

Artículo original / Original article

Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba

Relationship of the total solids sedimentation process of the wastewater and the state of the storm sewer networks, Moyobamba

Quispe-Burga, Bany Luz [ 0000-0002-5093-5176]; Azabache-Liza, Yrwin Francisco [ 0000-0003-1396-9745]

¹Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú

✉ blquispeb@alumno.unsm.edu.pe

Recibido: 19/11/2021;

Aceptado: 22/12/2022;

Publicado: 20/01/2022

Resumen: Las condiciones de las alcantarillas pluviales dentro de las ciudades, son precarias y mal utilizadas por diversos factores relacionadas a los sólidos. El objetivo fue evaluar la sedimentación en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial. Utilizamos el método de aforo con flotador y el gravimétrico, usando el cono imhoff. El caudal mínimo fue 0,087m³/s en época de estiaje y el máximo es 2,42m³/s; así mismo la menor cantidad de sólidos sedimentables es 0,12 mg/L*h y mayor fue 1,33 mg/L*h, considerando como mayor cantidad las arenas 86,54 %. Concluimos que la calidad de la alcantarilla es mala y el nivel de corrosión es alto; los principales problemas relacionados a la sedimentación en la red de alcantarillado son por la presencia de residuos sólidos. Verificamos que la sedimentación está en relación con el estado de las redes de alcantarillado por lo que debemos controlar la cantidad de residuos vertidos a la alcantarilla y mejorar la infraestructura.

Palabras clave: avenida; desagüe; estiaje; flotador; lluvias; turbiedad

Abstract: The conditions of storm sewers within cities are precarious and misused by various factors related to solids. The objective was to evaluate the sedimentation in relation to the state of the storm sewer networks. We use the float gauging method and the gravimetric one, using the imhoff cone. The minimum flow was 0.087m³ / s in the dry season and the maximum is 2.42m³ / s; Likewise, the lowest amount of sedimentable solids is 0.12 mg / L * h and the highest was 1.33 mg / L * h, considering the sands 86.54% as the highest amount. We conclude that the quality of the sewer is poor and the level of corrosion is high; the main problems related to sedimentation in the sewerage network are due to the presence of solid waste. We verify that the sedimentation is in relation to the state of the sewer networks, so we must control the amount of waste discharged into the sewer and improve the infrastructure.

Keywords: avenue; drain; float; low water; rains; turbidity

Cómo citar / Citation: Quispe-Burga, B.L. & Azabache-Liza, Y.F. (2022). Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(1), e291. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i1.291>

I. Introducción

Relacionar la disponibilidad de agua con la gestión adecuada de las aguas servidas constituye un dilema, debido a la amplitud diferencial, que existe; entre los servicios brindados en los sistemas de agua potable como en los sistemas de saneamiento en las urbes locales y mundiales, el agua que se dispone y se distribuye a través de las tuberías de saneamiento público, es el vector principal de proliferación de bacterias infecciosas y dañinas para la salud (Galvez, 2019) (Lagua, 2021).

Se dice que la posibilidad de tener un sistema de saneamiento público, no se relaciona con los conocimientos necesarios para saber cuidarlo; donde sí existen las redes de disposición; son los pobladores quienes están lidiando con situaciones que agravan su funcionamiento pues el crecimiento poblacional, más los constantes cambios climáticos entre otros, hacen que las pocas redes existentes en nuestro país colapsen y se obstruyan (Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, 2014).

Varios estudios muestran que la acumulación de sedimentos depende de factores tales como: características del sedimento (Sotomayor, 2016) (físicos, químicos), características del sistema de alcantarillado (tamaño, pendiente, rugosidad), características del flujo (velocidad, grado de inestabilidad) y otros factores como la basura esparcida que se barre de las calles y se arrastra con las aguas (Dominguez and Rojas, 2019) (OEFA, 2014^a) (Popel, 1928). En la ciudad de Moyobamba, los buzones recolectores de las aguas servidas colapsan al sobrepasar los límites de contención, esto sucede generalmente cuando llueve y por motivos de residuos sólidos sedimentables se obstruyen; por lo tanto, no es necesario las lluvias torrenciales para provocar el colapso de las mismas (MINAGRI, 2015).

