

# MÉTODO DE ESTIMACIÓN EN EL CONSUMO DE AGUA EN VIVIENDAS MULTIFAMILIARES USANDO REDES NEURONALES EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO

METHOD FOR ESTIMATION OF WATER CONSUMPTION IN MULTI-FAMILY DWELLINGS USING NEURAL NETWORKS IN THE DISTRICT OF SAN ISIDRO

Roberto Burga<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina, 20080005@lamolina.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0003-1565-4843>.

## REGISTROS

Recibido el 14/01/2023

Aceptado el 31/01/2023

Publicado el 31/01/2023



## PALABRAS CLAVE

Consumo de agua, redes neuronales, viviendas multifamiliares, tipos de técnicas.

## KEYWORDS

Water consumption, neural networks, multi-family dwellings, types of techniques.

## RESUMEN

La investigación tiene por objetivo “determinar el método de estimación el consumo de agua en viviendas multifamiliares usando redes neuronales en el distrito de San Isidro”. Tiene como metodología de investigación aplicativa, usando el método científico deductivo para la aplicación de técnicas estadísticas, como es el caso de las pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov), t de student (no paramétricas) y las redes neuronales (perceptrón múltiple, no paramétrica). Se tomaron como muestra 80 unidades. Entre las conclusiones se considera a un 95% de confianza existe relación entre el método de estimación y el ajuste en el consumo real, lo que hace que el método de Hunter modificado es la mejor opción para esta estimación, al igual que en las redes neuronales, el uso de las llaves externas (aguas para los jardines y piscina) y lavatorio (lavandería) son factores de mayor consumo, coincide con el criterio de consumo que tiene Sedapal respecto a las viviendas del San Isidro. Se recomienda que se debe usar el método Hunter modificado, así como también el desarrollo de actividades previas, como es el caso de una segmentación en las unidades inmobiliarias.

## ABSTRACT

The objective of the research is "to determine the method of estimating water consumption in multi-family homes using neural networks in the San Isidro district." Its applicative research methodology, using the deductive scientific method for the application of statistical techniques, as is the case of normality tests (Kolmogorov-Smirnov), student's t (non-parametric) and neural networks (multiple perceptron, no parametric). 80 units were sampled. Among the conclusions, 95% confidence is considered, there is a relationship between the estimation method and the adjustment in real consumption, which makes the modified Hunter method the best option for this estimation, as in neural networks, the use of external faucets (water for the gardens and swimming pool) and lavatory (laundry) are factors of higher consumption, it coincides with the consumption criteria that Sedapal has with respect to the San Isidro homes. It is recommended that the modified Hunter method should be used, as well as the development of previous activities, such as a segmentation in real estate units.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la ONU (2018), mediante el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) número 6 “agua limpia y saneamiento”, menciona que una de cada tres personas no tiene acceso a agua potable salubre y más del 40% de la población mundial se ve afectada por la escasez del mismo. Esta problemática se encuentra afectada debido a la falta de estimación correcta del consumo de agua, ya que existen más de 1700

millones de personas que viven cerca de una cuenca fluvial creando un sobreconsumo (ONU, 2018).

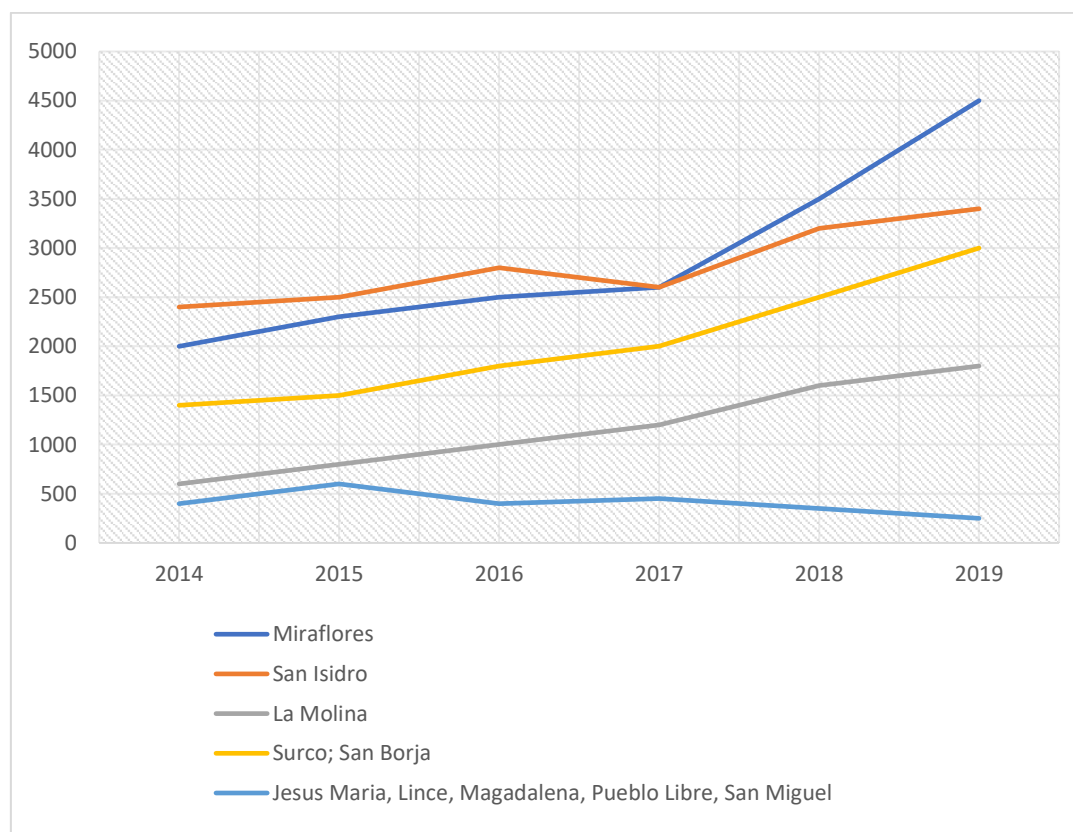
Según Zamora (2013) menciona que las diferentes metodologías de diseño de caudal máximo probable en edificaciones son desarrolladas de forma empírica, semi empírica y probabilísticamente, teniendo en consecuencia una sobre estimación, la cual puede tener un encarecimiento en los diseños. Por ello, es importante que se encuentren comparaciones entre los diferentes métodos para encontrar resultados que permitan comprobar la variación horaria y caudales máximos probables.

