

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



Impacto de la instalación de medidores sobre el consumo
de agua potable en los hogares de Lima Metropolitana

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Economía
que presenta:

Renzo Antonio Álvarez Carcheri

Asesor:

Ivan Mirko Lucich Larrauri


Lima, 2024

Informe de Similitud

Yo, Ivan Mirko Lucich Larrauri, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada: “Impacto de la instalación de medidores sobre el consumo de agua potable en los hogares de Lima Metropolitana”, de el autor Renzo Antonio Álvarez Carcheri, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 13%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 20/11/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de investigación, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 20 de noviembre de 2024.

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: <u>Lucich Larrauri Iván Mirko</u>	
DNI: 09301569	Firma
ORCID: 0000-0002-6480-9007	

Dedicatoria

*A mis padres por su apoyo incondicional y
en especial a mi hijo Piero Salvador por
darle sentido a mi vida.*



Agradecimientos

*A Ivan Lucich Larrauri por el apoyo brindado
en todas las etapas de la tesis.*



Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estimar el impacto de la instalación de medidores sobre el consumo de agua potable en los hogares de Lima Metropolitana durante el periodo 2016-2019. El método de estimación consiste en plantear un modelo de regresión cuantílica de datos de panel con efectos fijos que permite capturar la heterogeneidad no observable entre los hogares y examinar el efecto de los medidores a lo largo de diferentes puntos de la distribución del consumo. Los resultados indican que, en los hogares en los cuantiles más bajos (0.10 a 0.30), la reducción del consumo es de 13% y a medida que se avanza hacia el cuantil 0.50, el efecto se intensifica, alcanzando una reducción del 21.5%. Estos resultados refuerzan la efectividad de los programas de micromedición como herramientas para la gestión sostenible de recursos hídricos además de coadyuvar a la sostenibilidad financiera de la empresa de agua al reducir los niveles de agua no facturada.

Palabras clave: medidor, agua potable, sostenibilidad, micromedición, recurso hídrico.

Abstract

The goal of this research work is to estimate the impact of the installation of meters on the consumption of drinking water in homes in Metropolitan Lima during the period 2016-2019. The estimation method consists of proposing a panel data quantile regression model with fixed effects that allows capturing the unobservable heterogeneity between households and examining the effect of the meters along different points of the consumption distribution. The results indicate that, in households in the lowest quantiles (0.10 to 0.30), the reduction in consumption is 13% and as we move towards the 0.50 quantile, the effect intensifies, reaching a reduction of 21.5%. These results reinforce the effectiveness of micrometering programs as tools for the sustainable management of water resources in addition to contributing to the financial sustainability of the water company by reducing the levels of non-billed water.

Keywords: meter, drinking water, sustainability, micrometering, water resources.

Índice

Resumen	v
Índice	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
Capítulo 1: Introducción	1
1. Planteamiento y delimitación del problema	1
2. Objetivos de la investigación	7
3. Estructura del documento.....	7
Capítulo 2: Marco Teórico	8
1. Comportamiento del consumidor	8
2. Tarifas en bloques crecientes	12
3. Medidores de agua potable.....	14
Capítulo 3. Marco normativo e institucional	15
Capítulo 4: Revisión de literatura empírica	18
Capítulo 5: Hipótesis	22
Capítulo 6: Lineamientos metodológicos	22
a. Base de datos.....	22
b. Variables	26
c. Metodología	27
Capítulo 7: Resultados	29
Conclusiones	33
Recomendaciones	35
Referencias bibliográficas	37
Anexos	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de asignación de consumo aprobadas para Sedapal según clase y categoría	17
Tabla 2: Clasificación del hogar según condición respecto al medidor.....	23
Tabla 3: Estadísticos de paneles propuestos para estimación	30
Tabla 4: Estadísticos descriptivos de variable consumo de agua	30
Tabla 5: Estadísticos descriptivos de variable horas al día con agua	31
Tabla 6: Estadísticos descriptivos de variable días a la semana con agua	31
Tabla 7: Resultados de impacto de la instalación de medidores	32



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de hogares medidos a nivel nacional (2018-2022).....	2
Figura 2: Evolución de ratio de medición según tamaño de la EPS (2018-2022)	3
Figura 3: Evolución de agua no facturada a nivel nacional (2018-2022)	4
Figura 4: Evolución de agua no facturada según tamaño de EPS (2018 - 2022)	4
Figura 5: Evolución de continuidad a nivel nacional (2018-2022).....	5
Figura 6: Evolución de continuidad según tamaño de EPS (2018-2022).....	5
Figura 7: Evolución de la presión promedio a nivel nacional (2018 - 2022).....	6
Figura 8: Evolución de presión según empresa prestadora (2018-2022)	7
Figura 9: Decisión del hogar	9
Figura 10: Demanda del hogar por agua potable	10
Figura 11: Efecto del Incremento en el precio o tarifa del agua potable sobre la decisión del hogar	11
Figura 12: Efecto del Incremento en el precio o tarifa del agua potable sobre el bienestar social	11
Figura 13: Tarifa aplicada a usuarios.....	13
Figura 14: Tarifa en bloques crecientes con segmentos de tarifa fija o plana ..	14
Figura 15: Medidores de agua	15
Figura 16: Distribución de hogares según momento de instalación de medidor (meses).....	24
Figura 17: Evolución del consumo promedio en periodos mensuales y periodos trimestrales	25
Figura 18: Distribución de hogares según momento de instalación de medidor (trimestres)	25

Capítulo 1: Introducción

1. Planteamiento y delimitación del problema

Los medidores de agua son equipos instalados en las conexiones domiciliarias que permiten medir con precisión el consumo de agua potable en el hogar. Estos equipos son de particular importancia tanto para el Estado como para las empresas prestadoras de servicios de agua potable y saneamiento (en adelante, EPS). Para el Estado, los medidores son esenciales, ya que facilitan la gestión responsable del recurso hídrico, contribuyendo a su sostenibilidad a largo plazo. Por otro lado, para las EPS, la implementación de medidores reduce la cantidad de agua no facturada, lo que incrementa sus beneficios económicos y mejora su sostenibilidad financiera.

