

MODELO HIDRÁULICO VIRREINAL UTILIZADO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LIMA PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA^[*]

VIRREINAL HYDRAULIC MODEL USED IN THE HISTORIC CENTER OF LIMA FOR WATER SUPPLY

DAVID GONZÁLEZ ESPINO^[**]

 <https://orcid.org/0000-0001-8564-702X>
gespinod@crece.uss.edu.pe
Universidad Señor de Sipán (Perú)

Fecha de recepción: 27 de diciembre de 2019

Fecha de aprobación: 16 de junio de 2020

RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo realizar una descripción del modelo hidráulico virreinal que se construyó en el Centro Histórico de Lima bajo un sistema prehispánico abastecido de agua por el río Rímac. A partir de su fundación, en Lima se aplican nuevas formas arquitectónicas con diversos materiales para desarrollar un modelo capaz de administrar correctamente el agua en la ciudad. Con el ordenamiento urbano se construyen acueductos, canales secundarios, cajas de agua, boquillas, tuberías, fuentes, alcantarillas y pozos que formarán parte del modelo hidráulico de la ciudad de Lima. A través de los resultados se deben considerar nuevas perspectivas para el desarrollo de las ciudades desde una visión cultural, hidráulica, arquitectónica y sostenible.

PALABRAS CLAVE

Modelo; hidráulica; Lima virreinal

ABSTRACT

The objective of the work is to make a description of the viceregal hydraulic model that was built in the Historic Center of Lima under a pre-Hispanic system supplied with water by the Rímac river. From the foundation, Lima develops new architectural forms with various materials to develop a model capable of correctly managing water in the city. With urban planning, aqueducts, secondary channels, water boxes, nozzles, pipes, fountains, sewers and wells are built that will form part of the hydraulic model of the city of Lima. Through the results, new perspectives for the development of cities must be considered from a cultural, hydraulic, architectural and sustainable perspective.

KEYWORDS

Model; hydraulic; viceregal Lima

(*) El presente artículo es producto de una de las líneas de investigación relacionadas a la arqueología, hidráulica y arquitectura, de auspicio propio y constituye un esfuerzo mas de los últimos 20 años en investigación que lleva acabo el autor del presente artículo, por contribuir en la evidencias arqueológicas de la hidráulica en época virreinal de Lima y Trujillo.

(**) Magister en Docencia universitaria por la Universidad Cesar Vallejo, Licenciado en Arqueología por la Universidad Nacional de Trujillo, miembro del Colegio Profesional de Arqueólogos del Perú. Desarrolla análisis de materiales culturales y análisis de estructuras arquitectónicas. Supervisor de proyectos de inversión pública en el área de arqueología.

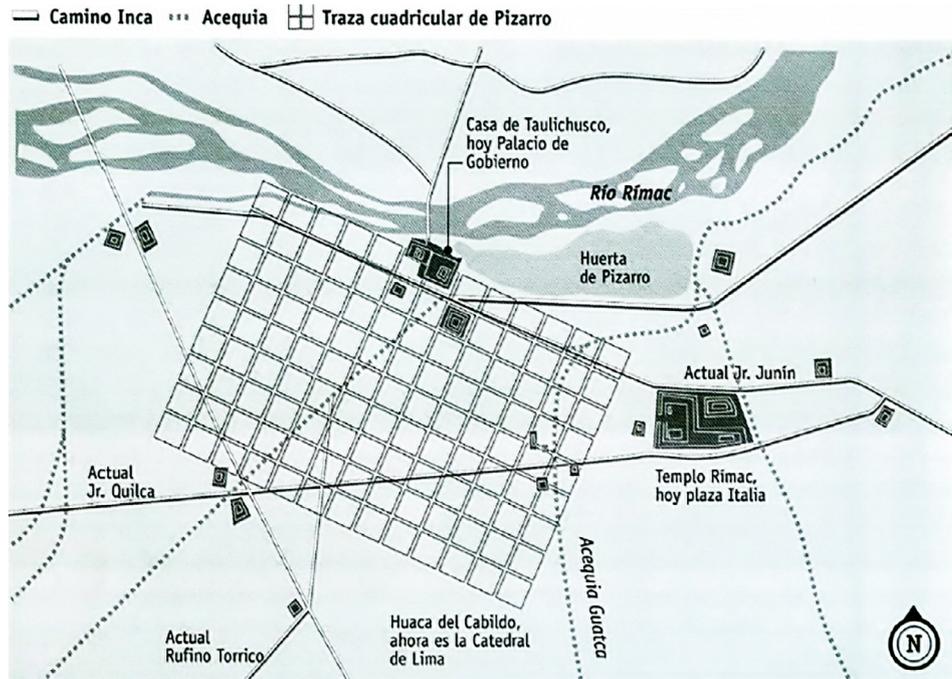


Figura 1. Trazo de la ciudad de Lima. Pravdich, 2014.

Introducción

En las ciudades de América del Sur, se aplicaron patrones arquitectónicos para su crecimiento y desarrollo, lo cual trajo consigo un nuevo concepto de vida y convivencia, nuevas formas de gestionar la ciudad, con interés en solucionar problemas como el abastecimiento de agua.

La fundación de la Ciudad de los Reyes en 1535, determinó un trazado arquitectónico ortogonal y la prestación de servicios básicos, como el agua, para el desarrollo urbano. Bajo la forma de damero se realiza el primer trazado de la ciudad en las dimensiones de 13 cuadros por 9 de altura para iniciar la proyección de las calles. En el proceso de desarrollo de la ciudad se determinó la orientación para canales de agua y la creación de un modelo hidráulico para mejorar la vida a los ciudadanos.

La ciudad fue pensada en base a formas establecidas en Europa, en diseños arquitectónicos de ciudades ortogonales bajo el modelo romano. Es así que esta forma de concebir a la urbe no solo trae el principio de ordenamiento para la convivencia, sino que además, presenta dentro del día a día, la necesidad de cubrir servicios como fue el abastecimiento de agua. El Huatica fue un canal que atravesó la ciudad de Lima proporcionando agua a las viviendas, huertos, molinos y hospitales.