Así mismo cabe mencionar que dentro de la ciudad, existen alcantarillas cuya infraestructura de construcción, no se encuentra protegida del exterior; por lo que la Avenida Ignacia Velásquez es un ejemplo de problemas sanitarios y estructurales, el mismo que contiene agua residual, con un alto contenido de sólidos totales disueltos, los cuales se pueden observar sedimentados en épocas de estiaje y en épocas de lluvia estos contienen un caudal bastante elevado, y además influye porque en esta zona existe un gran pendiente (Bajada de Shango), este imposibilita la adecuada relación de caudales y características propias del agua residual

Por todo lo expuesto se plantea el siguiente problema: ¿Cuál es la evaluación de la sedimentación en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba?, siendo el objetivo general: Evaluar la sedimentación en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial; además los objetivos específicos: calcular el caudal de diseño con el arrastre de sólidos totales en las redes de alcantarillado, en época de estiaje y avenidas; determinar el caudal, espacio y tiempo de la sedimentación de sólidos sedimentables en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) e identificar el estado de la red de alcantarillado público combinado.

I.1 Sólidos sedimentables y estado de redes de alcantarillado

La ciudad de Moyobamba, se encuentra atravesando problemas de mantenimiento por obstrucción de las redes de aguas servidas, las cuales tienden por la mala práctica y otras características a obstruirse; estas molestias están altamente arraigadas a los sólidos, materia orgánica y grasas emitidas por las viviendas. El no tener la posibilidad de un adecuado sistema de

saneamiento genera problemas reflejados en las tasas de morbilidad aplicadas por el Instituto Nacional de Estadística, según la (OMS, 1996; Organización de Naciones Unidas, 2005) solo un 31% de los habitantes de zonas rurales de países en desarrollo tienen servicios mejorados de saneamiento, frente a un 73 % de las zonas urbanas a nivel mundial.

El Sistema de Alcantarillado Combinado; es el sistema de alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas de las lluvias. (Ministerio de Vivienda, 2006) (Ministerio de Vivienda, 2019) (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento., 2018), por lo que es necesario detectar los tramos con mayor incidencia de obstrucción por arenas a fin de limpiarlos periódicamente. Estos materiales tienen que ser necesariamente extraídos, porque el solo lavado, traslada y concentra el problema en otro sitio (CEPIS/OPS, 2005).

Sólidos, la definición generalizada de sólidos es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado (HACH, 2020); debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras (Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento, 2010). Cuando existe una baja concentración de partículas en el agua, éstas se depositan sin interferir, denominándose a este fenómeno sedimentación libre, en cambio, con altas concentraciones de partículas, se producen colisiones que las mantienen en una posición fija, ocurriendo un depósito masivo en lugar de individual, a este proceso se le llama sedimentación interferida (CEPIS/OPS, 2005).

Aguas residuales, son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014a; Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, 2014) (OEFA, 2014b). Los sistemas para la recolección y tratamiento de aguas residuales diseñados con criterios convencionales, demandan elevados costos de construcción y operación a sus usuarios (Aguas Urbanas, 2018). Se evidencian esfuerzos de la municipalidad por intentar mejorar el sistema a través del cambio de tuberías, pero es posible que exista la necesidad de evaluar las causas que realmente agravan esta situación para poder acabar o al menos prevenir este problema.