La importancia de los medidores crece exponencialmente al conocer la situación actual del recurso hídrico. Al respecto, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) alertó la inminente crisis global de los recursos hídricos al presentar su informe sobre el estado de los servicios climáticos en 2021 relacionados con el agua. En el Perú, el 97% del agua dulce disponible se encuentra en la Región Hidrográfica Amazónica, donde reside solo el 31% de la población (INEI, 2018). En contraste, en la región Hidrográfica del Pacífico que alberga al 65% de la población, la disponibilidad de agua dulce es inferior al 2%, en gran parte debido al significativo crecimiento poblacional, que ha aumentado cerca del 57% en los últimos 27 años. Además, el Banco Mundial destacó que en 2020 la población de Lima consumió 175 litros de agua per cápita al día, superando ampliamente los 100 litros per cápita diarios recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

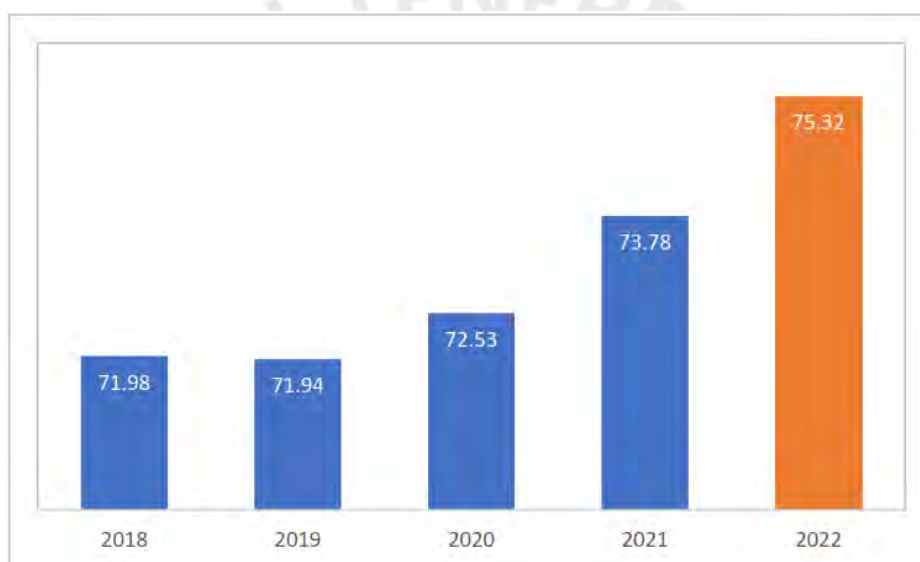
Ante este preocupante panorama, es crucial que el Estado, a través de los actores responsables de diseñar e implementar políticas públicas en materia de agua potable y saneamiento¹, junto con las EPS, promuevan activamente el uso de medidores en los hogares. Este enfoque no solo contribuiría a mejorar las condiciones económico-financieras de las EPS, sino que también garantizaría la

¹ Las principales instituciones que se encargan de esta labor son las siguientes: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS), Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass), Autoridad Nacional del Agua (ANA) y Ministerio del Ambiente (MINAM).

sostenibilidad a largo plazo del recurso hídrico, fomentando un uso más eficiente y responsable del agua por parte de los usuarios.

Este impulso se vuelve aún más relevante al considerar lo señalado por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento - Sunass (2023). Actualmente, el porcentaje de los hogares medidos para el año 2022 ascendió a 75.32%, y respecto al 2018 se presentó un aumento del 3.34% (ver figura 1). Sin embargo, aún existe una brecha por cerrar de 24.68%, indicando que serían necesarios aproximadamente 385,042 medidores adicionales para cerrar esta brecha².

Figura 1: Evolución de hogares medidos a nivel nacional (2018-2022)



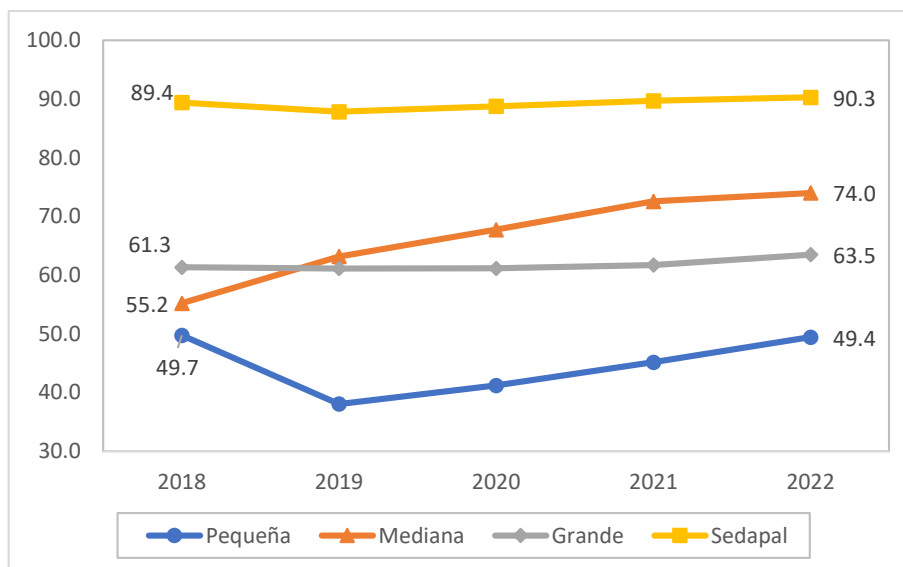
Fuente: Benchmarking Regulatorio de Empresas Prestadoras - Sunass
Elaboración: Propia.

En el caso de la empresa Sedapal, la EPS con mayor cantidad de conexiones a nivel nacional, el ratio de medición presentó un crecimiento sostenido con una variación promedio anual de 0.11% alcanzando un nivel del 90.31% en 2022 (ver figura 2). Sin embargo, la brecha de medición de Sedapal es del 10.29%, lo que indica que se necesitan instalar aproximadamente 166,400 medidores adicionales para cerrar esta brecha. Por otro lado, aunque las demás empresas de menor tamaño también experimentaron incrementos en sus niveles de

² Esta brecha no toma en cuenta los medidores que ya cumplieron su vida útil y aún no han sido repuestos, lo que afecta el adecuado funcionamiento de medidores, subregistrando el verdadero consumo de agua potable

hogares medidos, estos se situaron en 71.84%, 57.32% y 49.41% para las EPS Grandes, Medianas y Pequeñas, respectivamente, en el año 2022.