A nivel regional, según CEPAL (2019), en 2015, el 83.1% de la población de América Latina y el Caribe tienen cobertura de agua, presentando déficit en grupos de bajos ingresos, siendo la cobertura inferior en zonas rurales que en urbanas. Este comportamiento, afecta la estimación en el consumo en áreas de altos niveles socioeconómicos, los cuales debería mejorar esta estimación debido a la mala distribución del recurso hídrico.

A nivel nacional, Marrufo (2018) analiza los diferentes lineamientos para definir las bases de diseño de agua potable en ese sentido, el trabajo utilizado en el análisis hidráulico en la red de distribución, la cual concluye que el caudal máximo probable se encuentre entre 0.10 y 0.48 l/s. En este escenario, demuestra que pueden existir diferentes métodos que ayuden a determinar dicho caudal y solucionar un problema en el corto plazo debido a la estimación real del mismo.

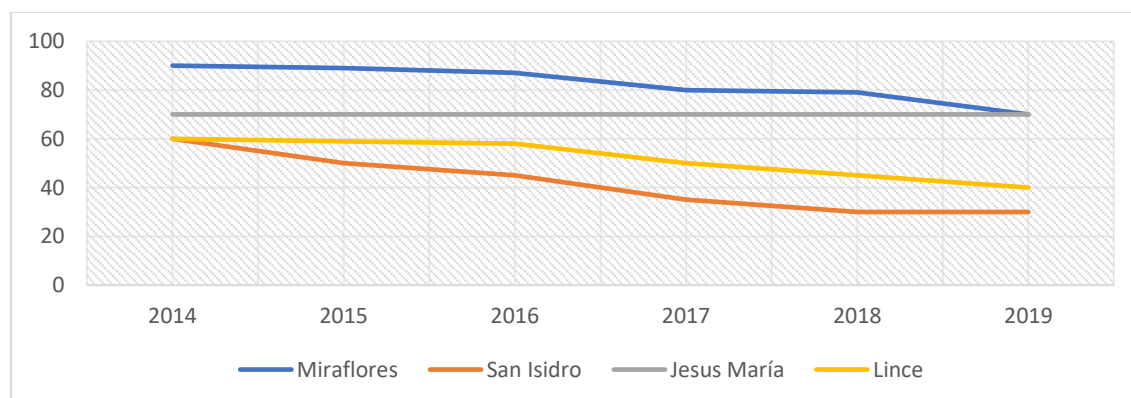
Para el caso de Condori; Asqui (2018) donde evalúa la dotación de agua para un proyecto, sin embargo, esta dotación de agua real para uso doméstico permitió determinar el consumo per cápita de 25.06 lts/hab/día y una dotación real para uso doméstico de 35.80 lts/hab/día, teniendo un valor de coeficiente de variación diaria de 1.54, la cual difiere de los valores referenciados del Ministerio de Economía y Finanzas. Este tipo de problemas puede repetirse en otros distritos, situación en que el método puede mejorarse en función al actual.

A nivel local, según SEDAPAL (2014) menciona que existe una demanda de un total de 49 distritos, dentro de ellos, en 43 distritos de la provincia, se ha proyectado el crecimiento de la población, tomando en cuenta que los diferentes sistemas de abastecimientos de agua potable se encuentran con un tasa intercensal de 2.1%, la cual según la SUNASS toma un crecimiento de 2.0% entre el 2007 al 2010, pero los crecimientos para el 2010 al 2015 fue de 1.35%, pero en el 2015-2020 creció 1.35% anualmente, situación en que el crecimiento distrital en las estimaciones pueden variar en función a la densidad de estos (viviendas multifamiliares) (Ver figura 1).

**Figura 1***Crecimiento de venta de viviendas*

Nota: Fuente. Estudio de mercado en edificaciones urbanas de Lima. CAPECO 2019

De la misma forma, cuando se analiza el crecimiento intercensal de los distritos, se observa que estos van reduciéndose significativamente en distritos, debido a que la población va migrando hacia otros distritos (Ver figura 2).

**Figura 2***Proyección de la Población*

Nota: Fuente. INEI. Boletín 18. Perú estimaciones y proyección de poblaciones.

Debido a este tipo de tendencias interdistritales, las proyecciones de las poblaciones en el INEI, han experimentado cambios significativos, las cuales representan el uso de conexiones unifamiliares a multifamiliares, una problemática la determina la tasa de crecimiento en la cantidad de conexiones, por ejemplo, en el distrito de Miraflores, la tasa de conexiones de una UU fue de -2.46%, pero las conexiones mayores a 6 UU, fue de 10,4%. Esto justifica el estudio en distritos donde la tasa de crecimiento en conexiones mayores a 6 es importante por el crecimiento sostenido. Por este motivo, los cálculos pueden tener diferentes estimaciones, las cuales pueden ser medidos con diferentes métodos. Sedapal (2014) menciona que este cálculo puede ser determinado por información en base a consumos base, cantidad de habitantes por distrito, por el ingreso per cápita y por la continuidad en el servicio en el distrito. Por ello, el criterio donde se realiza la proyección se puede segmentar por comercial (185.45), Industrial (936.29) y luego distribuidos entre consumos domésticos y no domésticos. A causa del Covid-19, la población se ha visto afectada debido a la falta del recurso hídrico y de un planeamiento efectivo de este, teniendo en muchos casos que verse impactada por la precaria planificación de consumo de agua. En el caso específico del distrito de San Isidro, según SUNASS (2018) el consumo de agua por distritos se encuentra de la siguiente forma: San Isidro registra el consumo promedio de agua de 254 litros / habitantes / día al mes, situación que en la Molina se encuentra en menor cantidad (226 litros / habitantes / día) y en Miraflores (215 litros / habitantes / día). Si bien, esta diferenciación de consumo se debe a los hábitos como es el caso de piscinas, cantidad de áreas verdes, entre otras, pero a diferencia de otros lugares como San Juan de Lurigancho fue de 133 litros / habitantes / día. Se demuestra que los distritos que poseen mayor nivel socioeconómico tienen relación con el mayor consumo de agua potable. Según Castro & Garzón (2006) menciona que existe una serie de cálculos para la estimación en el consumo de agua, llamados métodos racional probabilístico, Hunter y Hunter modificado, sin embargo, los diferentes tipos mejoras pueden ayudar estimar mejor y racionar mejor el impacto en el desarrollo de los proyectos inmobiliarios, en el caso específico de Sedapal, este utiliza el método Hunter.

