



NUCLEOS DE SANEAMIENTO EN LA SIERRA ECUATORIANA

María Verónica Rodas¹, Tomás S. Cuesta², Joaquín Suarez López³

^{1,2}Universidad Santiago de Compostela, GI Proyectos y Planificación, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Rúa Benigno Ledo, 27002 Lugo (España)

³Universidad da Coruña, Departamento de Ingeniería Civil, Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente - GEAMA, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Campus de Elviña s/n, 15008 A Coruña (España)

¹*mvro85@hotmail.com*

RESUMEN

Los seres humanos tienen derecho al acceso a servicios básicos, como el saneamiento adecuado, como nos recuerda el ODS 6. Sin embargo, en algunas zonas rurales del cantón de Cuenca (Ecuador), existen pequeños asentamientos que carecen de sistemas de saneamiento, lo que provoca la contaminación de los medios acuáticos naturales. Es crucial que estas poblaciones rurales, con asentamiento muy disperso, tengan acceso al tratamiento de aguas residuales, aunque los costos asociados con la construcción, la operación y el mantenimiento de estos sistemas pueden ser vistos como un inconveniente. En una cuenca piloto se ha analizado el asentamiento de la población y se han identificado pequeños núcleos de saneamiento (pequeños agregados de viviendas a partir de distancias de separación entre ellas; 50 metros) con el fin de buscar un óptimo que permita optimizar la puesta en marcha de infraestructuras de saneamiento. Una vez identificados estos núcleos, denominados “núcleos sintéticos de saneamiento”, se ha considerado un punto de tratamiento y depuración, así como un punto de vertido. Después de comparar diferentes alternativas, con un mayor o menor grado de centralización, se ha concluido que la descentralización del saneamiento es una opción viable y de bajo costo de operación para dotar de alcantarillado y depuración a los asentamientos dispersos que aún no cuentan con este servicio de manera eficiente. La correcta administración de estos núcleos de saneamiento puede garantizar una alta calidad de servicio a un costo razonable. Por lo tanto, es importante que estas poblaciones rurales tengan acceso a los servicios de saneamiento adecuados para mejorar la calidad de vida de las personas y proteger el medio ambiente.

Palabras clave

Pequeñas comunidades, Gestión descentralizada de las aguas residuales, Análisis de costes de infraestructuras.

1. INTRODUCCIÓN

La demanda creciente de agua potable, el aumento de la población y la urbanización han generado una gran cantidad de aguas residuales en todo el mundo. Por lo tanto, se hace cada vez más

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

evidente la necesidad de adoptar tecnologías avanzadas para garantizar un tratamiento eficiente y sostenible de las aguas residuales, ya que aproximadamente el 80% de las aguas residuales son vertidas directamente al efluente sin ningún tratamiento, lo que representa un grave problema para la protección del cuerpo receptor, según varios estudios ([1], [2], [3]).

Los sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes son una solución para abordar esta problemática. El tratamiento de las aguas residuales es una de las áreas clave para la transición hacia sistemas más inteligentes, sostenibles y resilientes [4]. La implementación de tecnologías avanzadas que permitan la integración de la gestión de las aguas residuales desde el sistema de alcantarillado hasta las plantas depuradoras de tratamiento permitiría una gestión más eficiente de los recursos hídricos, la reducción de la huella de carbono y la mejora de la calidad del agua. Además, la implementación de soluciones de monitoreo y control en tiempo real para la gestión eficiente de las aguas residuales puede ayudar a prevenir problemas y alertar rápidamente sobre cualquier evento inesperado, permitiendo una respuesta más rápida y efectiva.

La descentralización del servicio de saneamiento es importante para garantizar una gestión sostenible del agua y permitir la reutilización de agua y nutrientes, y puede ayudar a reducir los costos de construcción y mantenimiento de alcantarillados extensos, lo que puede resultar prohibitivo en áreas rurales, suburbanas y escasamente pobladas. La construcción y el mantenimiento de estas redes son costosos, especialmente en zonas poco pobladas, áreas rurales o suburbanas [5]. Por lo tanto, la descentralización del saneamiento es fundamental para garantizar un tratamiento eficiente y sostenible de las aguas residuales, permitiendo la reutilización de agua y nutrientes y aumentando el acceso a servicios de saneamiento básicos para comunidades que, de otra manera, no tendrían acceso.