Figura 2: Evolución de ratio de medición según tamaño de la EPS (2018-2022)

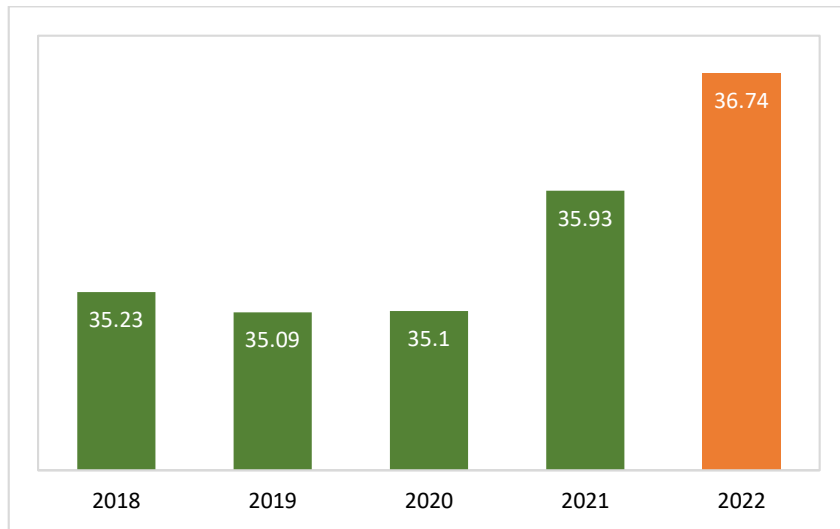


Fuente: Sunass.
Elaboración: Propia.

Asimismo, la brecha de hogares medidos tiene una estrecha relación con el agua no facturada de las EPS. Al respecto, la figura 3 muestra los niveles de agua no facturada³, evidenciando que este indicador experimentó un aumento de 1.51% respecto al año 2018. Tal incremento es explicado principalmente por la EPS Sedapal, la cual presentó incremento del agua no facturada de 3.6% respecto al 2018. No obstante, los niveles de este indicador son sustancialmente más bajos respecto a las EPS de los demás tamaños, lo que se condice con la mayor cantidad de hogares medidos que tiene esta EPS respecto al resto (ver figura 2).

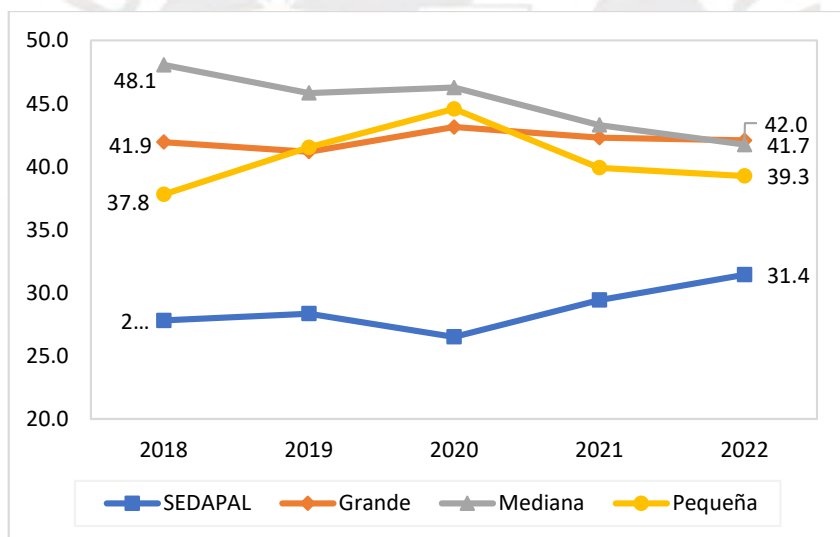
³ Este indicador se calcula como un ratio, siendo el numerador la diferencia entre el volumen producido y facturado de agua potable y el denominador el volumen producido.

Figura 3: Evolución de agua no facturada a nivel nacional (2018-2022)



Fuente: Benchmarking Regulatorio de Empresas Prestadoras - Sunass
Elaboración: Propia.

Figura 4: Evolución de agua no facturada según tamaño de EPS (2018 - 2022)



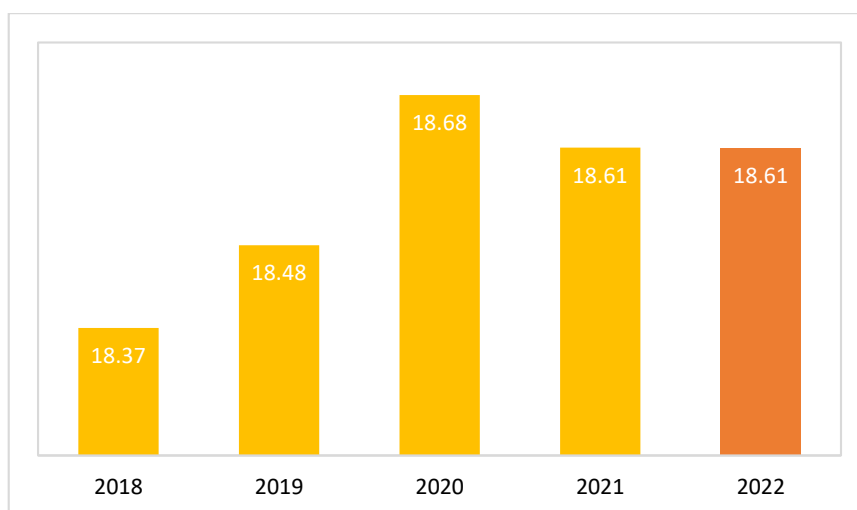
Fuente: Benchmarking Regulatorio de Empresas Prestadoras - Sunass
Elaboración: Propia.

Adicionalmente, se utilizan los niveles de continuidad y presión como indicadores clave para evaluar la calidad del servicio de agua potable brindado por las EPS. En cuanto al indicador de continuidad⁴ se observa que, a nivel nacional, dicho

⁴ Este indicador se obtiene como el promedio ponderado del número de horas de servicio de agua potable que las EPS brindan al usuario.

indicador se ubica en 18.61 horas de servicio, manteniéndose constante desde el 2021 tal y como se observa en la siguiente figura:

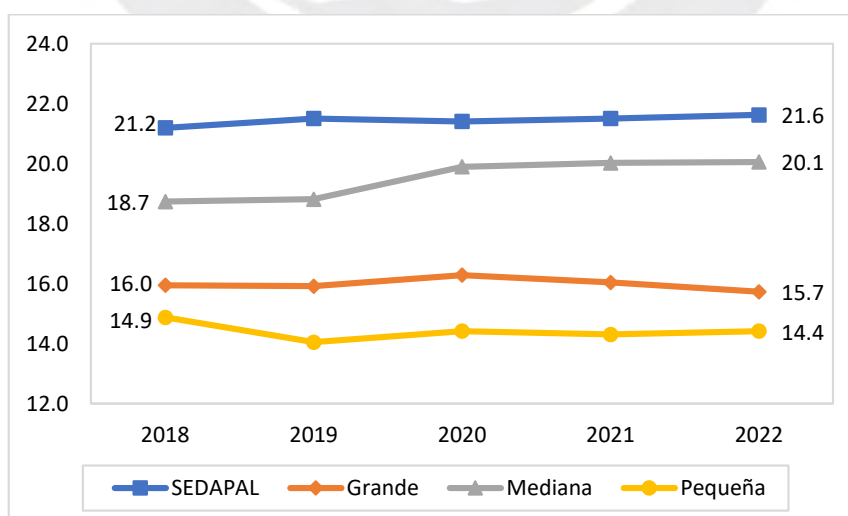
Figura 5: Evolución de continuidad a nivel nacional (2018-2022)



Fuente: Benchmarking Regulatorio de Empresas Prestadoras - Sunass
Elaboración: Propia.