Un tema adicional, es que el mejoramiento en la estimación se realiza a través de cálculos estadísticos, los cuales pueden ayudar a reducir los niveles de errores que se expresan a través de la desviación estándar. Para estos casos, existe una técnica estadística, llamada redes neuronales, las cuales permite estimar en función a niveles de errores.

### **Problema general**

- ¿De qué forma es la estimación en el consumo de agua para viviendas multifamiliares usando redes neuronales en el distrito de San Isidro?
- Problemas específicos
- ¿Cómo el método racional será calculado para estimar el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro?
- ¿De qué forma el método probabilístico Hunter (Sedapal) para la estimación en el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro?

- ¿Como será determinado el método probabilístico Hunter modificado para la estimación en el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro?

## Objetivos

### Objetivo general.

- Comparar los diferentes métodos de estimación en el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro.

### Objetivos específicos.

- Aplicar el método racional para la estimación en el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro.
- Estimar el método probabilístico Hunter (Sedapal) para la estimación en el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro.
- Calcular el método probabilístico Hunter modificado para la estimación en el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro.

### Hipótesis General

- Hp. El método de cálculo mejoraría la estimación en el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro.

### Hipótesis específicas

- H1. El método racional mejoraría la estimación en el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro.
- H2. El método probabilístico Hunter (Sedapal) mejoraría la estimación en el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro.
- H3. El método probabilístico Hunter modificado mejoraría la estimación en el consumo de agua usando redes neuronales en el distrito de San Isidro.

## Justificación

Justificación teórica: Según Zamora (2013) menciona que el método de estimación para el consumo de agua posee diferentes tipos de formas y cálculos, la cual puede ser mejorada para determinar una mejor planificación en el saneamiento urbano, de esta manera se determina mejor el argumento de trabajo en los métodos de cálculo (3 tipos: Método racional, método probabilístico Hunter (Sedapal) y el método probabilístico Hunter modificado), de esta manera se identifica la variabilidad y compara las mejoras entre cada tipo de estimación.

Justificación práctica: Se busca encontrar cuál es la mejor metodología para estimar el consumo de agua en viviendas multifamiliares, mejorando el cálculo utilizando la técnica con las redes neuronales. A través de ello, los ingenieros civiles podrán tener una herramienta para emplearla al momento de hacer sus memorias descriptivas en proyectos para edificios o condominios. Según (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006) en su Decreto Supremo 011-2006, menciona que el diseño de obras debe garantizar el caudal máximo diario, lo cual debe estar protegido de fuentes de contaminación.

Si bien, la norma establece que los criterios básicos para el desarrollo de proyectos, según los sistemas de drenaje en centros urbanos, se consideran el método de hidrograma unitario o modelos de simulación, por este motivo Sedapal considera que el método racional lo utilizan para cuencas menores a 13 km<sup>2</sup>. En la práctica, mejorar esta estimación a través de las redes neuronales, puede mejorar los niveles de precisión respecto a estos cálculos.

Justificación social: Los beneficiarios serán las empresas que desarrollen proyectos inmobiliarios, ya que buscan encontrar el equilibrio entre la sostenibilidad y la sustentabilidad. Adicionalmente, también los ingenieros civiles, podrán acceder a esta información para sus cálculos correspondientes. Asimismo, los beneficiados serán los residentes del distrito de San Isidro, debido a que podrán tener una alternativa en la estimación probable de consumo de agua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales a utilizar son los diferentes resultados de caudales registrados por Sedapal. Del mismo modo, se trabajará con el programa WaterCAD, para establecer los cálculos en las estimaciones en el consumo de agua.

Debido a la naturaleza de la investigación, se ha planteado que sea cuantitativa, porque requiere de cálculos y comparar estimaciones, las cuales permiten mejorar los niveles de métodos usando diferentes tipos de cálculos. Basándose en el análisis de investigaciones donde se compara resultados ayuda a crear secuencia lógica, permite entender el comportamiento de la variable “Estimación en el consumo de agua” (Hernández, Fernandez, & Baptista, 2014). Por estos motivos, la investigación, será no experimental, transversal ya que no se modifican las variables y se considera en un solo momento el consumo real de agua probable por vivienda multifamiliar.

### Población y muestra

La población se encuentra compuesta por todas las viviendas multifamiliares que se encuentran en el distrito de San Isidro, la cual la unidad muestral estará conformada por la encuesta nacional de hogares (ENAHOG-INEI, 2020). Según la municipalidad de San Isidro (2020), existen 2423 viviendas multifamiliares distribuidos en los cinco sectores.

**Tabla 1**

#### *Población de viviendas multifamiliares*

Niveles de Residencia	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Total
Residencial densidad media	402	376	28	450	657	1913
Residencial densidad Alta	104	1	115	48	0	268
Residencial densidad muy alta	148	50	44	0	0	242
<b>Total</b>	<b>654</b>	<b>427</b>	<b>187</b>	<b>498</b>	<b>657</b>	<b>2423</b>

Fuente. Tomado de la Municipalidad de San Isidro

### **Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

La técnica para utilizar será una base de datos, la cual fue elaborada por el INEI (2020) usando el módulo de la encuesta nacional de hogares (ENAHOG, 2020).