En la investigación se utilizó el análisis de SEDAPAL para redes de alcantarillado, así mismo Cornejo (2017), analiza las actividades del equipo de intervención social del proyecto “Lote 3” de SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) desarrollado en el distrito de Comas, Lima, para determinar si modificó el comportamiento de la población en sus prácticas de uso del agua potable y del alcantarillado y no perciben un cambio sustancial tras el proyecto; en cambio en la investigación si se percibe una influencia importante en las alcantarillas, pues la población cercana juega un papel muy importante en su deterioro, aunque sus prácticas siguen siendo poco informativas y a tal escasa información, poca concientización (Cornejo, 2017).

2. Materiales y métodos

Se utilizó los siguientes materiales y equipos: Wincha, herramienta de mano, utilizada en la medición de longitudes y distancias, necesarias para aforar y determinar otra serie de datos. Flexómetro con graduación en mL y pulgadas. Frascos, de plástico, balanza electrónica de 0,01 gr de precisión, utilizada en el pesado de muestras sedimentadas y recolectadas durante el análisis granulométrico, taras, utilizada en el tamizado de muestras sedimentadas y recolectadas durante el análisis granulométrico. Cono imhoff, de material transparente y con graduación permanente en relieve. Se puede vaciar con facilidad porque dispone de un tapón inferior de rosca que además facilita la limpieza, 1 DIST Medidor de Sólidos Totales disueltos y el horno eléctrico.

Se realizó la identificación de la zona de estudio, ubicando las áreas en donde se desarrolló la investigación (R. Hernandez and Fernandez, 2010).

Para determinar el objetivo específico 1

Se calculó el caudal de diseño con el arrastre de sólidos totales en las redes de alcantarillado, en época de estiaje y avenidas, se siguió la metodología: georreferenciación (GPS), mediante un recorrido por toda la zona que comprende las cuadras 1, 2 y 3 de la avenida Ignacia Velásquez.

Se definieron los puntos de muestreo: (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2013) Primer punto en la parte baja del canal abierto en la pendiente alta (bajada de Shango) de la avenida, punto final de salida y unión de la red de alcantarillado a una quebrada y a otra red cercana.

Y para calcular el caudal, se utilizó el siguiente método: Método del flotador, con el que se estimó la velocidad del agua y el área del canal (MINAGRI, 2015). El cálculo del caudal se determinó mediante la siguiente expresión:

$$Q = Fc \times A \times (L/T) \quad (1)$$

Dónde:

Q = es el caudal, en m /s

L = es la longitud entre el Pto. A y B, en metros

A = es el área, en m

T = es el tiempo promedio en segundos

Fc = es el factor de corrección; donde Fc es un factor de corrección relacionado con la velocidad.

Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15 cm, el Fc = 0,8 y 0,7 para canales de tierra, según (MINAGRI, 2015).

Para determinar el objetivo específico 2

Se determinó el caudal, espacio y tiempo de la sedimentación de sólidos sedimentables en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez). Se procedió a la toma de muestras, siguiendo la metodología y pasos siguientes: Muestreo de agua residual; se realizó el muestreo y recolección del agua, el mismo que fue utilizado para analizar los sólidos sedimentables. Se recolectó 3 000 mL, para poder utilizar en el análisis de sedimentos, y para esto se utilizó un envase de plástico de capacidad de 3 L, se llevó directamente al análisis pues se tuvo que evitar la adhesión de la materia en suspensión a las paredes del recipiente. Se realizaron muestreos en cinco meses distintos y ocupando los días soleados y los lluviosos. Para

identificar los caudales en época de estiaje y avenida se realizaron ocho aforos en cuatro diferentes días y en dos puntos diferentes de la red; en cinco meses en diez fechas distintas y en tres conos diferentes haciendo un total de 30 muestreos distintos en solo 10 días.