En esa línea, la figura 6 muestra los niveles de continuidad según tamaño de EPS. Al respecto, dicha figura muestra que Sedapal exhibe un promedio de 21.6 horas al día de agua, aumentando 0.5% puntos porcentuales respecto al 2018, mientras que las EPS medianas poseen una continuidad de 20.1 horas al día lo que implica un incremento de 1.4%. En cuanto a las EPS grandes y pequeñas, estas poseen una continuidad promedio menor a 16 horas.

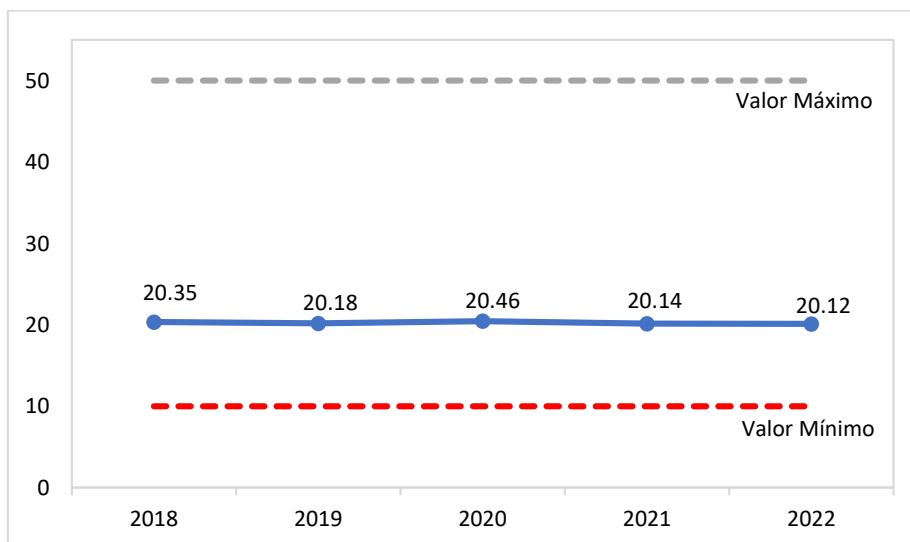
Figura 6: Evolución de continuidad según tamaño de EPS (2018-2022)



Fuente: Benchmarking Regulatorio de Empresas Prestadoras - Sunass
Elaboración: Propia.

Por el lado del indicador de presión⁵, la figura 7 evidencia que la presión promedio nacional de las EPS se mantuvo relativamente constante y dentro de los rangos permitidos.

Figura 7: Evolución de la presión promedio a nivel nacional (2018 - 2022)

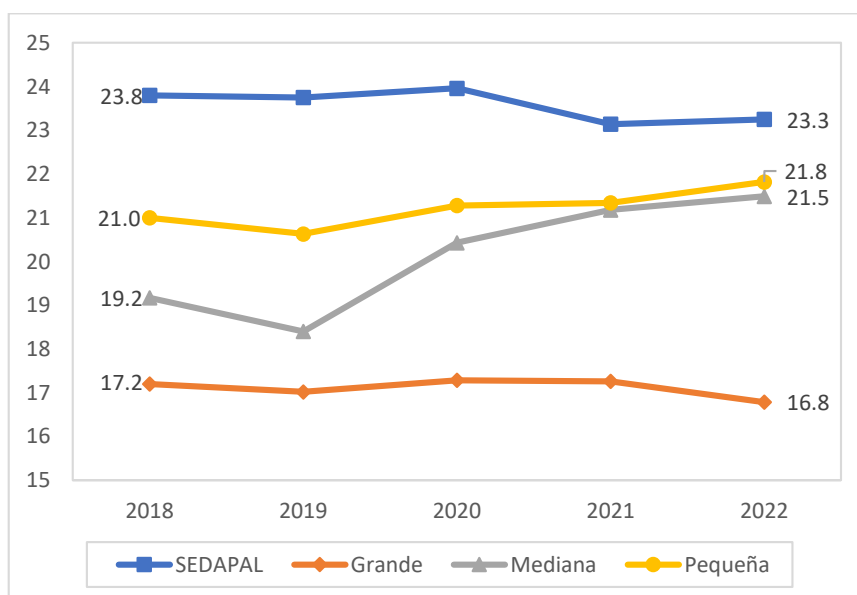


Fuente: Benchmarking Regulatorio de Empresas Prestadoras - Sunass
Elaboración: Propia.

En cuanto a la evolución de la presión se observa que todos los grupos de EPS experimentaron un incremento de la presión respecto al año 2021 con excepción de las EPS grandes.

⁵ Se calcula como el promedio ponderado de las tomas de presión de los sectores que componen el ámbito de prestación de la EPS. Cabe señalar que una presión adecuada en la red de distribución de agua potable debe establecerse entre 10 y 50 metros de columna de agua (mca).

Figura 8: Evolución de presión según empresa prestadora (2018-2022)



Fuente: Benchmarking Regulatorio de Empresas Prestadoras - Sunass
Elaboración: Propia.

En ese orden de ideas y considerando la heterogeneidad en cuanto a la calidad del servicio de agua potable, es fundamental cuantificar el impacto de los medidores en el consumo de agua potable para generar evidencia que permita a las entidades estatales relacionadas con el suministro de agua diseñar e implementar políticas públicas efectivas, orientadas a reducir la brecha de hogares no medidos, contribuyendo así tanto a la sostenibilidad del recurso hídrico como a la sostenibilidad económica.

2. Objetivos de la investigación

El objetivo del presente estudio es analizar el impacto de la instalación de medidores en los hogares de Lima Metropolitana. Para ello, se utiliza la base de datos comercial de la EPS Sedapal correspondiente a los años 2016 a 2019, que incluye variables a nivel de hogar relacionadas con el tipo de servicio, modalidad de facturación, volumen de agua (consumo), estado del micromedidor, ubicación geográfica, entre otros. La metodología empleada es un modelo de panel de datos con efectos fijos, tomando como unidad de análisis el hogar con conexión domiciliaria.