El programa que se usará para los diferentes tipos de cálculos del caudal mínimo por unidad inmobiliaria será el WaterCad, además de los recibos digitales de Sedapal (históricos). Si bien, el WaterCad puede modelar distribuciones de agua, también fluidos en aguas abiertas o cerradas, como combinadas. Pero en este caso la investigación se centra en la distribución de agua. Cuando se habla de modelar se habla de modelar los sistemas de distribución, donde se calcula los diámetros, presiones que va a tener la red.

WaterCad puede modelar redes abiertas y cerradas, donde se modela en función a tres ecuaciones:

- Ecuación de Darcy-Weisbach
- Ecuación de Manning
- Ecuación de Hazen – Williams

Si bien, este último se utiliza para determinar las distribuciones de carga, existe una serie de fórmulas en las cuales se determina en: Velocidad, diámetro, fricción, gravedad, longitud de la tubería, pérdida de carga, caudal, entre otros.

Con respecto al análisis de datos, se ha desarrollado en base a la prueba de hipótesis t de student se aplicó el Minitab para el análisis de comparación entre el consumo real y los diferentes métodos.

De la misma forma, se implementó la técnica de redes neuronales (para data cuantitativa usando Perceptrón multicapa) usando el SPSS versión 25, para determinar los factores que determinan el consumo y también el pronóstico de este.

### **RESULTADOS**

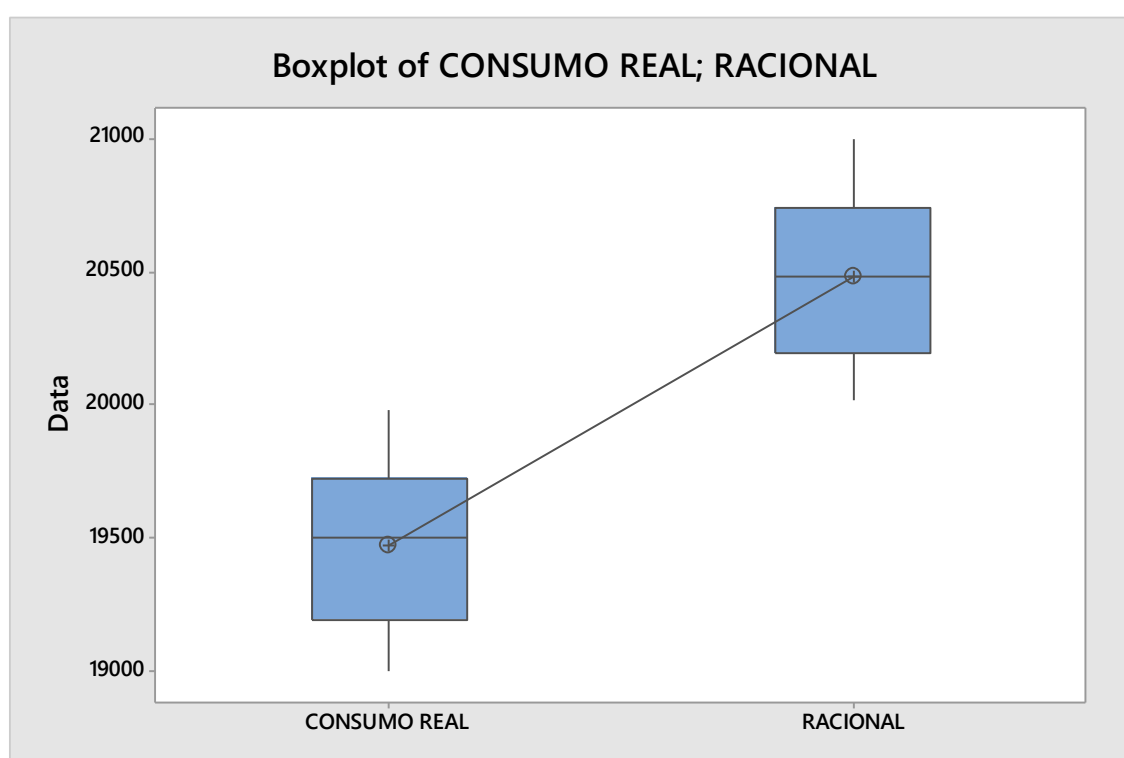
Según la Municipalidad de San Isidro, en el mapa que se encuentra registrado un grupo de edificios multifamiliares, se ha analizado el comportamiento de estos. En esta cantidad de viviendas multifamiliares, se encuentran representadas por 242 edificios que poseen características similares, de la siguiente forma:

**Tabla 2***Características similares entre los edificios*

Características	Cantidades
Cantidad de pisos	10
Cantidad de baños	3 en promedio por departamento
Cantidad de departamentos	10
Cantidad de metros cuadrados	250 M2
Cantidad de dormitorios	3 a 4