Para el cálculo de los sólidos suspendidos se usó la siguiente fórmula:

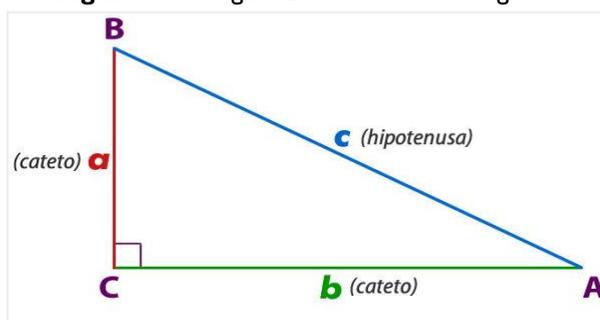
$$\frac{\text{sólidos totales disueltos} - \text{sólidos sedimentables}}{\text{volúmen de la solución}} \quad (2)$$

Método granulométrico; este procedimiento se realizó en el laboratorio LM CECONSE, para definir el tamaño de los sólidos estudiados.

Para determinar el objetivo específico 3

Identificar el estado de la red de alcantarillado público combinado de la ciudad de Moyobamba. Se procedió a realizar la identificación espacial, para el cual se elaboraron curvas de nivel, de la siguiente forma: Con el uso y procesamiento de datos de ubicación en google earth (figura 1), se realizó el procesamiento de la información con el software global mapper y se realizó la elaboración de las curvas de nivel. Luego se procedió a determinar la forma, medida y pendiente de la red de alcantarillado combinado que precede al área de estudio. En este caso la pendiente la cual fue evaluada mediante el uso del teorema de Pitágoras, y el uso de los siguientes datos: Cota máxima para la red de alcantarillado pluvial; Cota mínima para la red de alcantarillado pluvial; Desnivel = $C_{max} - C_{min}$.

Figura 1. Triangulo del teorema de Pitágoras



Y el apoyo de la siguiente fórmula:

$$C^2 = a^2 + b^2 \quad (3)$$

Después, se realizó el diagnóstico, utilizado por SEDAPAL-PERU, para determinar el estado de las redes sanitarias: En el estudio de buzones y tuberías se han podido identificar buzones y tuberías con diferentes grados de corrosión (grado 1, 2, 3 y 4) de acuerdo a criterios establecidos por el Water Resource Center (WRC). Así mismo se procedió a la identificación de peligros y riesgos de las alcantarillas, por encontrarse en ese estado, con la guía de la Organización Panamericana de la Salud OPS (2005). Para determinar la distribución de sólidos suspendidos en el sistema de alcantarillado de aguas residuales, fue necesario recaudar la

información, mediante antecedentes registrados y el manual de operación y mantenimiento de las redes de alcantarillado de OPS/OMS (2005) y UNATSABAR – Perú.

3. Resultados y discusión

3.1. Caudal de diseño con el arrastre de sólidos totales en las redes de alcantarillado, en época de estiaje y avenidas.

Para todos los datos indicados sobre precipitaciones, observar análisis de precipitaciones por el SENAMHI.

Época de estiaje (31/10/2019). En el punto bajo el caudal en épocas de estiaje calculado fue 1,94 m³/s, donde según reportes del día la precipitación determinada es 0 mm. lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 0,80 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm. En el punto alto el caudal en épocas de estiaje calculado fue 0,35 m³/s, se puede decir también que este caudal en la alcantarilla de aguas pluviales cuyo cauce en días particulares y sin lluvia debe ser 0 está influenciado por la presencia de un lavadero de carros y otros aportes de aguas residuales de viviendas cercanas; el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,18 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

Época de estiaje (25/11/2019). En la parte baja el caudal en épocas de estiaje calculado fue 0,22 m³/s, donde no presento lluvias, es decir la precipitación determinada para ese día es 0 mm. lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 0,80 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm. En el punto alto el caudal en épocas de estiaje calculado fue 0,087 m³/s; el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,19 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

Época de avenida (13/01/2020). En el punto bajo el caudal en épocas de avenida calculado fue 1,77 m³/s, y para este día, se consideró lluvioso lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 1,36 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm. En el punto alto el caudal calculado fue 1,58 m³/s, este día hubo precipitaciones lo que indica una determinada cantidad de agua que, en días particulares, el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,70 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