3. Estructura del documento

La presente investigación se estructura de la siguiente manera: la primera sección contiene a la introducción y objetivos (sección presente), la segunda a

las teorías que configuran al agua como un bien de disponibilidad limitada, la misma que cuenta con una oferta que se comporta como monopolio natural y los aspectos tarifarios que define su regulación. La tercera sección corresponde al marco normativo e institucional peruano que regula el uso de medidores en los hogares. La cuarta la revisión de la literatura empírica. La quinta las hipótesis. La sexta describe la base de datos, variables y metodología. La séptima sección muestra los principales resultados. La octava y novena contiene las principales conclusiones y recomendaciones de la investigación respectivamente.

Capítulo 2: Marco Teórico

1. Comportamiento del consumidor

Para la descripción del comportamiento del consumidor en el contexto de la instalación de medidores se emplea la teoría neoclásica del consumidor con la finalidad de establecer un modelo microeconómico que caracterice el problema de la decisión de los hogares en una economía compuesta por solo dos bienes los cuales son: el agua potable y un bien “numerario” que representa todos los demás bienes⁶. Ahora bien, las variables a utilizar para modelar el comportamiento de los hogares se describen a continuación:

p : precio de un metro cúbico (m³) de agua potable que se cobra a hogares medidos (precio o costo marginal del agua)

f : Pago fijo que realizan los hogares no medidos

X^N : Elección óptima del hogar no medido

X^M : Elección óptima del hogar medido

$Q^N(p = 0)$: Cantidad demandada de hogar no medido

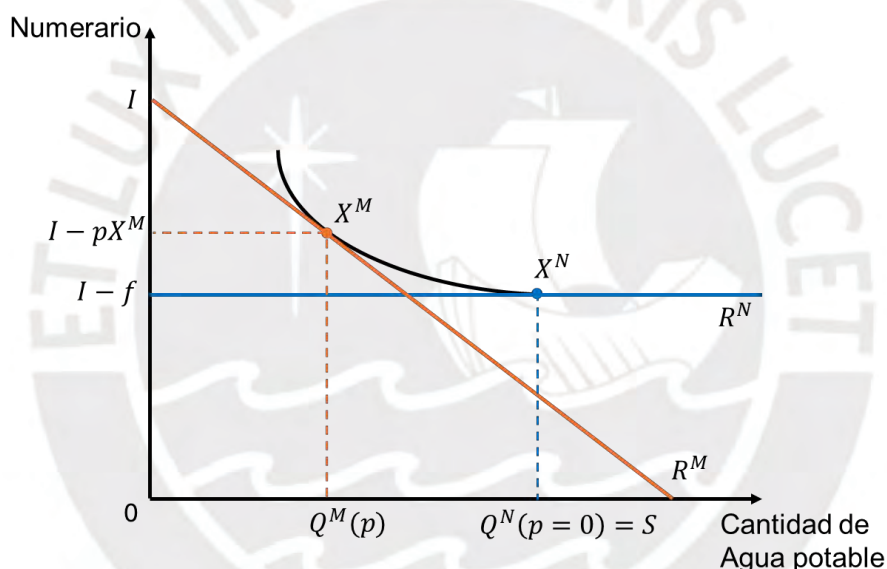
$Q^M(p)$: Cantidad demandada de hogar medido

I : Ingresos del hogar

⁶ El agrupamiento de “todos los demás bienes” en este bien “numerario” permite que el modelo se enfoque en la interacción entre el bien de interés específico (agua potable) y el resto de los bienes en la economía sin tener que modelar explícitamente el consumo de todos los bienes en detalle.

La figura 9 muestra la decisión del hogar en dos escenarios: con medidor y sin medidor. La recta de presupuesto que representa al hogar sin medidor es R^N y con medidor R^M . Los puntos X^N y X^M representa la cesta de bienes que maximiza la utilidad del hogar dado el presupuesto de los hogares no medidos y medidos, respectivamente. Por un lado, X^M se determina en la tangente de la curva de indiferencia y la recta presupuestaria R^M y, por otro lado, X^N en la tangente con su recta R^N que coincide con el punto de saciedad S . Asimismo, ambos puntos se encuentran en la misma curva de indiferencia, por lo que el hogar es indiferente en mantener o no un medidor ya que ambos le reportan al hogar el mismo nivel de utilidad $U^N = U^M$.

Figura 9: Decisión del hogar



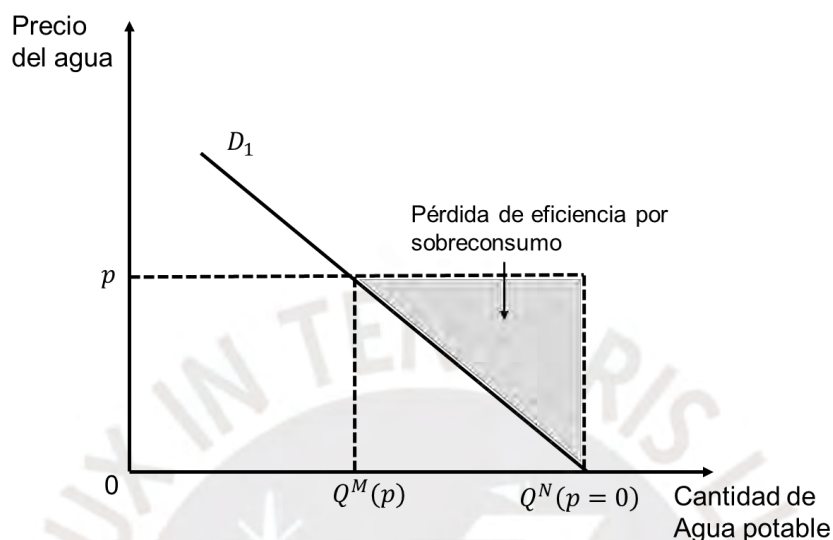
Fuente: Adaptado de Ueda y Moffat (2013) y Ornaghi y Tonin (2021)

Sin embargo, si en este punto la decisión de tener o no medidor es exógena⁷, se puede notar que, aunque el hogar tenga la misma utilidad de mantener o no un medidor, la cantidad demandada de agua potable es mayor cuando decide no mantener un medidor $Q^N(p = 0) > Q^M(p)$. Tal situación es inicialmente motivada por la forma horizontal de la recta presupuestaria lo que genera al hogar la sensación de tener acceso ilimitado al agua ya que no afecta su presupuesto, lo

⁷ Tal supuesto permite observar los efectos de ambos escenarios y excluye la posibilidad de que el hogar realice alguna evaluación costo-beneficio de instalar o no medidor. Tales condiciones se conciben con lo observado en la evidencia toda vez que la decisión de instalar medidores recae sobre la EPS y no del usuario.

que pone en riesgo el abastecimiento de este bien. De hecho, al graficar la demanda del hogar por agua potable se obtiene como resultado una pérdida de eficiencia comprendida por el área sombreada de la figura 10.