Fuente: Municipalidad de San Isidro

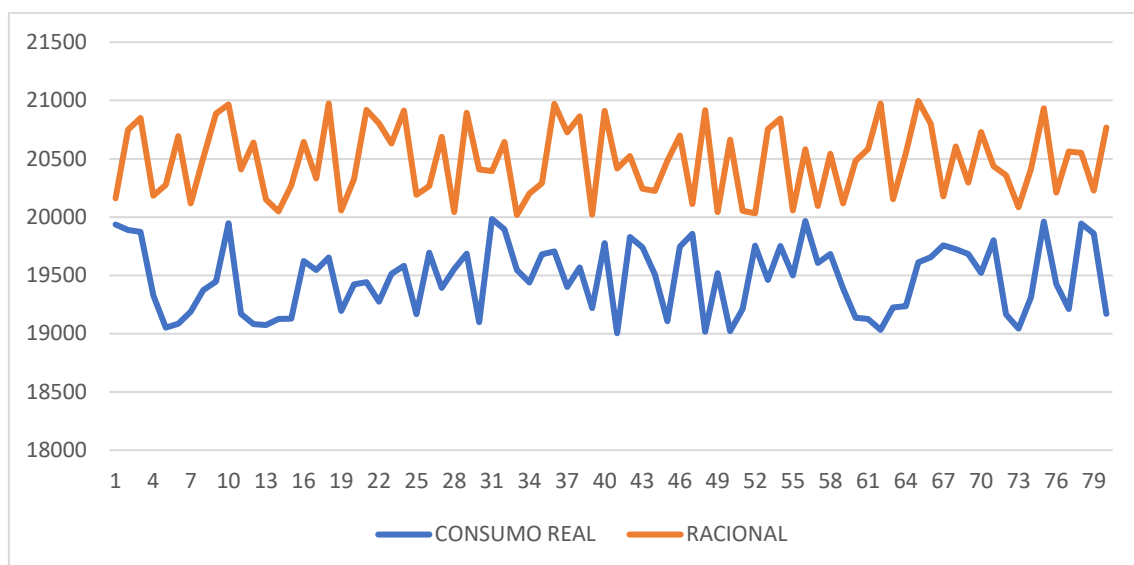
Existe información estadística al 95%, para afirmar que el promedio del consumo usando el método racional no es similar al promedio en la estimación del consumo de agua real. Por lo tanto, el método racional no se ajusta al consumo real de las viviendas multifamiliares.

**Figura 3***Box Plot para comparar las medias de Consumo real y Consumo Racional*

Fuente: Elaboración propia



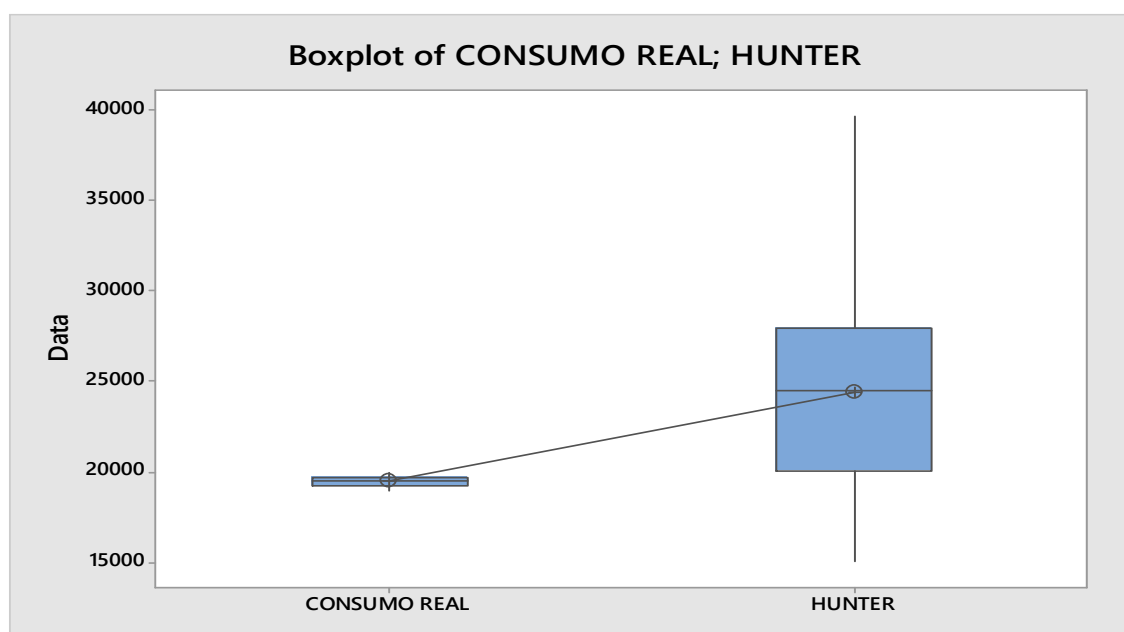
Figura 4

*Consumo real y consumo racional*

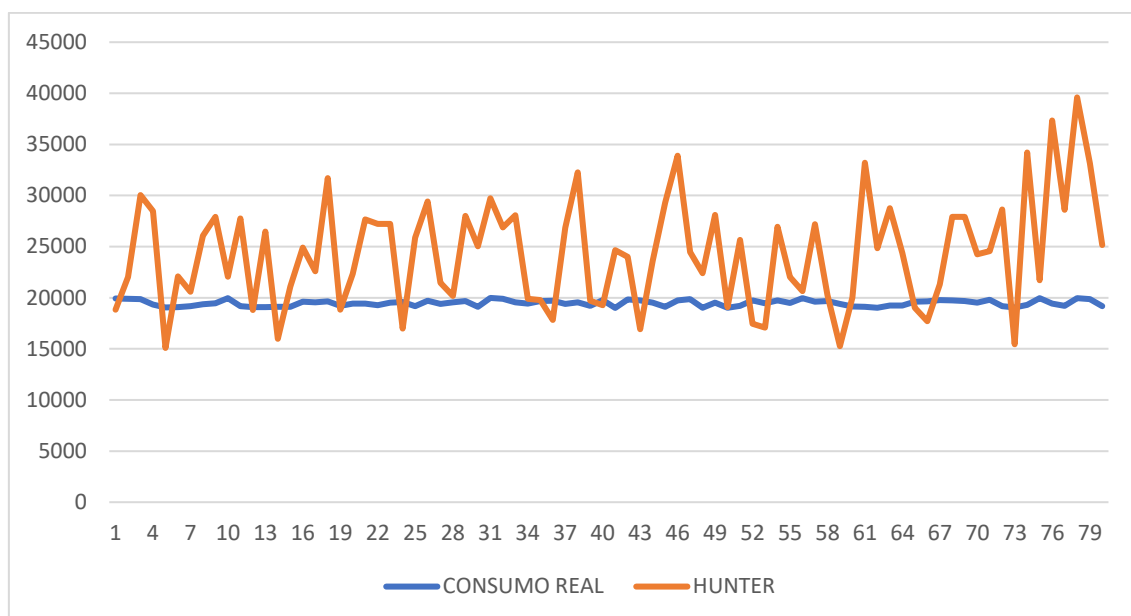
Fuente: Elaboración Propia

Existe información estadística al 95%, para afirmar que el promedio del consumo usando el método Hunter no es similar al promedio en la estimación del consumo de agua real.