Época de avenida (15/02/2020). El caudal en épocas de avenida calculado fue 2,41 m³/s, este día hubo lluvia lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 1,22 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm. En el punto alto el caudal fue 2,42 m³/s, puesto que son días lluviosos indica una determinada cantidad de agua mayor que, en días particulares; el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,95 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

3.2. Caudal, espacio y tiempo de la sedimentación de sólidos sedimentables en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) de Moyobamba

Sedimentación de sólidos totales en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) de Moyobamba.

Tabla I. Caudal, espacio y tiempo de la sedimentación

Pruebas		Caudal (m ³ /s)	Espacio (m)	Tiempo (hora)	Sedimentación (mL/L.hora)
P01	CA	1,94	1,940	0,800	1,000
	CB	1,94	1,940	0,800	1,000
	CC	1,94	1,940	0,800	1,000
P02	CA	0,35	0,350	0,180	1,000
	CB	0,35	0,350	0,180	1,000
	CC	0,35	0,350	0,180	1,000
P03	CA	0,22	0,220	0,800	1,000
	CB	0,22	0,220	0,800	1,000
	CC	0,22	0,220	0,800	1,000
P04	CA	0,087	0,087	0,190	1,000
	CB	0,087	0,087	0,190	1,000
	CC	0,087	0,087	0,190	1,000
P05	CA	1,77	1,770	1,360	1,000
	CB	1,77	1,770	1,360	1,000
	CC	1,77	1,770	1,360	1,000
P06	CA	1,58	1,580	0,700	1,000
	CB	1,58	1,580	0,700	1,000
	CC	1,58	1,580	0,700	1,000
P07	CA	2,41	2,410	1,220	1,000
	CB	2,41	2,410	1,220	1,000
	CC	2,41	2,410	1,220	1,000
P08	CA	2,42	2,420	0,950	1,000
	CB	2,42	2,420	0,950	1,000
	CC	2,42	2,420	0,950	1,000
P09	CA	2,17	2,170	1,100	1,000
	CB	2,17	2,170	1,100	1,000
	CC	2,17	2,170	1,100	1,000
P10	CA	1,99	1,990	0,780	1,000
	CB	1,99	1,990	0,780	1,000
	CC	1,99	1,990	0,780	1,000

Se realizaron diez aforos en diez días distintos y en estos se realizaron la medición de caudales en dos puntos diferentes, tanto en épocas de avenidas, como de estiaje, y estos valores de caudales varían desde 0,087 m³/s como caudal más bajo y 2,42 m³/s como mayor caudal que se ha logrado determinar en la alcantarilla, así mismo como espacio en el proceso de sedimentación se ha tomado a la altura referencial en el momento de la toma de muestra, ya que esta está ligada de forma vectorial con el resultado esperado, así mismo la sedimentación, en días de lluvia y en días soleados, fue distinta por varios factores, uno de ellos las descargas, teniendo como mayor cantidad de sedimentación a 0,5 mL/L.hora.

Tabla 2. Análisis granulométrico y detalles

Tamiz	Tamaño (mm)	Porcentaje %
1/4"	6,35	0,01
4	4,76	0,74
8	2,38	0,02
10	2	0,01
16	1,19	0,02
20	0,84	0,03
30	0,59	0,10
40	0,426	0,31
50	0,297	0,01
60	0,25	0,10
80	0,177	0,23
100	0,149	0,03
200	0,074	0,01
Fondo	0,01	0,12

Los resultados del análisis granulométrico realizado a los sólidos sedimentables dentro de la alcantarilla pluvial, las cuales se adhieren a las paredes de la alcantarilla, en el sector Shango de la ciudad de Moyobamba, demuestran que la mayoría de sólidos encontrados son menores a 0,59 mm, a parte una gran cantidad de gravas o piedritas de 4,76 mm, una significativa parte de limo y arcilla de diámetro menor a 0,01 mm están presentes dentro de los sólidos en la alcantarilla, como se puede resumir la mayor cantidad de sólidos sedimentables dentro de la alcantarilla representan a partículas de diámetro menor y una cantidad de esta representa cierta plasticidad como la arcilla y limo que usualmente representan un gran problema por su adherencia y efecto perjudicial dentro de las mismas.