En los libros del Cabildo de Lima (1562-1568) se describe la necesidad de ordenar la ciudad, buscar los recursos humanos necesarios para que se pueda construir fuentes de agua para los vecinos que no tienen acceso. Por tanto, el modelo urbano se identificaba con una ciudad donde se distribuía la propiedad con solares y huertos, y era vital contar con agua permanentemente. Es así que, al igual que Lima, Trujillo crece en base a este modelo, donde es relevante la presencia de vecinos que tienen las mismas aspiraciones que los limeños.

El plano para la nueva ciudad, que diestramente había dibujado Nicolás de Ribera el Viejo, o Diego de Agüero según otros, mostraba la disposición regular y cuadrículada de un damero, a manera de un tablero de ajedrez con 13 cuadrados de base por 9 de altura. Su trazado había sido ya trasladado al terreno entre el 14 y 17 de enero, “tirado a cordel” por el piloto Francisco Quinteros, llegado a Pachacamac con la expedición de Pedro de Alvarado. (Augustin, 2017, p. 27)

En cuanto a los diseños de las ciudades, debemos destacar que Lima fue estructurada bajo un damero de 13x9 y Trujillo por un damero de 8x4, y por ser ciudades desérticas dieron prioridad a la gestión del agua. La presencia de arquitectura y materiales usados son bien definidos, sin embargo, a la fecha solo en Lima hay evidencia de acueductos, mientras que en Trujillo no se puede identificar este tipo de estructura, pero sí una serie de canales y tuberías hechas de ladrillo en el Centro histórico de la ciudad iniciando su recorrido en el antiguo estanque de la Plazuela El Recreo.

Cada cuadra o manzana quedó a su vez dividida en cuatro partes o solares, cada uno con esquina y 63 metros por lado aproximadamente. Los solares debían ser asignados siempre a propietarios distintos, y en un principio el cabildo los entregó a cualquier español de origen noble o de méritos que manifestara querer ser vecino de la ciudad, con la sola obligación de cercarlo en un término no mayor a un año. (Augustin, 2017, p. 30)

Francisco Pizarro escogió para la fundación de Lima, una trama de calles perpendiculares entre sí, conformada por trece manzanas cuadradas de este a Oeste y nueve de Norte a Sur, las dividió en cuatro solares de 4.550 metros cuadrados cada uno, emulando con ella el trazado tradicional de las ciudades europeas. (Pravdich, 2014) (ver Figura 1)

Como se puede observar en la figura 1, se establece el trazo de la ciudad en damero, y se observa la acequia Huatica (Huacad) y otras acequias que tiene su recorrido por la ciudad, siendo abastecidas por el río Rímac, Con respecto a los valles, se puede afirmar que han sido modelados por la acción erosiva de los ríos Chillón, Lurín y Rímac, todos ellos con caudal anual variable. (Pérez, 2010, p. 250)

Al respecto, durante el periodo colonial, los jueces de aguas Juan de Canseco (1617) y Ambrosio Cerdán de Landa (1828 [1793]) reglamentaron el uso de las aguas de los canales de Ate, Surco, Huadca y La Legua que van desde Santa Clara (donde se origina el canal de Ate en el valle medio) hasta la parte baja del valle del Rímac. Según Canseco, el tiempo que tardaba en llegar las aguas desde la bocatoma del canal Surco hasta la altura de Chorrillos o el sitio arqueológico de Armatambo (25,2 km) era de 8 a 10 horas (Canseco 1988 [1617]: 146). (Chacaltana y Corgorno, 2018, p. 84)

Según Cerdán y Pontero (1793: 40), la toma o boca del canal de Huatica se encontraba “... desde antiguo tiempo en la punta del Cerro de Coscaya, ó á su costado con poca diversidad enfrente de otro, conocido por el malpaso...”, cerro que se conoce ahora como Santa Rosa. En esa zona, llamada La Sabana, había puquios y estaba en tierras de Cacaguasi (Cerdán y Pontero 1793: 17; Lee 1935 volumen 5: 25). En la colonia se construyó un pozo o manantial del cual se sacaba agua para Lima (Unanue 1815: 6-7; Lasarte 1919: 332) por un canal que iba por el actual jirón Áncash. (Narváez, 2014) (ver Figura 2)

Para las investigadoras Chacaltana y Corgorno (2018), existieron en la etapa hidráulica prehispánica cuatro canales de suma importancia para el abastecimiento de agua en Lima: Canal Ate, Canal Surco, Canal Huacad (Huatica) y Canal La Legua.

La fundación de la ciudad de Lima (18 de enero de 1535) trajo consigo, como es obvio, un gran impacto en el ordenamiento previo; en lo sucesivo, el abastecimiento ya no pudo efectuarse de forma directa en el mismo río, debido a que se presentaron enfermedades achacadas a la contaminación ambiental, como el catarro, el garrotillo y el

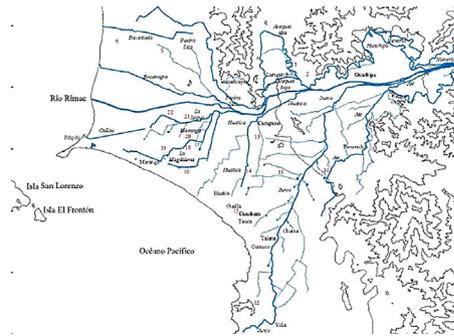


Figura 2. Sistema de irrigación del valle bajo del río Rímac. Narváez, 2014.

asma, por lo que tuvo que buscarse un manantial en las inmediaciones (Durán 1994, 96). Como es de notar, la alteración que acarrió el establecimiento de los españoles modificó grandemente la obtención del recurso hídrico. (Pérez, 2010, p.251)

La administración de agua de la ciudad en su etapa virreinal se basó fundamentalmente en la infraestructura prehispánica, adaptándose nueva arquitectura y materiales, así como el uso de la tecnología europea para desarrollar un nuevo espacio urbano.

El canal Huatica (Huacad) por su cercanía a la ciudad traía agua del río Rímac, y más adelante, durante la etapa virreinal, se decide extraer el agua de los manantiales ubicados en la Atarjea a través de un acueducto. El uso del canal, así como del acueducto permiten que el agua llegue de forma constante, con esta garantía los vecinos hicieron posible que el agua entrara a sus casas para el abastecimiento de pozos y regadío de las huertas, prueba de ello es el canal que pasa dentro de la casa Bodega y Quadra ubicada en el Centro de Lima (ver Figura 3).