El objetivo principal de este trabajo se centra en definir una metodología que nos facilite la toma de decisiones a partir del análisis de los diferentes grupos de viviendas para tratar sus aguas residuales mediante núcleos de saneamiento. Esto es esencial para abordar la conveniencia de descentralizar el servicio de saneamiento y garantizar la eficiente gestión de las aguas residuales. La independencia de los sectores para el tratamiento de las aguas residuales puede ser más sostenible a largo plazo, reduciendo la cantidad de energía necesaria para transportar y tratar las aguas residuales en una ubicación centralizada. Esto puede resultar en una reducción significativa de la huella de carbono, mejorando así la calidad del aire y disminuyendo la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos. El análisis poblacional por aglomeración a través de núcleos de saneamiento también puede ayudar a mejorar la eficiencia en la gestión de las aguas residuales, permitiendo una planificación más adecuada y una asignación más justa de los recursos.

2. METODOLOGÍA

2.1 ZONA DE ESTUDIO

Esta investigación se enfoca en el contexto específico de pequeñas y medianas comunidades en la zona rural del cantón de Cuenca, en la provincia de Azuay, con especial atención en la parroquia Quingeo (Figura 1). Esta parroquia tiene una población de 7.450 habitantes y abarca un área de 116,38 km² [6].

El estudio busca establecer una distinción clara entre las zonas consideradas "núcleo" y "diseminado" dentro de la cuenca de estudio, mediante el saneamiento colectivo a las viviendas

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

ubicadas en las zonas designadas como "núcleo", mientras que las viviendas situadas en zonas "diseminado" tendrán un servicio de saneamiento individual, que puede ser autónomo o basado en proximidad.

Es importante destacar que el servicio de saneamiento colectivo en zonas "núcleo" puede ofrecer varias ventajas, como la posibilidad de aprovechar la economía de escala para reducir los costos, la facilidad para conectar con una estación depuradora de aguas residuales centralizada y la capacidad para implementar soluciones más avanzadas y sostenibles de tratamiento de aguas residuales [1].

Por otro lado, las viviendas ubicadas en zonas "diseminado" tendrán que depender de sistemas de saneamiento autónomos o basados en proximidad [2]. Esto significa que tendrán que instalar y mantener sistemas de tratamiento de aguas residuales en sus propias propiedades, lo que puede resultar en mayores costos para los hogares y mayores riesgos ambientales si los sistemas no se gestionan adecuadamente.

En resumen, esta investigación abordará en establecer una clara distinción entre las zonas "núcleo" y "diseminado" dentro de la cuenca de estudio, a fin de ofrecer soluciones de saneamiento adecuadas y sostenibles para cada tipo de zona.