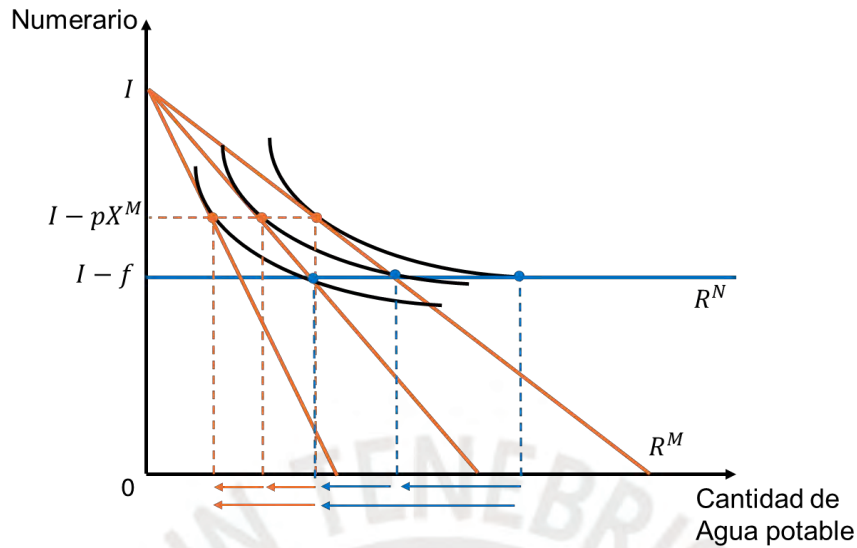
Figura 10: Demanda del hogar por agua potable



Fuente: Adaptado de Ornaghi y Tonin (2021)

A pesar de que teóricamente se reconocen los beneficios derivados de la promoción de medidores en hogares que aún no cuentan con ellos, la magnitud exacta de dicha mejora sigue siendo incierta. Por ejemplo, en la Figura 11 se observa que la incorporación de hogares al régimen de micromedición tiende a generar un aumento en el precio o tarifa del agua lo que desencadena que la restricción presupuestaria R^M haga una rotación hacia dentro. Como resultado de anterior, los hogares modifican sus cestas para maximizar su utilidad dado su nuevo presupuesto.

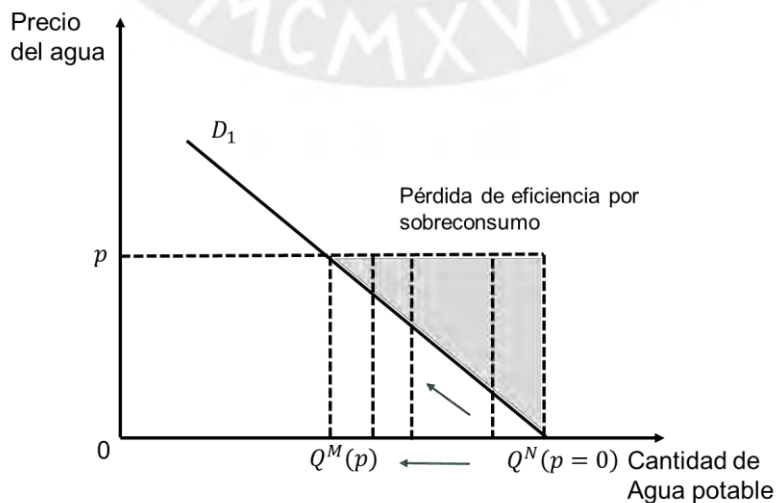
Figura 11: Efecto del Incremento en el precio o tarifa del agua potable sobre la decisión del hogar



Elaboración: Propia.

Si bien esta medida provoca una reducción en el consumo de agua potable, la amplitud de dicha reducción puede variar, lo que plantea interrogantes sobre la magnitud y rapidez con la que nos aproximamos a una situación de bienestar social óptimo que ocurre con una cantidad demandada de $Q^M(p)$ (ver figura 12). Esto sugiere la necesidad de un análisis más detallado para evaluar la eficiencia de la instalación de medidores.

Figura 12: Efecto del Incremento en el precio o tarifa del agua potable sobre el bienestar social



Elaboración: Propia

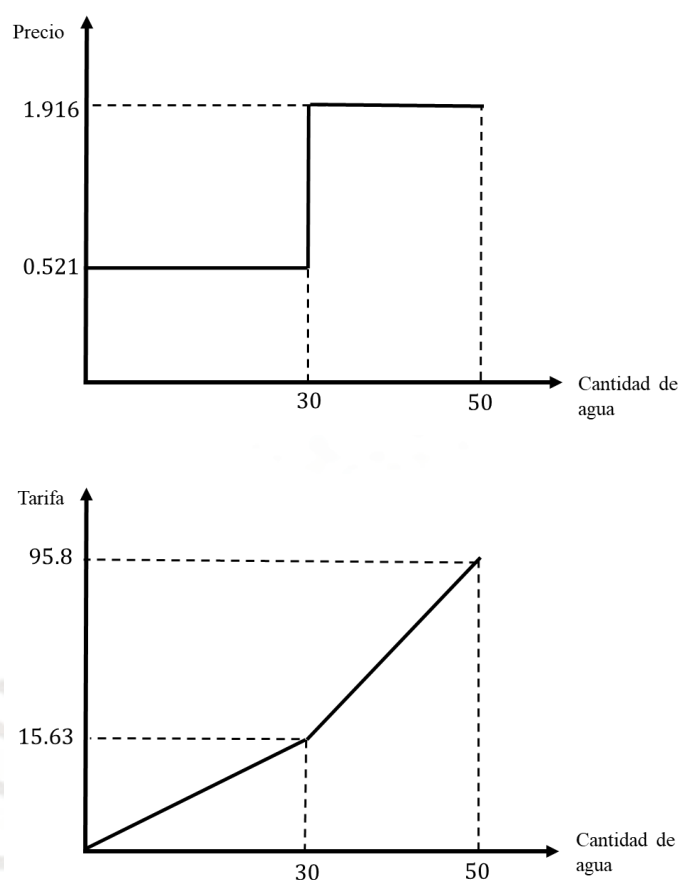
2. Tarifas en bloques crecientes

Las tarifas en bloques crecientes establecen precios que aumentan en función de rangos específicos de consumo. Este mecanismo incentiva la racionalización del uso del agua entre los usuarios, ya que el costo por metro cúbico consumido se incrementa con el volumen de consumo, lo que promueve un uso más eficiente del recurso (Carvalho et al., 2012). No obstante, la efectividad de este sistema depende de la capacidad de la EPS para medir con precisión el volumen de agua consumido por cada usuario. Esto requiere la instalación de medidores en las conexiones domiciliarias, lo cual puede ser un desafío significativo, dado que la instalación y mantenimiento de estos dispositivos resultan costosos, y no siempre es factible cubrir a la totalidad de los usuarios (Abbott & Cohen, 2009). Como resultado, la implementación de tarifas en bloques crecientes puede estar limitada en su alcance y eficacia en contextos donde la medición del consumo no es universal.