La Hidráulica se define como el estudio de una rama de física que se complementa con los estudios de la ingeniería, sirve para estudiar a los fluidos en reposo y los fluidos en movimiento, estos flujos se denominan hidrostática e hidrodinámica. La ciudad virreinal de Lima esta ubicada en una franja desértica al igual que Trujillo, por tanto, existió la necesidad de complementar el sistema de canales con pozos como reservorios de agua.

La hidráulica virreinal fue desarrollada con arquitectura de pequeño y gran tamaño para darle curso al agua a los diversos puntos de la ciudad. Las tuberías eran de cerámica vidriada bajo tierra, mientras los canales (acequias) se encontraban a cielo abierto transportando agua por las calles.

Por definición, un canal abierto es un conducto para flujo el cual tiene una superficie libre, y una de las fronteras está expuesta a la atmosfera. La superficie libre es esencialmente una interface entre dos fluidos de diferente densidad. En el caso de la atmosfera, la densidad el aire es mucha más baja que la densidad de un líquido como el agua, además la presión es constante. En el caso de fluido en movimiento, este fenómeno es causado generalmente por efectos gravitacionales y la distribución de presiones dentro del fluido es generalmente hidrostática. (French, 1988, p. 2)

La arqueología es de vital importancia como ciencia para desarrollar investigaciones que lleven al análisis, así como la interpretación de los fenómenos culturales del pasado. El estudio hidráulico de la ciudad de Lima permite identificar a través de los componentes arquitectónicos evidencias arqueológicas del modelo hidráulico de la ciudad.

La Arqueología virreinal se define como una etapa de estudio sobre la especialización de los diversos fenómenos culturales y sociales que se desarrollaron entre 1535 y 1824, y que formaron parte de la historia peruana, además trae consigo este periodo novedades como la arquitectura, materiales culturales formas de vida entre otros. La ciencia arqueológica permite a través de los análisis de datos desde un enfoque cuantitativo, cualitativo y mixto establecer nuevos conocimientos que van más allá de la cultura, es necesario que la arqueología realice aportes que permitan solucionar problemas en la sociedad. Con el estudio arquitectónico de la hidráulica virreinal se puede plantear en un futuro volver a utilizar este conocimiento para la planificación urbana en el crecimiento de las ciudades, distritos o asentamientos humanos. "La arqueología es una ciencia que busca explicar los fenómenos sociales ocurridos en el pasado y como estos afectan al desarrollo de las sociedades a través del tiempo". (González y Espino, 2015, p. 50)

El propósito de la investigación arqueológica es analizar y encontrar soluciones a los hechos sociales, naturales entre otros. Para el caso de la arquitectura es identificar componentes que formaron parte de la hidráulica de la ciudad. La investigación



científica forma parte de un proceso de trabajo que empieza con la epistemología, la estrategia de investigación y los resultados que forman parte final de las soluciones a una problemática. (González, 2018, p. 118).

Tipos de canales

French (1988) determina los tipos de canales:

- Prismáticos: un canal prismático es el que tiene constantes tanto la forma transversal como la pendiente de fondo. Los canales que no entran en este criterio son los llamados no-prismáticos. (French, 1998, p. 9)

El canal Huatica cumplió la función de un canal prismático que tiene origen en el río Rímac de donde se abastece de agua, y lleva líquido por el centro histórico de la ciudad.

- Canal: el termino canal se refiere a un gran conducto abierto de pendiente suave. estos conductos abiertos pueden ser no revestidos o revestidos con concreto, cemento, pasto, madera, materiales bituminosos, o una membrana artificial. (French, 1998, p. 9)

Los canales secundarios en la ciudad de Lima, cumplieron la función de entrar en las casonas con agua, como refleja la evidencia de la Casa Bodega y Quadra, en el caso del Centro histórico.

- Medidor de régimen crítico: en la práctica, el término medidor de régimen crítico se refiere a un canal construido sobre la superficie del terreno para conducir un flujo a través

Figura 3. Canal secundario ubicado en casa Bodega y Quadra, en el centro de Lima. Archivo fotográfico del autor, 2016.

Tabla 1. Elementos geométricos de las secciones hidráulicas óptimas

| Sección transversal | Área A | Perímetro mojado P | Radio hidráulico R | Ancho superficial T | Tirantes hidráulicos D |
|----------------------------|-------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| Trapezial medio hexágono | $1.73 y^2$ | $3.46 y$ | $0.500 y$ | $2.31 y$ | $0.750 y$ |
| Rectángulo: medio cuadrado | $2y^2$ | $4 y$ | $0.500 y$ | $2y$ | y |
| Triángulo: medio cuadrado | Y^2 | $2.83 y$ | $0.354 y$ | $2y$ | $0.500 y$ |
| Semicírculo | $0.500xy^2$ | xy | $0.500 y$ | $2y$ | $0.250 xy$ |
| Parábola; $T=2\sqrt{2}y$ | $1.89y^2$ | $3.77y$ | $0.500 y$ | $2.83 y$ | $0.667 y$ |
| Catenaria hidráulica | $1.40y^2$ | $2.98y$ | $468 y$ | $1.92 y$ | $0.728 y$ |

French (1998)

Tabla 2. Taludes recomendables para canales de varios tipos de materiales

| Material | Talud |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Roca | Casi vertical |
| Suelo rocoso | $\frac{1}{4}:1$ |
| Arcilla dura o tierra con revestimiento de concreto | $\frac{1}{4}:1$ 1 to 1 |
| Tierra con revestimiento de piedra o tierra para grandes canales | 1:1 |
| Arcilla firme o tierra para pequeñas zanjas | 1 $\frac{1}{4}:1$ |
| Tierra arenosa suelta | 2:1 |
| Limos arenosos o arcilla porosa | 3:1 |

French (1998)

Tabla 3. Caudal promedio anual río Rímac en 1990

| Caudal promedio anual | Año hidrológico |
|------------------------|-----------------------|
| Menor $26m^{3/s}$ | Intermedio o seco |
| Mayor a $32m^{3/s}$ | Semihumedos o humedos |
| Promedio $29.3m^{3/s}$ | Promedio o medio |

León (1990)

de una depresión. Estos medidores usualmente se construye de madera, metal, manposteria o concreto. El término medidor de régimen crítico es también aplicado a canales construidos en el laboratorio para estudios básicos o de aplicación. (French, 1998, p. 9)

- Caída y disipadores: una caída es un canal en pendiente fuerte. Un canal disipador también tiene una pendiente fuerte pero mucho menor que una caída. (French, 1998, p. 9)
- Alcantarilla: una alcantarilla fluye solo parcialmente llena, y se trata de un canal abierto principalmente utilizado para drenar carreteras, caminos y calles. (French, 1998, p. 9)

Las alcantarillas permitían el desfogue de agua en algunas casonas del centro histórico, permitían de las aguas residuales tuvieran salida de la casa (ver Tablas 1, 2 y 3).