Figura 5

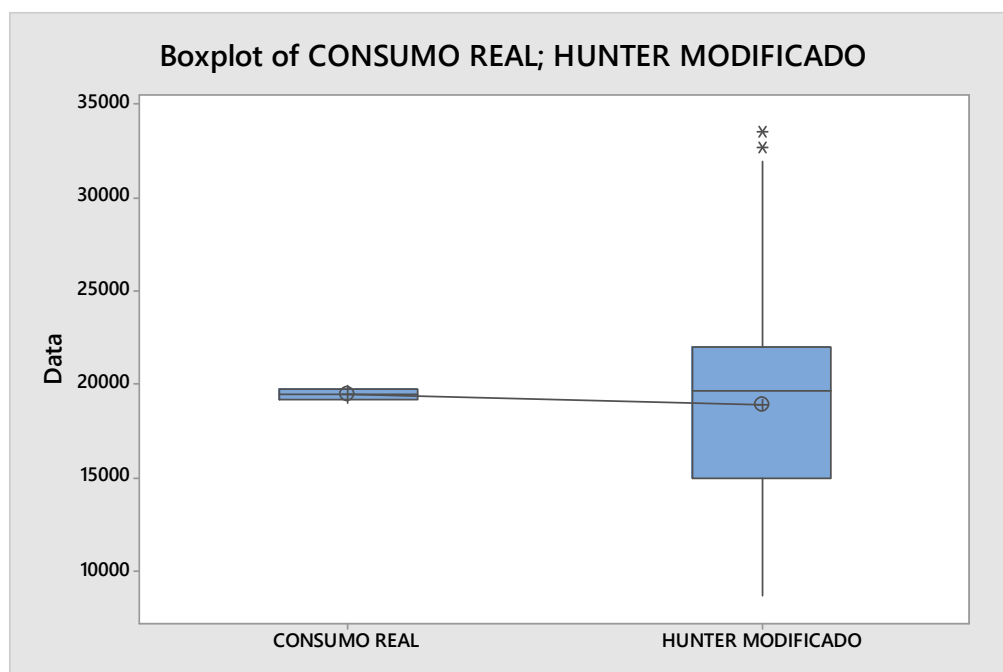
*Box Plot para comparar las medias de Consumo real y Consumo Hunter*

Fuente: Elaboración Propia

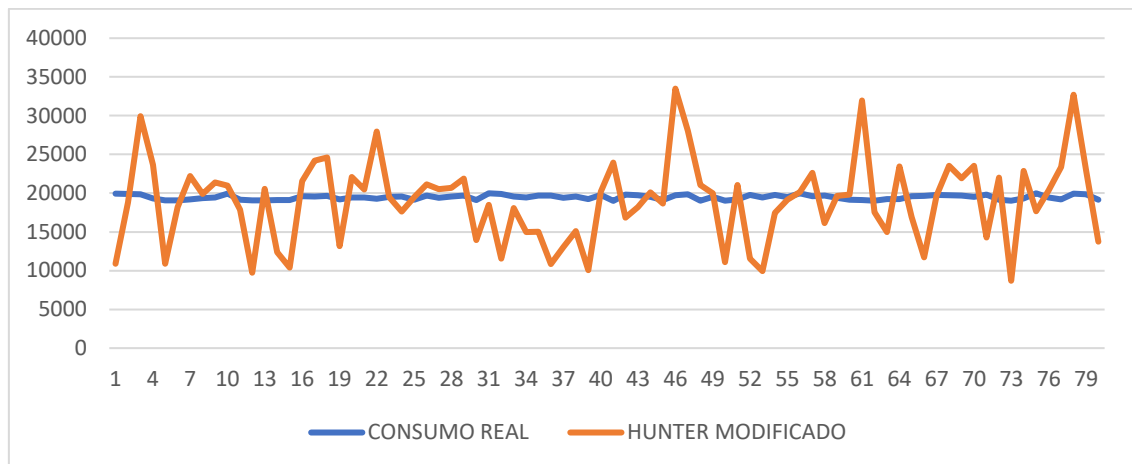
**Figura 6***Consumo real y Consumo Hunter*

Fuente: Elaboración Propia

Existe información estadística al 95%, para afirmar que el promedio en la estimación del cálculo del consumo real y el consumo usando Hunter modificado son similares entre ellos.