En otras palabras, las proporciones y clasificaciones del tipo de suelo que se tamizó son los siguientes:

Tabla 3. Tipos de granulometría

Análisis granulométrico	
Tipos	Porcentaje %
Grava	0,02
Arena	0,86
Limos y arcillas	0,12

La clasificación total de la muestra de suelo en la alcantarilla según los resultados del análisis lo clasifican como arena mal graduada ligeramente limosa, la cual nos indica la gran cantidad de variación de tamaños. Sin embargo, cabe mencionar que la mayor cantidad de sólidos que se quedan en la superficie son residuos sólidos de gran cantidad y volumen, aunque no peso.

3.3. Estado de la red de alcantarillado público combinado de la ciudad de Moyobamba.

El diagnóstico realizado fue tomando en cuenta las condiciones y características según informes del SEDAPAL:

Situación espacial de la ubicación de alcantarillas.

Las curvas de nivel, como se muestra en la figura se puede ver la gran cantidad de elevaciones y superficies irregulares en todo el recorrido de la avenida Ignacia Velásquez, cuya particularidad

en estas alcantarillas es principalmente la superficie irregular que muestran estas y las grandes pendientes a las que están sujetas, además de mostrar un diseño poco configurado y mal estructurado para una calle traspasada. Se reconoce que la cota más elevada en la parte superior de la bajada que puede ser identificada en la figura pues se muestra delimitada por el polígono en forma de cruz, la parte superior de la bajada tiene una cota de elevación de 873 m, claro que en los lados laterales se encuentran elevaciones de hasta 880 m, además en la parte baja de la red de alcantarillado se tiene una cota de elevación de 851 m, con lo que se puede corroborar que esta situación está expresada por una diferencia de alturas: Cota máxima para la red de alcantarillado pluvial: 873 m; Cota mínima para la red de alcantarillado pluvial: 851 m; Desnivel = 27 m.

Es decir, son 27 metros de diferencia entre la parte más alta y más baja de la alcantarilla pluvial, además se considera como pendiente máxima, según teorema de Pitágoras. Considerando que la elevación es el cateto a , cuyo segmento en el triángulo es BC y su medida es 27 m, además el cateto b que es la distancia horizontal medida desde la parte superior de la alcantarilla representada por el segmento CA es 306 m, a partir de ahí calculamos la distancia total descrita por la pendiente: $C^2 = 27^2 + 306^2$; $C = 307,18$ m

Además, la pendiente viene a ser $27/306 = 0.08$ en términos porcentuales 8%.

Lo que se puede describir que por cada 100 metros se baja 8 metros del nivel más alto del suelo. Esto indica los grandes accidentes topográficos a los que las alcantarillas dentro de la ciudad se encuentran sometidas y por lo que se deben tener en cuenta al momento del diseño, cálculo y construcción.

Calidad de alcantarillas

La vida útil de las tuberías depende de la calidad de fabricación de los materiales, esta característica, aunada a otros procesos hidráulicos y biológicos que se forman en los sistemas de alcantarillado, puede reducir la vida útil de las mismas.

Antigüedad de Instalación: Calidad probable- mala

Estado físico de alcantarillas: En el estudio de buzones y tuberías se han podido identificar buzones y tuberías con diferentes grados de corrosión de acuerdo a criterios establecidos por el Water Resource Center (WRC) de Inglaterra.