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi) ha considerado una clasificación para los años hidrológicos de la cuenca del Rímac de acuerdo a la magnitud del caudal que discurre por este. (León, 1990, p. 44) (Ver Figura 4)

Antecedentes

En cuanto a estudios representativos debemos indicar que Hayakawa et al., (2017) realizan la investigación sobre: *El acueducto de la Hacienda Villa, su permanencia en el espacio y tiempo*. El objetivo del trabajo fue revalorizar el acueducto de Villa, obra de ingeniería virreinal. El rastro más antiguo que se puede detectar de la Hacienda San Juan se remonta a ciertos títulos de propiedad solar que datan del tiempo de don Andrés Hurtado de Mendoza, su ubicación de entonces no era la más adecuada ya que se encontraba en un suelo con las siguientes características: tierra arenosa, aislada del circuito hídrico surcano y presumible bajo nivel productivo. (Flores-Zúñiga, 2008). San Juan se caracterizaba por ser una vivienda alta con su patio y traspatio que tiene dos corredores y se compone de ocho cuartos corrientes. (Hayakawa et al., 2011, p. 5)

La identificación de acueductos como parte del modelo hidráulico concuerda con los trabajos de Hayakawa (2017), asumiendo que este pasaba por la ciudad de Lima, si bien no hay restos arquitectónico arqueológico cercanos, recurriendo a la Hacienda Villa en Chorrillos donde se puede identificar un acueducto de 500m como evidencia material.

Wong y Vega (2014) realizan la investigación de Huatica, un canal urbano, cuyo objetivo es describir el trazo del canal en su recorrido por el Centro histórico de la ciudad de Lima: "Lima, ciudad fundada entre los valles del río Rímac y Lurín, se asentó en las antiguas tierras de los habitantes prehispánicos que posiblemente rendían culto a Pachacamac y a otras deidades gentilicias propias de la zona". Indican el curso del canal: "...el molino de Santa Clara, y continuaba rumbo a los talleres de la Casa de la moneda ubicada en el actual jirón Junín, avanzaba luego por el subsuelo del actual colegio Mercedes Cabello de Carbonera y llegaba hasta jirón Albaquitas, luego atravesaba el Portal actual del Barrio Chino, por la antigua calle Capón..." (Wong y Vega, 2014)

La presencia del canal Huatica dentro del centro histórico de Lima a través de diversos trabajos entre ellos los de Wong y Vega 2014 evidencia un registro concreto sobre un amplio recorrido del canal que abastecía de agua a la ciudad durante la etapa virreinal.

La investigación de Pérez (2010) *Canales, abastecimiento de agua y sistema de irrigación en Lima: El caso del canal Huatica* trata sobre las características de abastecimiento de agua potable que fueron utilizados en Lima colonial.

El caso del canal Huatica está registrado en la Santa Inquisición y en el Museo Numismático del Perú y en algunas calles del Centro histórico que abastece agua. Existe un plano sin medidas realizado por Ribeyro (1912) que identifica el trazo del canal por el centro de Lima que a criterio del ingeniero pasaba por el actual mercado central cerca de la avenida Abancay.

Problema de investigación

Las escasas investigaciones sobre los modelos hidráulicos en las ciudades peruanas virreinales, permiten investigar sistemas de abastecimiento de agua para solucionar problemas que también se relacionan con la salud, limpieza entre otros, el uso de la tecnología y materiales constructivos hispánicos son clave para la ciudad, y, por otro lado, queda pendiente conocer esta problemática en otras ciudades como Trujillo, Ayacucho o Cusco.



Figura 4. Acueducto hacienda Villa distrito de Chorrillos. Extraído de Google Earth, 2019.

En concreto existen pocos estudios acerca del abastecimiento del agua en las ciudades peruanas desde los inicios del virreinato, y ausencia de información sobre modelos arquitectónicos de hidráulica en las ciudades.

Si bien es cierto que en Lima hubo canales principales que utilizaban las aguas del río Rímac, como el Huatica (Huacad), Piedra Liza, Surco, Ate y La Legua, diversas investigaciones indican que estos canales en la época prehispánica llevaron agua a los terrenos de cultivo; sin embargo, en la ciudad se utilizó el canal Huatica complementado con arquitectura urbanística para transportar agua a las casonas.

El problema principal del trabajo está en recuperar la información de campo para describir un modelo hidráulico a través de la arquitectura, y por otra parte el uso de términos conceptuales extraídos de fuentes primarias permitirá identificar las evidencias arquitectónicas de la hidráulica en Lima. Referente a las fuentes primarias, diversos trabajos registran estructuras denominadas acueductos para el centro histórico, sin embargo, corresponden a canales, por tanto, esto amerita una revisión con rigor científico para determinar una correcta identificación de cada elemento arquitectónico que fue desarrollado durante el virreinato.

A través del estudio de la arqueología virreinal se pudo identificar arquitectura de campo que permite dar soporte a la investigación, a través del registro de estructuras hidráulicas virreinales dispersas en Lima, se puede determinar arquitectura para transporte del agua por la ciudad.

Con la arquitectura como evidencia arqueológica, se puede determinar que existió un modelo hidráulico en la etapa virreinal. Así también, con la evidencia documental se describen las construcciones arquitectónicas que formaron parte de la ciudad. Por tanto, la evidencia arqueológica material fue complementada con la evidencia documentada para tener un modelo hidráulico de la ciudad de Lima.

Por otro lado, el trazo urbano del virreinato está vinculado a la forma identificada como damero y la utilización del término solar refiere a un espacio de terreno dentro de la ciudad, el flujo de agua a través de los canales permite identificar al río Rímac como la principal fuente de agua, y en otros casos los pozos de agua dentro de las casonas.