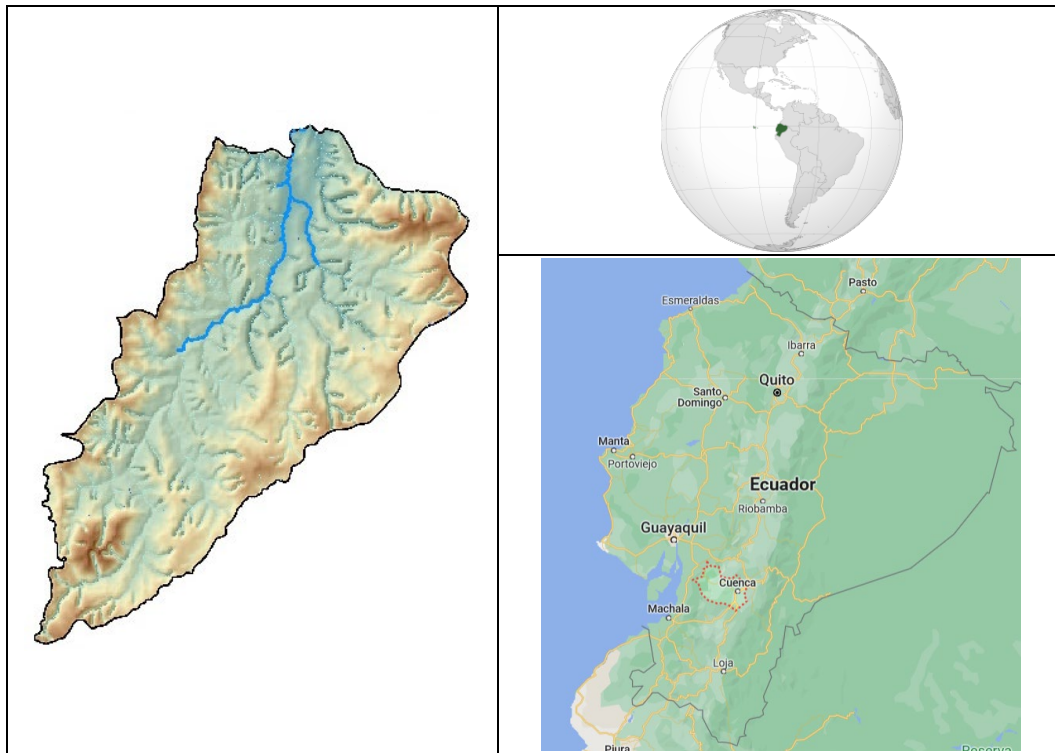


Figura 1. Localización de la zona de estudio.

2.2 GENERACIÓN DE NUCLEOS

El estudio utilizó la metodología de los núcleos sintéticos de saneamiento basada en el artículo 7.7 del Reglamento de Saneamiento de Galicia [7] y en los criterios del Instituto Nacional de Estadística. Estos núcleos sintéticos de saneamiento se generaron a partir de agrupaciones de al

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

menos 10 viviendas o 50 habitantes, siguiendo el criterio del INE, separadas por menos de 100 metros entre sí y que no estuvieran integradas en núcleos oficiales.

Para definir estos núcleos sintéticos, se dibujaron círculos con un radio de 25, 50, 75 y 100 metros con centro en cada vivienda y se analizó su superposición. Es importante destacar que la distancia se midió desde la edificación y no desde la parcela. De esta manera, se determinó la agrupación de viviendas que conformarían un núcleo sintético de saneamiento.

Los núcleos sintéticos de saneamiento deben disponer de saneamiento colectivo y se eliminaron de la base de datos las poblaciones con menos de 10 habitantes o 3 viviendas en un núcleo, ya que se propondrán servicios individuales para estas. La información con la que se cuenta incluye la densidad poblacional proyectada al año 2040 y las áreas de cada parcela, lo que permite conocer la población total proyectada de 12.426 habitantes.

Después de obtener los núcleos considerando cuatro distancias diferentes, se depuró la base de datos eliminando las poblaciones más pequeñas y se comparó la población restante para diseñar el sistema de saneamiento. Se consideró que construir todo un sistema de redes de alcantarillado y estaciones depuradoras de aguas residuales es costoso tanto en construcción como en operación, por lo que se analizó solo para poblaciones mayores a 10 habitantes.



Figura 2.- Círculos de superposición entre viviendas (R=50 m).

Una vez identificados los núcleos sintéticos, se procedió a definir el límite de cada uno de ellos mediante la creación de una envolvente que se ajustara al parcelario, el cual se obtuvo a partir de las parcelas del catastro. Se optó por utilizar el parcelario como base para definir los "núcleos oficiales", ya que es la metodología habitual. Para establecer el borde de cada núcleo, se tomaron como referencia los bordes de la parcela.

De esta forma, se adopta el criterio de incluir toda la superficie de la parcela dentro de los límites del núcleo. Sin embargo, en parcelas de gran superficie (>50 m de distancia a la edificación) se limitó la extensión del núcleo generado. En situaciones en las que las viviendas se encontraban

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

en el borde exterior (<50 m) de un núcleo oficial, posiblemente debido a un desarrollo urbanístico posterior a la generación del núcleo, se agregaron como entidades independientes al núcleo y se les proporcionó saneamiento colectivo posteriormente.



Figura 3.- Metodología inicial de generación de un núcleo sintético de saneamiento.

2.3 DEFINICIÓN DE LOS NÚCLEOS DE SANEAMIENTO

Dado que el tipo de núcleos utilizados en el estudio era de gran importancia, se consideraron diversos resultados técnicos, económicos y ambientales. Se llegó a la conclusión de que la dispersión de los poblados obligaba a invertir en redes de saneamiento en áreas donde la densidad de población y las distancias entre viviendas no justificaban la inversión.

Por lo tanto, se decidió analizar detalladamente qué implicaba utilizar exclusivamente "núcleos de saneamiento sintéticos" en todo el territorio de interés, sin tener en cuenta los "núcleos oficiales".

En la nueva metodología, se definió un "núcleo" como la agrupación de 10 o más viviendas que se tocaban o se superponían dentro de una envolvente de círculos con centro en cada vivienda. Se trabajó con radios de 25, 50, 75 y 100 metros para analizar mejor los espacios delimitados por los círculos.