La figura 13 representa estas tarifas con precios y rangos de consumo obtenido a partir del estudio tarifario de Sedapal⁸. En la parte superior de la figura se tiene que, si el usuario consume menos de 30 metros cúbicos (m³) de agua, pagará 0.521 por m³. Si consume más de 30 pagará 1.916 soles. La parte inferior muestra la tarifa que pagaría el usuario en los intervalos superiores de cada rango, siendo como máximo 10 soles por 30 m³ de agua consumidos y 95.8 soles por 50.

⁸ Estructura tarifaria vigente (2022-2027) para usuarios residenciales de categoría doméstica, elaborado por la Dirección de Regulación Tarifaria – Sunass.

Figura 13: Tarifa aplicada a usuarios

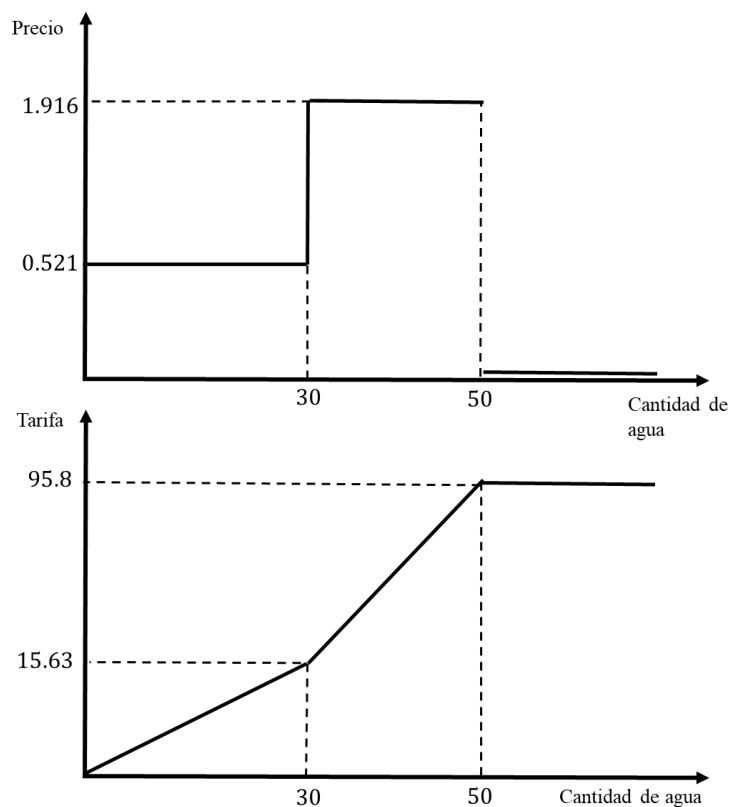


Fuente: Adaptado de Dammert, L., Molinelli, F. y Carbajal, M. (2013)

En consecuencia, se puede calificar al esquema de tarifas por bloques crecientes genera incentivos a la eficiencia desde el punto de vista económico, toda vez que permite internalizar el precio marginal creciente del agua potable y al mismo tiempo, la recuperación de costos y financiamiento de la infraestructura.

Adicionalmente, resulta interesante observar cómo se distorsionan estos incentivos cuando se incorpora a la estructura tarifaria de bloques crecientes un esquema de tarifa plana a partir de cierto rango de consumo. Esto es típico cuando conviven existen usuarios con medidor y sin medidor. Para ello, se asume que a partir de los 50 m³ el usuario no pagará ningún precio por metro cúbico, lo que mantendrá la tarifa en un nivel constante a partir de dicho nivel tal y como sucede en los hogares que no cuentan con medidor.

Figura 14: Tarifa en bloques crecientes con segmentos de tarifa fija o plana



Elaboración: Propia.

La figura 14 muestra que los individuos que estén dispuestos a pagar los servicios de agua potable por cantidades cercanas a los 50 m³, tendrán fuertes incentivos a seguir consumiendo por encima de ese nivel, ya que dichos consumos adicionales no significarán incrementos en la tarifa. Ante esto, los usuarios no medidos probablemente actúen consumiendo la mayor cantidad de agua posible siempre que se encuentre presupuestado gastar casi 100 soles en tarifas de agua. De esta manera, se observa como este tipo de esquemas mixtos aún generan incentivos para el uso ineficiente del agua potable tales como su desperdicio o sobreconsumo.

3. Medidores de agua potable

Los medidores de agua potable son dispositivos esenciales en la infraestructura de suministro de agua, diseñados para medir con precisión el consumo de agua en los hogares. Funcionan registrando el flujo y la cantidad de agua que pasa a través de las tuberías, expresando el volumen consumido en metros cúbicos

(m³). Estos medidores no solo permiten a las EPS garantizar un suministro adecuado y eficiente, sino que también facilitan un control preciso del consumo por parte de los usuarios.

Figura 15: Medidores de agua



Nota: Extraída de VVA industrial, 2024. Recuperada de <https://flujometros-caudalímetros.com/medidor-de-agua/medidor-de-agua-tratada/>

La instalación de medidores ofrece múltiples beneficios: por un lado, permite a las EPS detectar y reducir volúmenes de agua no facturados, asegurando una facturación más justa y transparente; por otro lado, proporciona a los consumidores una herramienta para monitorear su consumo y ajustar sus hábitos, promoviendo un uso más racional del agua potable. En resumen, los medidores son fundamentales tanto para las EPS como para los usuarios, al promover la eficiencia, la equidad y la sostenibilidad en el consumo de agua.

Capítulo 3. Marco normativo e institucional

De acuerdo con el párrafo 1 del artículo 3 de la Ley Marco de los Organismos Reguladores de la Inversión Privada en los Servicios Públicos (LMOR)⁹ la Sunass tiene la facultad de, en cumplimiento de su función reguladora, fijar las

⁹ Ley N° 27332.

tarifas a las EPS por la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento. Asimismo, la Ley del Servicio Universal de Agua Potable y Saneamiento (en adelante, LSU)¹⁰ establece en su artículo 7 que la Sunass le corresponde:

“(...) garantizar a los usuarios la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento en el ámbito urbano y rural; en condiciones de calidad y confiabilidad, contribuyendo a la salud de la población y a la conservación del medio del ambiente.”