A inicios de 1535, la ciudad de Lima contaba con canales principales, canales de regadío, canales de abastecimiento de agua y reservorios naturales que concentraban el traslado prioritario del agua para las áreas de cultivo y abastecimiento de agua para la población; Sin embargo, se volvió necesario que estos canales en un principio diseñados con materiales básicos como la piedra y barro, sean reemplazados por acueductos con un diseño arquitectónico diferenciado y materiales constructivos como el ladrillo permitiendo conservar su funcionamiento a lo largo del tiempo. Estableciéndose la construcción de acueductos coloniales y también la construcción de canales secundarios, tuberías de barro y arcilla cocida, para traer agua de los manantiales y abastecer las casas, plazas y puntos estratégicos de la ciudad. Así como alcantarillas que formaron parte del sistema de los drenajes de agua. Debemos precisar que los canales secundarios no solo cumplían su misión de proveer de agua, sino también fueron utilizados por los vecinos como canalizadores de aguas residuales y residuos sólidos a través de su cauce, provocando la contaminación del río Rímac. Los desbordes de agua dentro de la ciudad en la etapa virreinal causaron aniego y enfermedades. Los canales con el tiempo no solo cumplían su función inicial de abastecer de agua a las antiguas casonas, sino también como desfogues de aguas residuales y botadero de restos de alimentos.

A partir de 1535, el sistema hidráulico indígena cambió por los nuevos conceptos urbanos, las nuevas prácticas económicas y otras costumbres de la vida cotidiana. Los cambios en las acequias de la ciudad se dieron en tres sentidos: 1) el diseño de la red de origen prehispánica, en apariencia simple pero de contenido complejo, dio cabida

a un entretrejido más denso, entrecruzado, que seguía las cuadrículas de la traza; 2) al patrón de uso del agua prehispánico con fines agrícolas se incorporaron nuevos propósitos productivos que establecieron dos unidades diferenciadas: acequias y acueducto de cañerías de barro,... (Cogorno, 2015, p. 31).

Los pozos fueron construídos por algunos vecinos como reservorios en previsión de que el río Rímac transportara insuficiente agua en algunas épocas del año. Dentro de las formas de aprovisionamiento de agua a los pobladores de la ciudad, aparecen también los aguadores que son comerciantes que distribuían agua a domicilio en grandes tinajas (botijos) de barro.

Con frecuencia se indica que cuatro canales abastecieron de agua a las diversas áreas de cultivo que luego pasaron a ser zonas urbanas. En concreto, en la ciudad de Lima durante el virreinato el canal Huatica fue el encargado de llevar el agua a los vecinos. El uso de agua era diverso en las casonas, usándose para consumo humano, limpieza, regadío de huertos entre otros. Para lo cual se consumían grandes cantidades de agua, en algunos casos se utilizan pozos y tinajas grandes. Según el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (Sedapal), se calcula que para lavarse las manos se gasta 2.5lt de agua por día (ver Figura 5).

A través de lo antes expuesto se puede establecer la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál fue el modelo hidráulico virreinal que se utilizó en el Centro Histórico de Lima para el abastecimiento de agua?

Objetivo de investigación

El trabajo de investigación obedece a la etapa comprendida en el Virreinato del Perú entre 1535 y 1824. El desarrollo del análisis de trabajo prehispánico arroja importantes datos que permiten hacer una proyección del diseño hidráulico de la Ciudad de Lima, donde si bien se utilizan términos como acequia (canal) se establecen estructuras arquitectónicas que forman parte de un sistema de abastecimiento que persisten como evidencia en la actualidad.

En cuanto al trabajo de campo ha permitido extraer información a través de la evidencia de arquitectura hidráulica que forma parte del Virreinato, así como se pudo recolectar información de los textos de cabildos de Lima (1570-1600) que indican que tipo de arquitectura se ordenaba construir. Por tanto, el objetivo de la investigación es:

Describir el modelo hidráulico virreinal del Centro Histórico de Lima para el abastecimiento de agua a través de la identificación de los elementos arquitectónicos.

Método

Enfoque cualitativo

A través de la teoría fundamentada se puede ordenar una serie de conceptos y teorías a profundidad para un nuevo conocimiento denominado teorización, utilizando la arquitectura como evidencia arqueológica. En la variable modelo hidráulico se desarrolla la evidencia documentada, finalizando con la evidencia arqueológica de campo para reforzar nuestra propuesta de estudio.

Sandin (2003 citado por Valderrama, 2016) indica:

Una actividad sistemática orientada a la comprensión en profundidad de fenómenos educativos y sociales, a la transformación de prácticas y escenarios socioeducativos, a la toma de decisiones y también hacia el descubrimiento y desarrollo de un cuerpo organizado de conocimiento. (p. 245)



Figura 5. Perfil del canal Piedra Liza en el Rimac. Elaboración propia, 2019.

Diseño de investigación, teoría fundamentada

Una característica de la teoría fundamentada, que comparte con otras formas de investigación cualitativa, es que el desarrollo del proceso investigativo no es lineal. La dinámica de trabajo es tanto jerárquica como recursiva, porque los investigadores han de categorizar sistemáticamente los datos y limitar la teorización hasta que los patrones en los datos emerjan de la operación de categorización. Este método requiere la recolección de datos, la categorización abierta, la elaboración de memos o elaboraciones preliminares que interpretan los datos obtenidos, la determinación o identificación de una categoría núcleo, y haciendo un reciclaje de los primeros pasos en términos de la categoría núcleo, el ordenamiento de los memos y la escritura de la teoría emergente. (Sandoval, 1996, p. 84)

Hernández, Fernández y Baptista (2014) indican:

La teoría fundamentada es un diseño y un producto (O'Reilly, Paper y Marx, 2012; y Charmaz y Bryant, 2008). El investigador produce una explicación general o teoría respecto a un fenómeno, proceso, acción o interacciones que se aplican a un contexto concreto y desde la perspectiva de diversos participantes. (p. 472)

Resultados

Para desarrollar el trabajo de análisis y resultados se recurre a un procesamiento teórico, y se complementa con la evidencia arqueológica a través de la arquitectura permitiendo establecer rigurosidad científica sobre la problemática de estudio (ver Tablas 4, 5, 6 y 7).