3. RESULTADOS

Se compararon diferentes distancias de núcleos y se observó una considerable reducción de superficie al utilizar un radio de 50 metros. Se considera más adecuado el uso de la envolvente al borde de la edificación, ya que se ajusta mejor al criterio de "distancia de vivienda a red de alcantarillado". Los núcleos se distribuyeron en diámetros de 25, 50, 75 y 100 metros, generando

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

una variación de núcleos como se observa en la Tabla 1. De ellos, se observó que los 36 núcleos del radio de 100 metros comprendían a casi toda la población, incluyendo 3 viviendas o 10 habitantes. Sin embargo, estos núcleos se eliminaron ya que corresponden a servicios autónomos.

En conclusión, las tablas siguientes muestran las implicaciones cuantitativas de las diferentes metodologías en la parroquia Quingeo.

Tabla 1. Parámetros Generales.

Distancias(m)	25	50	75	100
Núcleos	1.198	828	500	36
Núcleos unificados	16	43	37	16
Superficie (ha)	104,41	571,38	1.370,89	3.055,00
Superficie total definida como núcleo	0,92%	5,06%	12,13%	27,04%
Número viviendas en núcleo	433	2.156	4.030	4.804
Habitantes en núcleos	1.291	5.208	9.148	10.737
% habitantes respecto al total	10,39%	41,91%	73,62%	86,41%
Densidad media de población en núcleos (hab/ha)	12,36	9,11	6,67	3,52

En la Figura 4 se observa que la población no es lineal en relación con los núcleos y que la tendencia se mantendría con diámetros mayores a 50 metros. Por tanto, antes de los 50 metros hay población dispersa propia de un área rural austral. Los núcleos con diámetros de 50 metros ayudaron a establecer este rango para definir la distancia.

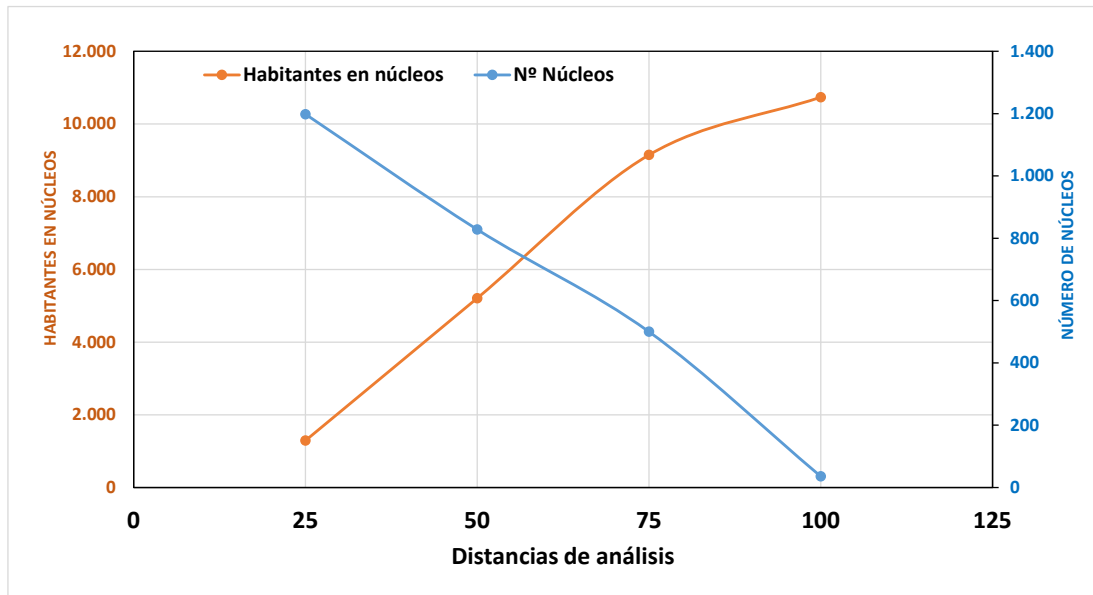


Figura 4.- Distancia Vs Población de un núcleo sintético de saneamiento.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

En la figura siguiente se presenta un ejemplo de la definición de núcleo sintético de saneamiento basado en centros de vivienda y considerando 4 distancias distintas de la parroquia Quingeo (cantón de Cuenca, provincia de Azuay).