4. Discusión

Dentro de los resultados de la investigación las actividades humanas influyen en gran manera en la cantidad de sólidos que afectan la alcantarilla es por ello que se concuerda con Cornejo (2017), analiza las actividades del equipo de intervención social del proyecto "Lote 3" de SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) desarrollado en el distrito de Comas, Lima, donde se percibe una influencia importante en las alcantarillas, pues la población cercana juega un papel muy importante en su deterioro, aunque sus prácticas siguen siendo poco informativas y a tal escasa información, poca concientización, se identificaron los caudales máximos y mínimos como una importante contribución de sólidos a las alcantarillas, como lo recalcó (M. Hernandez,

2018), en su investigación indicando como parámetro importante, los caudales de escorrentía encontrados por medio del método racional.

5. Conclusiones

La sedimentación de sólidos en la red de alcantarillado es menor para tiempos de estiaje con 0,12 mg/L en cada hora y mayor en tiempos de avenidas con 1,33 mg/L por cada hora. El caudal mínimo en época de estiaje en la red de alcantarillado pluvial es de 0,87 m³/s y el caudal máximo es de 2,42 m³/s para épocas de avenidas en ambos puntos de la red de alcantarillado.

La calidad de la red de alcantarillado pluvial es mala y el estado físico de la estructura de acuerdo a criterios establecidos por el Water Resource Center (WRC) de Inglaterra, es mala. El tipo de sólidos sedimentados dentro de la alcantarilla representa un 11,54 % de limos, arcillas, 86,54 % de arena y 2,22 % de grava.

Las principales incidencias previstas como problemas en la red es la operación y mantenimiento de redes de alcantarillado pluvial y entre las no previstas están el uso inadecuado, los vertidos combinan sus desechos; otra incidencia es la eliminación de residuos sólidos de tamaño medio y hasta muy grande como plásticos, cartones y otros.

Los peligros identificados como fuertes problemas en las redes de alcantarillado son: los residuos sólidos como trapos, plásticos y vidrios, la presencia de arenas y piedras; los cuales forman parte de los sólidos sedimentables en la red de alcantarillado.

La cantidad de sólidos sedimentables en las aguas residuales de alcantarillado pluvial es mucho menor que la cantidad de sólidos sedimentables suspendidos, pues de 1 453 mg/L sólidos totales solo 0,25 mg/L se sedimenta y todo lo demás queda suspendido.

Referencias bibliográficas

- Aguas Urbanas. (2018). Conceptos sobre monitoreo de calidad de agua. Retrieved July 7, 2021, from <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>
- Cepis/Ops. (2005). Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua. *Organización Panamericana de La Salud*, 13. Retrieved from http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/043_diseño_de_redes_de_distribución/diseño_de_redes_de_distribución.pdf
- Cornejo, W. D. (2017). Análisis de la intervención social para la mejora de las prácticas en el uso del agua potable y alcantarillado de la población beneficiaria del proyecto de rehabilitación de redes de agua potable y alcantarillado lote 3 de Sedapal, Comas, Lima. *Repositorio de La Pontificia Universidad Católica Del Perú*, 219. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9492>
- Dominguez, L. M., and Rojas, K. V. (2019). *Eficacia de los biodigestores autolimpiables en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS - AH) en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Huando*. Universidad Nacional de Huancavelica. Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2986>