Proceso de teorización y categorización

Modelo hidráulico virreinal

El modelo hidráulico virreinal de la ciudad de Lima se basó en una serie de estructuras arquitectónicas cuyo funcionamiento permitió a los vecinos tener acceso y control del agua tanto para el uso doméstico, así como para otras actividades destacando la limpieza, irrigación y aprovechamiento de la mecánica del fluido para los molinos. El formato del modelo consta de las estructuras funcionales denominadas: acueductos, canales secundarios, cajas de agua, boquillas, tuberías, fuentes, alcantarillas y pozos, las cuales formaban parte de la ciudad. Todas estas estructuras mencionadas tenían como material de construcción; arena, arcilla, cal, piedra y ladrillo. El desarrollo hidráulico estuvo a cargo de las autoridades del cabildo, mientras que la construcción

arquitectónica recae en las manos de alarifes, carpinteros y militares. Las etapas constructivas siguieron un orden en base a la forma trazada de la ciudad. En la perspectiva epistemológica el modelo puede considerarse como una especie de descripción o representación de la realidad; hechos, situaciones, fenómenos, procesos, estructuras y sistemas, entre otros. (Carvajal, 2002, p.9)

Cabe remarcar que durante la etapa de trabajos de construcción de los siglos XVI y XVII no existieron libros sobre ingeniería hidráulica (estudio de los fluidos) para diseñar el recorrido arquitectónico del agua en la ciudad, por lo cual este periodo es de trabajos prácticos ejecutados en base a los conocimientos romanos e hispanos en la construcción de modelos de abastecimiento de agua para las urbes.

Es importante resaltar que el control del agua jugó también un papel importante dentro de la ciudad: las autoridades debieron dar ordenanzas para la construcción de obras destinadas al abastecimiento de agua, evitando desbordes dentro de la ciudad, y a eliminar las malas prácticas de los vecinos con el uso del agua.

Laferreire (1935) traduce sobre las obras en Lima de 1570 indicando:

"... no hay cal que haga ladrillo y lleve arena a la obra de la fuente y por qué las han puesto en muchas partes arruinada y no se ha visto en la parte que se pone la arena y el ladrillo..."

Laferreire (1935) traduce sobre las obras en Lima de 1570 indicando:

... de las acequias que pasan por encima de la fuente y caños y de las chacras por donde pasa porque el agua con que se riegan y con ello pusiesen remedio, mandando hacer acequias que pasan por encima de la obra de cal y ladrillo y que entre tanto no rieguen menos pase al agua por las acequias y manden hacer cajas...

Laferreire (1935) traduce sobre las obras en Lima de 1570 indicando:

"...iba poca agua y que se mandase remediar con que se sacase una acequia desde la alcantarilla de la calle del hospital por que se padecía mucho trabajo para sacar agua..."

Acueductos

El eje principal del modelo hidráulico para la ciudad de Lima fue a través de un acueducto que existió y tenía un recorrido que provenía desde la caja de agua que se ubicada en el actual distrito de San Juan del Lurigancho.

Sedapal (1997, citado por Pérez, 2010) indica sobre acueductos en Lima:

El camino que seguían los puquíos comenzaba en la Caja Real, que era un edificio que encerraba entre paredes los manantiales, desde donde se iniciaba un acueducto o canal de ladrillo y cal abovedado. Este se transformaba en la ciudad en una matriz principal formada por tubos de barro cocido, que terminaba en la Plaza Mayor.

Fernández (2008) indica sobre acueducto:

La obra consta de dos pisos de arcadas, siendo 11 en el inferior y 25 en el superior, y se corona a una altura máxima de 26 m, con una longitud total de unos 200 m, en la que se cuentan las extremidades sobre muros. Los arcos son todos de la misma luz, 5,90 m, con irregularidades de ± 15 cm de luz, que deben corresponder a 20 pies romanos, alcanzando la distancia entre ejes de pilares 7,95 m, es decir, unos 26 pies.

Símbolo típico de una cultura urbana, enlaza el río, lo más salvaje y potente de la naturaleza, con la ciudad, donde el agua, dominada, permite a sus habitantes satisfacer

Tabla 4. Teoría hidráulica

| | Sustantiva | Formal |
|-----------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Categoría | Hidrostática. Hidrodinámica. | Estudio líquidos en reposo. Estudio de líquidos en movimiento. |
| Propiedades de la categoría | Reposo y movimiento de líquidos. | Estudios de la hidráulica fluvial. |
| Ortiz, 2011. | | |

Tabla 5. Teoría del modelo

| | Sustantiva | Formal |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Categoría | Idealización de un fenómeno. | Representación abstracta o concreta. |
| Propiedades de la categoría | La representación de una realidad. | Iconica, analógica, topológica, simbólica y matemático. |
| Carvajal, 2002. | | |

Tabla 6. Teoría de canales

| | Sustantiva | Formal |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Categoría | Conducto para flujo que tiene una superficie libre. | Estudio de la hidrostática y la hidrodinámica. |
| Propiedades de la categoría | Existencia de tipos de canales. | Canal: prismático, canal, medidor de régimen crítico, caída y disipadores y alcantarilla. |
| Carvajal, 2002. | | |

Tabla 7. Tabla de codificación y elementos

| Codificación | Elementos |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| a. Condiciones causales | Abastecimiento de agua |
| b. Fenómeno | Distribución de agua |
| c. Contexto | Diseño hidráulico prehispánico; Canales, acequias |
| d. Condiciones intervinientes | Acueductos, canales secundarios, cajas de agua, boquillas, tuberías, fuentes, alcantarillas |
| e. Consecuencias | Modelo hidráulico virreinal |
| Elaboración propia, 2019. | |

una gama importante de necesidades primarias: la bebida, el baño, el disfrute de las fuentes, da energía a la industria artesana, etc (ver Figura 6).

Canales secundarios

Los canales secundarios dentro de la ciudad de Lima cumplen funciones diversas, como: abastecimiento de agua a los vecinos, desfogue de las aguas utilizadas, irrigación de jardines, y energía para movimiento de los molinos, tienen origen en un acueducto o un canal a cielo abierto dependiendo de la terminología. Los documentos de

cabildos abiertos de Lima aparecen con el nombre de acequias, mientras que diversos investigadores los denominan canales.