**Figura 7***Box Plot para comparar las medias de Consumo real y Consumo Hunter modificado*

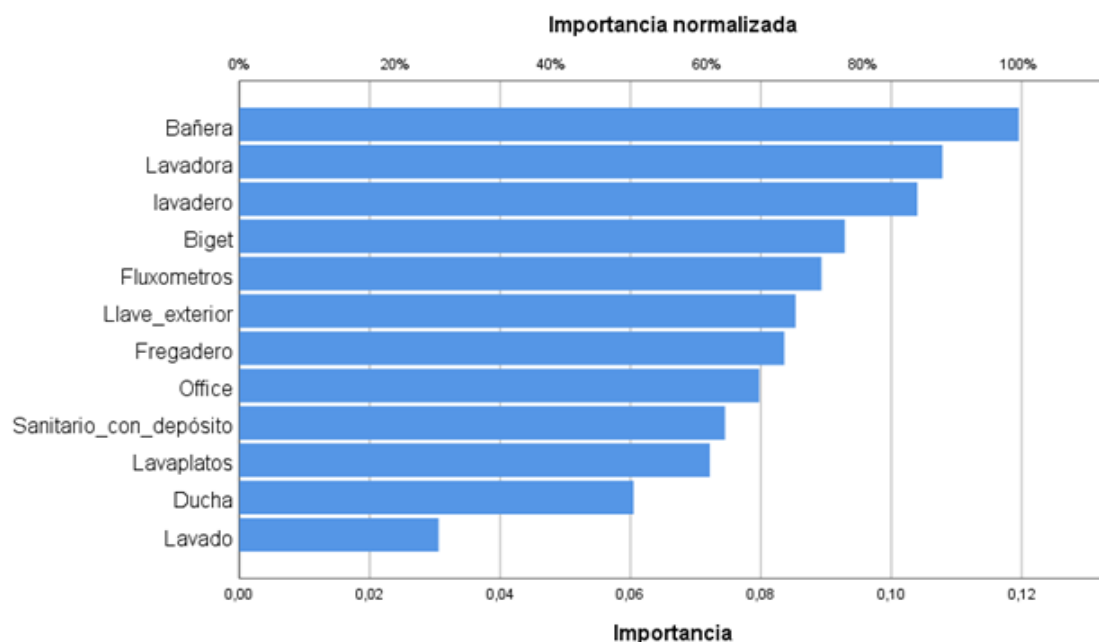
Fuente: Elaboración Propia

**Figura 8***Consumo real vs Consumo Hunter Modificado*

Fuente: Elaboración Propia

**Pronostico con redes neuronales**

Luego de analizar qué tipo de estimación en el consumo se aproxima al cálculo del consumo real, se analiza que factores mejoran su pronóstico, a través de nuevos enfoques estadísticos. Este nuevo enfoque se desarrolla con las redes neuronales, los cuales permiten determinar los factores de uso. Este escenario, ha permitido determinar algún tipo de factores que determinan el consumo.

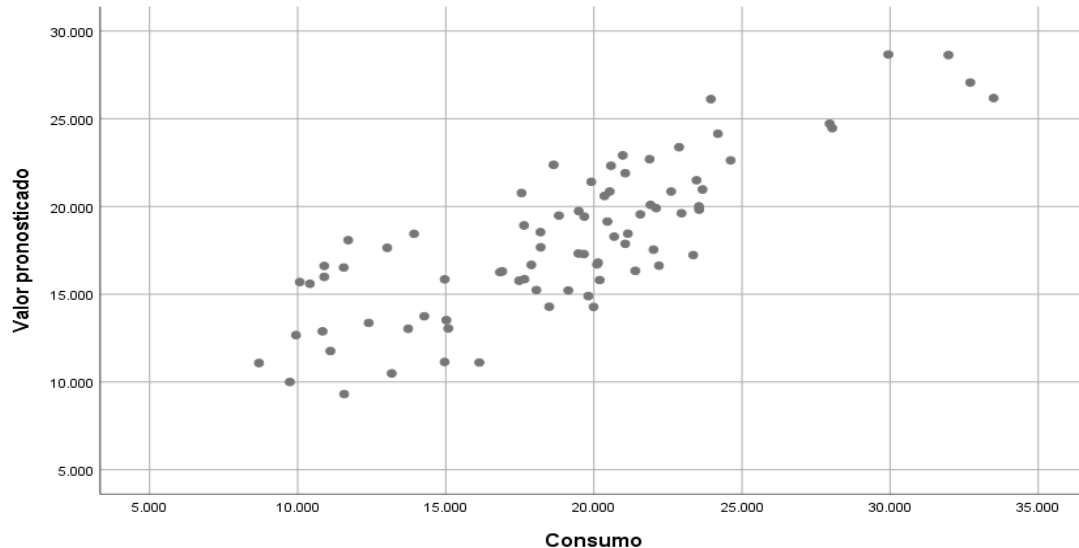
**Figura 9***Nivel de importancia de los factores*

Fuente: Elaboración Propia

Según los resultados obtenidos se ha podido determinar la situación en que los elementos tales como: la bañera, lavadora y lavadero son los principales factores que inciden en el consumo promedio de agua en el distrito.

**Figura 10**

*Ploteo del residuo y el valor pronosticado*

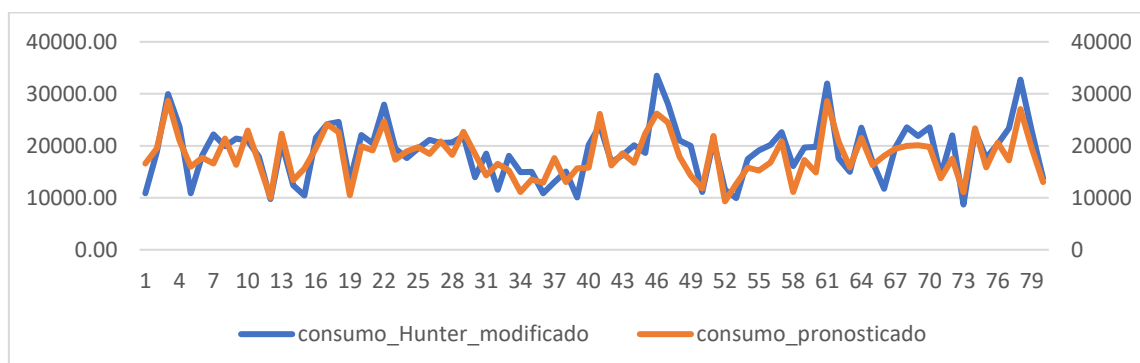


Fuente: Elaboración Propia

En la figura, se observa que la dispersión de la información en el valor pronosticado se encuentra en función a las actividades, en función al consumo. De la misma forma, el valor pronosticado y el nivel de consumo se encuentra altamente aleatorizada. Luego de esto, se compara los dos pronósticos, tanto con las redes neuronales como también usando el Hunter modificado:

**Figura 11**

*Comparación del método de estimación de Hunter modificado y el pronóstico de las redes neuronales*



Fuente: Elaboración Propia

## DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos en la prueba de hipótesis, desarrollada se ha podido demostrar que la estimación de consumo usando Hunter modificado, tiene un mejor nivel de precisión respecto a que en el caso de Marrufo (2018) realiza una investigación acerca de los Lineamientos respecto al diseño de agua potable para poblaciones rurales, donde concluye que los cálculos para el caudal máximo probable entre 0.10 y 0.48 l/s, lo cual los niveles de precisión pueden ser altos, en este sentido, estandarizar y homogenizar la capacidad de consumo en poblaciones, es una parte de la metodología para la estimación, la cual permite mejorar la precisión en función a sub poblaciones, como es el caso de poblaciones rurales.

