorrilla de San Martín.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aznar Bellver, J. (2012). Nuevos métodos de valoración: modelos multicriterio. Valencia: Universitat Politècnica.
2. Azevedo Netto J., (1992). Environmental Health Program 29, Innovative and low Cost technologies utilized in sewerage. Washington: OMS.
3. Gross, F. (2001). Experiencia de MEVIR en la disposición de efluentes cloacales mediante sistemas alternativos de bajo costo. Montevideo: MEVIR-SEINCO.
4. CONAGUA-GOBIERNO DE MÉXICO (2016). Libro 20. Alcantarillado Sanitario. Libro 21. Sistemas alternativos de alcantarillado sanitario. <http://www.mapasconagua.net/>
5. Mara, D., Otis, R., (1985). Nota Técnica N° 14: Diseño de alcantarillado de pequeño diámetro. Washington: PNUD, BM.
6. Mara, D., Sleigh, A., Tayler, K., (2001). PC-based simplified Sewer Design. University of Leeds.
7. OPS-CEPIS (2005). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. Lima.
8. Pacheco, J. F., Contreras, E., (2008). Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos. Santiago de Chile: CEPAL, ILPES.
9. Pérez Rocamora, Esteban (2019). Comparación de tecnologías de saneamiento separativo por método de análisis multicriterio. Tesis para la obtención del grado de Magister en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, UdelaR.
10. Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, Vol. 1, No. 1, 83-98.
11. Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, Ph., Schertenleib, R. and Zurbrügg, C., (2014). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. 2nd Revised Edition. Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
12. U.S. EPA (2002). Collection Systems Technology Fact Sheet. Sewers, Conventional Gravity. Washington: EPA.
13. U.S. EPA (1986). Small Diameter Gravity Sewers: an alternative for unsewered communities. Washington: EPA.