Pérez (2010) indica sobre canales secundarios:

Canales secundarios o de derivación: Canales que reciben agua del canal madre y la conducen hacia los campos de cultivos (ver Figura 7).

Cajas de agua

Las cajas de agua en la ciudad de Lima, a través de la descripción histórica se desarrollaron para gestionar el agua en cuanto a su velocidad y almacenamiento, son puntos estratégicos que reparten agua en la ciudad, por lo cual el formato desarrollado permitió determinar el concepto de caja de agua. Estas cajas equivalen a los reservorios en el aspecto de función, pero en menor escala de lo que hoy podemos observar. Por lo general estas cajas de aguas fueron construidas en puntos estratégicos así como en las iglesias y conventos de la ciudad.

Chacaltana y Cogorno (2018) indican sobre reservorios:

Es una infraestructura hidráulica compleja que funciona no solo para almacenar agua, sino que también puede cumplir diversas funciones (Treacy 1989), como la de concentrar o acumular agua para que luego adquiera mayor fuerza al ser distribuida.

Boquillas

Las boquillas para la ciudad de Lima se diseñaron para disminuir las malas prácticas de los vecinos arrojando residuos en calles y canales. La estructura de una red para detener los residuos sólidos arrojados a los diversos canales que recorren la ciudad.

Ribeyro (1912) indica:

La primera toma o boquillas se encuentra a un cuarto de legua y es la de Vicentelo. Dotación cuatro riegos al día.

Tuberías

Las tuberías para la ciudad de Lima, hechas de cerámica vidriada, eran conductos tubulares que permitían distribuir con mayor eficiencia el agua a los vecinos de la ciudad. Se desarrollaron como parte del modelo hidráulico de Lima y los materiales para su confección eran arcilla y barro cocido.

Olivos (2014) refiere sobre tuberías indicando:

Ya en el año 1500 a. C. se construyó un acueducto en la ciudad cretense de Cnosos que utilizaba conductos tubulares para el transporte del agua. Sin embargo, del siguiente acueducto que se tiene constancia, data del año 700 a. C. en Jerusalén. En esa misma época, 600 a. C., los antiguos griegos construyeron acueductos en Atenas, Samos y Siracusa (todavía en uso). En el año 144 a. C. los romanos construyeron Acqua Marcia, el primer acueducto de mayor longitud, unos 90 km y que abastecía a la ciudad de Roma. En esa época se construyeron principalmente de piedra y cemento natural, eran sencillos pero funcionales.

Olivos (2014), acerca de las tuberías, refiere:

Por otra parte, el hierro se conocía desde las épocas prehistóricas, aunque la fecha más temprana de su empleo a gran escala se remonta a 1313 (manufactura de cañones de hierro fundido en Gante, Bélgica). La primera aplicación del hierro en relación con la distribución de agua se realizó el año 1455, en el que se instaló una tubería de fundición en el castillo Dillenberg, Alemania (Tyco, 2000)



Figura 6. Acueducto de la Hacienda Villa Chorrillos calle Antarquí. Archivo fotográfico del autor, 2019..

Figura 7. Canal de Piedra Liza en el Rímac. Archivo fotográfico del autor, 2019..

Fuentes

Las fuentes de agua eran puntos de abastecimiento de agua en el centro de Lima, fueron construidas aproximadamente a partir de 1570, aseveración hecha a partir de los datos extraídos del cabildo de Lima, donde se describe la necesidad de su apertura y construcción como lugares para abastecer de agua a los vecinos. Estos puntos de agua permitían ahorrar tiempo y esfuerzo en el transporte del agua hasta sus viviendas.

Abujeta (2011) indica sobre fuentes de agua:

Las fuentes se convertían en un elemento aglutinante, a su alrededor hombres y mujeres acudían hasta ellas para recoger agua en sus cántaros y tinajas o para llevar a su ganado como abrevadero. Es indiscutible que el agua es un bien esencial, necesario para vivir, pero somos conscientes de que su repercusión socioeconómica y ambiental sobresale en estos pueblos.

Alcantarillas

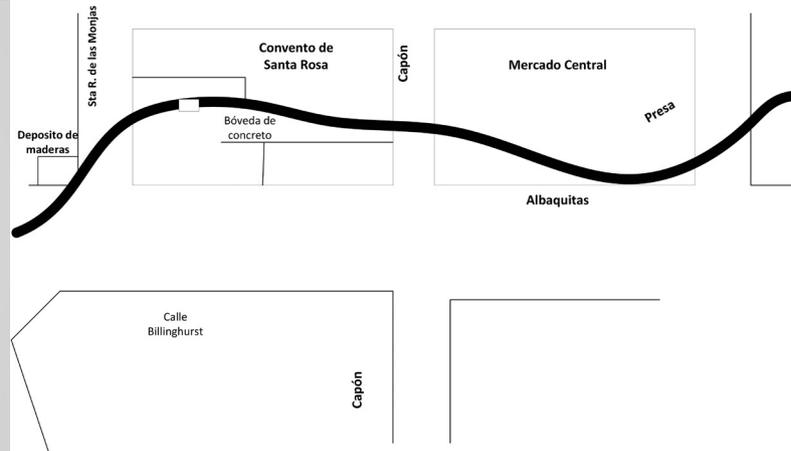
Las alcantarillas son canales construidos en el Centro de Lima con la finalidad de eliminar aguas residuales, actualmente miden aproximadamente unos 0.80cm de ancho con largo y profundidad que va depender de la magnitud de la obra, la funcionalidad de estas estructuras es la de transportar las aguas residuales a colectores. En la etapa virreinal su función estaba en encausar el agua utilizada de las casas a la calle.

Pozos de agua

La presencia de pozos de agua en las antiguas casonas de Lima obedece a dos conceptos: la primera como una estructura para almacenar agua, y la segunda como una estructura para captar agua de la napa freática.

En caso de la ciudad de Lima no se pudo determinar la profundidad aproximada de los pozos, en cambio para la ciudad de Trujillo existen pozos dentro de las casonas del centro histórico que están entre los 10.00mts y los 15.00mts de profundidad (ver Figura 8).