- Galvez, N. Y. (2019). *Evaluación y mejoramiento del sistema de saneamiento básico en la comunidad de Santa Fé del centro poblado de Progreso, distrito de Kimbiri, provincia de La Convención, departamento de Cusco y su incidencia en la condición sanitaria de la población*. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Retrieved from <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/10720>
- Hach. (2020). Colorímetro portátil multiparamétrico DR900 (Laboratorio de Colombia). Retrieved from https://latam.hach.com/colorimetro-portatil-multiparametrico-dr900/product?id=54617125473&_bt=491818832070&_bk=hach dr 900&_bm=e&_bn=g&_bt=491818832070&_bk=hach dr 900&_bm=e&_bn2021
- Hernandez, M. (2018). Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en urb. El chilcal de la ciudad de Piura. *Universidad Nacional de Piura*, 1–165. Retrieved from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3714/ICI_264.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernandez, R., and Fernandez, C. (2010). *Metodología de la investigación*. (McGraw-Hill, Ed.) (quinta). Mexico.
- Iagua. (2021). Situación del agua potable y el alcantarillado en el Perú. Retrieved September 14, 2021, from <https://www.iagua.es/blogs/rafael-saul-lara-rivas/situacion-agua-potable-y-alcantarillado-peru>
- Minagri. (2015). Manual N° 5 Medición de agua. *Ministerio de Agricultura y Riego de Lima, 2da Ed.*(Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego), 32. Retrieved from <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2006). RNE p. 238-243-244-297. *Reglamento Nacional de Edificaciones*, 297. Retrieved from <http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento Nacional de Edificaciones.pdf>
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2019). Ds_010-2019-Vivienda.pdf. Lima- Perú: El peruano. Retrieved from http://files/589/Ds_010-2019-Vivienda.pdf
- Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. (2018). Reglamento Nacional De Edificaciones. *Reglamento Nacional De Edificaciones*, 53(9), 1689–1699. Retrieved from <http://www3.vivienda.gob.pe/pnc/docs/normatividad/varios/Reglamento Nacional de Edificaciones.pdf>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2013, October). Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR.
- OEFA. (2014a). El OEFA advierte problemática ambiental por déficit de tratamiento de las aguas residuales a nivel nacional. Retrieved May 18, 2021, from <https://www.oefa.gob.pe/el-oefa-advierte-problematica-ambiental-por-deficit-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales-a-nivel-nacional/ocac07/#:~:text=Uno%20de%20los%20principales%20problemas,poblaci%C3%B3n%20urbana%20en%20el%20Per%C3%BA>
- OEFA. (2014b). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluación y*

- Fiscalización Ambiental*, 36. Retrieved from https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- OMS. (1996). ¿Qué calidad de vida? *Foro Mundial de La Salud*, 17(4), 385–387. Retrieved from https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/55264/WHF_1996_17_n4_p385-387_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/55264/WHF_1996_17_n4_p385-387_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://apps.who.int/iris/bitstr
- Organización de Naciones Unidas. (2005). Decenio internacional para la acción del agua fuente de vida. Calidad de agua. Retrieved from <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Popel, F. (1928). Tecnología de aguas residuales y su conservación. *Wiesbaden*, 1(9780070416901), 54.
- Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado. (2014). Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades. Sistemas de Agua Potable. *Actualización de Los Criterios y Lineamientos Técnicos Para Factibilidades En La Z.M.G.*, 1(1256), 36. Retrieved from http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_2._sistemas_de_agua_potable-la._parte.pdf
- Sotomayor, A. (2016). Minería y Ambiente - Remediación de pasivos ambientales mineros como estrategia para el cuidado del ambiente. *Consortio de Universidades*, 81–90.
- Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento. (2010). *Análisis de Agua: Alcalinidad* (No. 1). Lima. Retrieved from <http://bvspers.paho.org/texcom/cd048437/sunassal.pdf>

Financiamiento

Universidad Nacional de San Martín “Concurso de proyectos de investigación para tesis a nivel de pregrado, financiado por la UNSM-T Periodo 2019”.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que el artículo no presenta conflicto de intereses.

Contribución de autores

Quispe-Burga Bany Luz: Tesista de pregrado, redactor del artículo. Conceptualizó el estudio y realizó el análisis y procesamiento de los datos.

Azabache-Liza, Yrwin Francisco: Asesoró el trabajo de investigación, participó en el proceso de recolección y procesamiento de los datos, y fue quien aprobó la versión final del manuscrito.