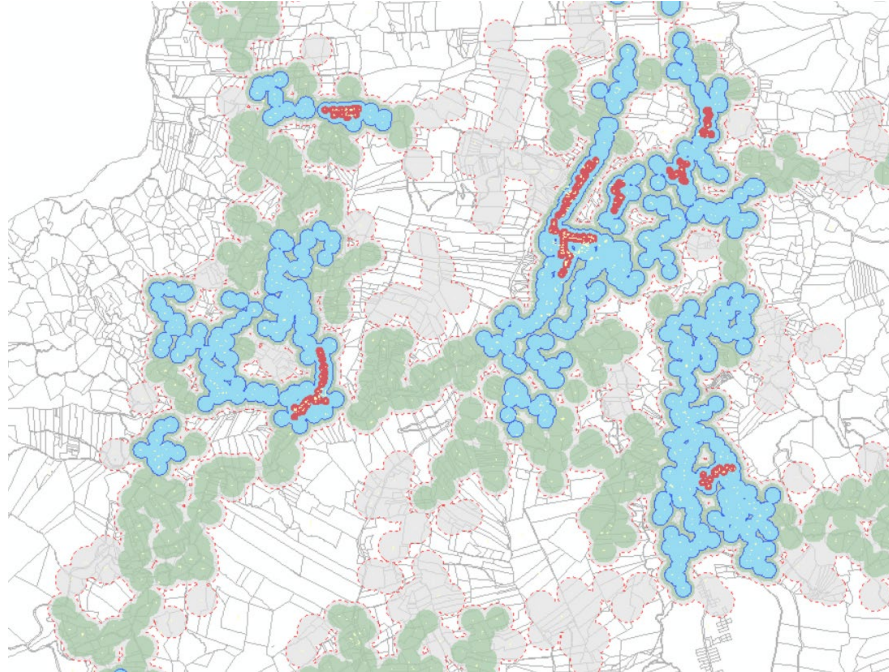


Figura 5.- Configuración de núcleos sintéticos: Radios 25 centro en centro vivienda (línea roja continua), Radios 50 (línea azul claro), Radios 75 (línea verde claro), Radios 100 (línea roja discontinua).

4. CONCLUSIONES

El ciclo urbano del agua incluye los servicios de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y depuración de aguas residuales. Sin embargo, en América Latina, estos servicios básicos enfrentan problemas comunes, como una cobertura insuficiente, lo que excluye a ciertos poblados y genera impactos ambientales significativos. Para abordar este problema, se ha desarrollado un conjunto de directrices de saneamiento que se centran en áreas densificadas en un sector rural del cantón de Cuenca. Estas directrices incluyen la consideración de viviendas cercanas dentro de un radio de 50 metros. Como resultado, se han identificado 43 núcleos para una población de 5.208 habitantes. La siguiente fase corresponde al diseño de las redes de alcantarillado y al establecimiento de un proceso de depuración y tratamiento adecuado para garantizar el acceso a servicios de saneamiento de calidad en la región.

REFERENCIAS

- [1] H. Yuansheng, L. Pen, L. Han, Z. Bo y H. Yiliang. “To centralize or to decentralize? A systematic framework for optimizing rural wastewater treatment planning”, *Journal of Environmental Management*, vol. 300, no. 15, Diciembre. 2021, pp. 113673.

SMART WATER:

Transición hacia sistemas inteligentes, sostenibles y resilientes

- [2] A. G. Capodaglio, A. Callegari, D. Cecconet y D. Molognoni. “Sustainability of decentralized wastewater treatment technologies”, *Water Practice & Technology* 1, vol. 2, no. 2, 2017, pp. 463-477.
- [3] E. Kellner, “The controversial debate on the role of water reservoirs in reducing water scarcity”, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, vol. 8, no. 3. 2021, pp. 1514.
- [4] E. J. Lentini, F. Brenner y A. Mercadier. “Los servicios urbanos de agua potable y saneamiento en Argentina: Estado actual y desafíos”. En: E. M. Abraham; R. D. Quintana y G. Mataloni (eds.). *Aguas + Humedales*,. 2018, pp. 47-58. 1ª ed. San Martín: Universidad Nacional de San Martín (UNSAM Edita).
- [5] F. M. Gimelli, B. C. Rogers y J. J. Bos, “Linking Water Services and Human Well-Being Through the Fundamental Human Needs Framework: The Case of India”, *Water Alternatives*, vol. 12, no. 2, 2019.
- [6] Instituto Nacional de Estadística y Censos. Gobierno de la República de Ecuador, Quito, Ecuador. 2015.
- [7] Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestructuras, “Decreto 141/2012, de 21 de junio, por el que se aprueba el Reglamento marco del Servicio Público de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales de Galicia”. Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, 2012.