El ordenamiento de la información permite tener un modelo hidráulico que se refleja en la figura 8. Como base se encuentra el acueducto que transporta el agua al cen-



tro de la ciudad, luego se teje una serie de canales que se distribuyen por las calles de Lima. Se construye tuberías de cerámica bajo tierra, boquillas para evitar atoros, fuentes de agua (piletas) que emanan a la superficie en caños, alcantarillas para el desfogue de aguas residuales y pozos para conservar el agua. Algunas de estas evidencias se pueden observar en la calle Áncash del Centro histórico donde se ubica el museo Bodega y Quadra, existe evidencia arqueológica como canales secundarios y pozo de agua. En la calle Santa Rosa del Rímac, muy cerca del centro, se encuentra el canal piedra liza, y un poco más alejado en el distrito de Chorrillos, en la calle antarqui, encontramos un acueducto virreinal. A esto datos se suma el plano de Ribeyro de 1912 donde exhibe un trazo del canal Huatica por parte del Centro de Lima (ver Figura 9).

Figura 8. Modelo hidráulico de agua para el Centro de Lima. Elaboración propia, 2019.

Figura 9. Plano de recorrido del canal Huatica en Barrios Altos. Ribeyro, 1912.

Conclusiones

El modelo hidráulico virreinal de Lima tuvo su cimiento en una etapa previa de carácter prehispánica a través de la presencia de canales principales, canales secundarios y reservorios que hicieron que la distribución de agua sea principalmente para regadío. A partir del virreinato existe un modelo urbano para la ciudad y sus autoridades concentran esfuerzos prioritarios en el abastecimiento de agua. Para controlar el movimiento de las aguas fue necesario desarrollar una arquitectura hidráulica que se va asentando en la urbe a través de un modelo que se compone de: acueductos, canales secundarios, cajas de agua, boquillas, tuberías de cerámica, fuentes, alcantarillas y pozos. Las autoridades priorizaron sus esfuerzos en gestionar agua a favor de los vecinos sobre otras actividades.

Este modelo permitió el funcionamiento de la ciudad asegurando el aprovisionamiento del agua para los vecinos. Así también garantizo en cierta medida la salubridad pública ya que era necesario que se limpiaran las calles y abasteciera de agua a los hospitales. Por otro lado, también fue necesario dotar de agua a los molinos que utilizaron la fuerza hidráulica para moler y procesar los granos que servían como insumo de abastecimiento del pan en la ciudad.

La administración del agua fue de suma importancia para una ciudad que creció rápidamente hacia principios de siglo XVIII. Por cuanto transporte de líquido se volvió primordial, se establecieron ordenanzas para evitar las malas prácticas de los vecinos que con frecuencia estaban asociadas a la contaminación de los canales (acequias), así también se pretendía evitar la proliferación de enfermedades en la ciudad, quedando pendiente los desfogues (colectores) de las aguas utilizadas, hecho que se consumaría en la etapa republicana del Perú.

A través de la evidencia arqueológica, a través del registro documentado de la arquitectura virreinal, se pudo identificar un modelo hidráulico que cumplía las funciones hidrostáticas e hidrodinámicas en la ciudad. En cuanto a la hidrostática encontramos a los pozos de agua que se construyen dentro de las casonas para asegurar la reserva de líquido, y a nivel hidrodinámico identificamos diversas arquitecturas que permiten el flujo del agua en la ciudad como acueductos, canales, tuberías y alcantarillas.

La arqueología ha permitido conocer un modelo hidráulico que sirvió para solucionar el problema del abastecimiento de agua en la etapa virreinal del Perú, estos conocimientos deben ser aprovechados por las autoridades para proyectar ciudades bajo los conceptos de cultura, hidráulica, arquitectura y sostenibilidad.

Referencias

- Abujeta, A. (2011). La arquitectura del agua, estudio de fuentes y abrevaderos de los pueblos de colonización del Alagón (Cáceres). *Revista de Arte*, (31) 181-191.
- Ángeles, R. (2008). *Arqueología de Lima: El Cercado*. Lima, Perú: INC.
- Augustin, R. (2017). *El Damero de Pizarro: el trazo y la forja de Lima*. Lima, Perú: MML.
- Carvajal, A. (2002). *Teorías y modelos: formas de representación de la realidad*. *Comunicación*, 12 (1) 1-14.
- Chacaltana, S. y Cogorno, G. (2018). *Arqueología hidráulica prehispánica del valle bajo del Rímac (Lima-Perú)*. Lima, Perú: Instituto Riva-Agüero, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cogorno, G. (2005). *Agua e hidráulica urbana en Lima, espacio de gobierno 1535-1596*. Lima, Perú: Instituto Riva-Agüero, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Fernández, C. (2008). *Acueductos romanos en España*. Madrid: Csic.
- French, R. (1988). *Hidráulica de canales abiertos*. México: McGrawHill.
- González, D. (2018). *Modelo de investigación científica en arqueología: diseño teórico y diseño metodológico para proyectos en el Perú 2018*. Ponencias desarrolladas del I Coloquio de Arqueología del Museo Julio C. Tello de Paracas, 116-130.
- Gonzalez, D. y Espino, P. (2015). *Turismo, liderazgo y motivación*. Lima, Perú: Universidad Autónoma del Perú.
- Hayakawa, J., Anchante, A., Del Castillo, M., Domínguez, S., Gonzáles, R., Grately, I., Vega, S., Muro, F., Paz, P. y Tintaya, A. (2017). *El acueducto de la Hacienda Villa, su permanencia en el espacio y tiempo*. III Encuentro Nacional de Investigación en Arquitectura y Urbanismo-Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Hernández, R. Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed) México: McGrawHill.
- Lafferiére, E. (1935). *Libros de Cabildo de Lima, Libro séptimo 1570-1574*. Lima, Perú: Torres Aguirre.
- León, E. (1990). *Defensas ribereñas del río Rímac, sector puente Ricardo Palma Chosica y los Ángeles Chaclacayo*. (Tesis Ingeniero civil). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Narváez, J. (2014). Sistema de irrigación y señoríos indígenas en el valle bajo del río Rímac durante el siglo XVI. *Boletín del Instituto Riva-Agüero* (37), 33-74.
- Olivares, O. (2014). *Modelo técnico económico para la toma de decisiones de renovación de redes secundarias de agua potable en la Zona Norte de Lima*. (Tesis de ingeniero). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ortegal, A., Mendoza, J. y Romero, E. (2016). *Rímac: Historia del Río Hablador*, Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú: ANA.