En el caso de Butrón; Sivincha (2016) determina un conjunto multifamiliar de alta densidad, donde utilizo la metodología de investigación fue cualitativa, donde se desarrolló en tres partes: (1) identificación del problema, (2) investigación del caso, y (3) construcción de una propuesta. La propuesta comprende tres niveles: urbano, del sector y de intervención. Esta propuesta fue comparaba con la propuesta de los edificios multifamiliares, las cuales se creó una serie de etapas de trabajo para entender mejor la capacidad de trabajo, así como también, mejorar la metodología de trabajo, construyendo la base de datos, la cual permite encontrar una serie de alternativas para su análisis.

En el caso de Condori; Asqui (2018) determina la evaluación en la dotación de agua tanto para los servicios de agua y saneamiento, sin embargo, la dotación de agua real para consumo doméstico. Entre los resultados se han mostrado que el valor de consumo per cápita fue de 25.06 lts/hab/día y una dotación real para uso de 35.80 lts/hab/día, teniendo una variación diaria de 1.54, la cual difiere de los valores referenciados del Ministerio de Economía y Finanzas. En el caso de los resultados, la variación se encuentra entre 1.45 a 1.6, lo cual refleja que muchos de los resultados deben tener una media referenciada.

Pero, Hoyos; Tuesta (2017) desarrollaron una simulación hidráulica de las redes de distribución, tanto los coeficientes de variación diaria y horaria, la cual la metodología fue aplicativa, usando un software llamado WaterCAD; donde concluyó que la variación horaria fue de 2.42 y la variación diaria de 1.50. Esta variación, permitió determinar que el programa es un buen estimador, pero depende de una homogeneidad en el análisis para determinar mejor la variación entre los consumos proyectados.

## CONCLUSIONES

1. Se concluye que existe una relación entre la estimación y el nivel de consumo, la cual mejora en función a la variación final del modelo.
2. Se concluye que el método de estimación racional no se ajusta a un consumo real en edificios multifamiliares de San Isidro, lo que hace que la variación final no es suficientemente precisa.

3. Se concluye que el método de estimación Hunter no se ajusta a un consumo real en edificios multifamiliares de San Isidro, lo que hace que la variación final no es suficientemente precisa.
4. Se concluye que el método de estimación de Hunter modificado se ajusta a un consumo real en edificios multifamiliares de San Isidro, lo que hace que la variación final sea suficientemente precisa.
5. Se concluye que la red neuronal, demuestra que la llave exterior es uno de los factores que hace mayor consumo, lo que se ajusta a la veracidad de Sedapal de segmentar y poner las tarifas en función a las viviendas, ya que están poseen llaves exteriores para el regado de los jardines y llenado de piscina.

## REFERENCIAS

- Bentley. (16 de 06 de 2021). *Software de análisis y modelado de sistemas de distribución de agua*. Obtenido de Proyectos:  
<https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/watercad>
- Bismart. (11 de 09 de 2020). *¿En qué se diferencian el Machine Learning supervisado y no supervisado?* Obtenido de  
<https://blog.bismart.com/es/diferencias-machine-learning-supervisado-no-supervisado>
- Butrón, & Sivincha. (2016). *Conjunto multifamiliar de alta densidad para el terreno en la ex fabrica de Lanificio en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Cáceres, Madge, Cabrera, Poma, & Peña. (2018). *Diseño y construcción del edificio de vivienda multifamiliar Las Cumbres*. Lima: Universidad ESAN.
- Castro, & Garzón. (2006). *Aplicación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos, en edificaciones de diferente tipo*. SEREA: Castro, N., Garzón, J. E., et al. (2006). "Aplicación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos, en edificaciones dSeminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua.
- Condori, & Asqui. (2018). *Evaluación de la dotación de agua para el proyecto "Mejoramiento de servicios de agua y saneamiento en la comunidad de Kunurana del distrito de Santa Rosa"*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Hernández, Fernandez, & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hoyos, & Tuesta. (2017). *Simulación hidráulica de las redes de distribución del barrio de Zaragoza a partir de la determinación de los coeficientes de variación diaria y horari, para futuras habilitaciones urbanas de la ciudad de Moyobamba 2016*. Moyobamba: Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto.
- Ingenieros industriales. (2020). *Cómo calcular el caudal simultáneo de agua en un edificio de viviendas*. Madird. Obtenido de

- <https://www.ingenierosindustriales.com/como-calcularel-caudal-simultaneo-de-agua-en-un-edificio-de-viviendas/>
- Marrufo. (2018). *Lineamientos para definir bases de diseño en sistemas de agua potable para poblaciones rurales en la región de Cajamarca, Caso: C.P. ROSASPAMPA- CHALAMARCA- CHOTA- CAJAMARCA*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento nacional de edificaciones*. Lima: DS 011-2006-Vivienda.
- ONU. (2018). *Objetivos de desarrollo sostenible (6to objetivo agua limpia y saneamiento)*. Nueva York, Estados Unidos . Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Pedregal. (2004). Estimación de la demanda de agua urbana en los planes marco: El caso español a la luz de la experiencia del plan hidrológico de California. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- SEDAPAL. (2014). *Plan maestro de los sistemas de agua potable y alcantarillado*. Lima: Gerencia de desarrollo e investigación.
- SEDAPAL. (2021). *Ejemplos en la aplicación de tarifa diferenciada por volumen de agua potable*. Lima: SEDAPAL. Obtenido de <https://www.sedapal.com.pe/storage/objects/ejemplos-tarifa-subsidiada.pdf>
- Sheng, & Manning. (2015). Improved semantic representations from tree - structured long short- term memory networks. *Computer science* , 11.
- Zamora. (2013). *Evaluación de los métodos para el cálculo de caudales máximos probables instantáneos en edificaciones*. Costa Rica : Instituto Tecnológico de Costa Rica.