Asimismo, el artículo 69 de la LSU establece que la fijación tarifaria que realiza la Sunass debe cumplir con los principios de eficiencia económica, viabilidad financiera, de equidad social, de sostenibilidad ambiental, de prevención de riesgos, de simplicidad, de transparencia.

El Reglamento General de Tarifas de los Servicios de Saneamiento brindados por Empresas Prestadoras (RGTSS)¹¹ establece los lineamientos para la determinación de la estructura tarifaria, las cuales, según estos lineamientos, está compuesta de un cargo fijo y variable. La primera variable no depende del nivel de consumo, mientras que la segunda se establece sobre la base de rangos de consumo crecientes y continuos. Esto último solo es posible cuando el volumen consumido es observable por parte de las EPS, por lo que solo los usuarios conectados a la red de agua potable con medidor podrán utilizar esta estructura tarifaria.

Sin embargo, dicho reglamento también tiene previsto la tarifa a cobrar para los hogares sin medidor a través del mecanismo denominado “asignación de consumo”. Dicho valor se determina sobre la base del consumo promedio que tienen los hogares medidos de igual categoría o clase. Actualmente, estos valores junto a los rangos de consumo para hogares medidos están contenidos en el Estudio Tarifario de Sedapal¹² y son los que se muestran en la siguiente tabla:

¹⁰ Decreto Legislativo N° 1280 modificado por el Decreto Legislativo N° 1620.

¹¹ Aprobado por Resolución de Consejo Directivo N.º 028-2021-SUNASS-CD el 27 de julio de 2021.

¹² Aprobado en Sesión de Consejo Directivo 23 de diciembre de 2021 el cual rige para el periodo 2022-2027.

Tabla 1: Valores de asignación de consumo aprobadas para Sedapal según clase y categoría

Clase	Categoría	Rango (m3/mes)	Tarifa (S/ / m ³)	Asignación de consumo (m3/mes)
Residencial	Social	0 o más	0.464	250
	Doméstico	0 a 30	0.521	50
		30 a más	1.916	
No residencial	Comercial y otros	0 a 100	1.916	400
		100 a más	2.235	
	industrial	0 a 400	2.901	3000
		400 a más	3.387	
	Estatad	0 a 2000	1.916	2000
2000 a más		2.235		

Fuente: Estudio Tarifario de Sedapal (2022-2027)

Observando los valores de la tabla 1 se puede notar que los hogares que habitualmente consumen más de 50 m³ al mes, con asignación de consumo (es decir, sin medidor) tiene incentivos a sobre consumir agua potable ya que, con esta facturación, estos hogares no pagarán por consumir más, lo que incrementa los niveles de agua no facturada.

Asimismo, el Reglamento de Calidad de la Prestación de los Servicios de Saneamiento (RCPSS)¹³ señala algunas obligaciones importantes respecto a los medidores de agua. Al respecto, su artículo 8.4 señala que toda conexión domiciliar de agua potable debe instalarse con su respectivo medidor, lo que significa que los usuarios tienen la obligación de contar con medidores en sus hogares.

El referido reglamento también señala que la empresa es responsable de financiar el costo del medidor, la instalación, la operación y el mantenimiento de

¹³ TUO del RCPSS publicado por Resolución de Consejo Directivo N.° 058-2023-SUNASS-CD.

los medidores^{14,15}. Al respecto, los costos de los medidores pueden clasificarse en costo de instalación y renovación. El primero tiene un valor aproximado de 51 soles por medidor y, el segundo alrededor de 225.50 soles ya que implica los costos de mano de obra del retiro del medidor a reemplazar más la reconexión del nuevo¹⁶. Sin embargo, no siempre las empresas pueden financiar dichos costos para la totalidad de los usuarios dentro de su ámbito de responsabilidad debido principalmente al insuficiente financiamiento en inversiones de largo plazo. Por tal razón, la EPS establecen programas que consisten en incrementar progresivamente la cantidad de usuarios medidos en su ámbito de responsabilidad.

Cabe resaltar que el reglamento faculta a la Sunass establecer un VAF equivalente al doble de la asignación de consumo de un hogar si este se opone a la instalación del medidor. Asimismo, en caso el usuario persista con oponerse a dicha instalación luego de 2 meses, la Sunass puede disponer el cierre del servicio. Sin embargo, el reglamento también prevé disposiciones en caso de que el usuario quiera voluntariamente instalar un medidor de agua en su hogar¹⁷.

Capítulo 4: Revisión de literatura empírica

La revisión de la literatura que relaciona la instalación de medidores y la elasticidad de la demanda de agua fue analizada por Arbués y Villanúa (2006). Ellos examinaron el impacto de los medidores de agua y las políticas de precios en la demanda residencial en Zaragoza, España, utilizando un enfoque econométrico que estima la elasticidad del consumo de agua con respecto al precio. Los resultados muestran que los hogares con medidores individuales son más sensibles a los cambios en el precio, con una elasticidad de la demanda de -0.56, lo que implica que un aumento del 10% en el precio del agua reduce el

¹⁴ El artículo 105 del RCPSS.

¹⁵ Sin embargo, la empresa prestadora puede trasladar este costo al titular del servicio cuando esta ha evidenciado que el medidor ha sufrido daños o alteraciones. Al respecto, el artículo 109.3 del TUO del RCPSS señala lo siguiente:

“En caso se haya verificado que el medidor ha sido dañado o alterado de tal manera que subregistre, la empresa prestadora debe informar por escrito al Titular de la Conexión Domiciliaria o usuario los resultados de la Verificación Posterior, así como la obligación de asumir el costo del nuevo medidor y el de la Verificación Inicial”.

¹⁶ Los costos han sido calculados de manera referencial a partir de los costos de instalación y renovación de medidores que figuran en los programas de inversión de la EPS Seda Cusco en su Estudio Tarifario 2020 – 2025.

¹⁷ Ver artículo 105.2 del RCPSS.

consumo en un 5.6%. Además, el análisis revela que la elasticidad es heterogénea según el tamaño del hogar: en los hogares más pequeños, la elasticidad es mayor, mientras que en los hogares más grandes el efecto es menos pronunciado. El estudio también concluye que la instalación de medidores, combinada con una estructura de tarifas progresivas, es clave para fomentar el ahorro de agua. De hecho, los autores estiman que la combinación de estas políticas podría reducir el consumo de agua en un 15-20% en el largo plazo, subrayando la importancia de los medidores para mejorar la eficiencia en el uso del recurso y promover su conservación sostenible.

Por su parte, Reynaud, Pons y Pesado (2018), quienes emplean un modelo econométrico de datos de panel para analizar la demanda de agua residencial en Andorra, muestran que la instalación de medidores individuales reduce significativamente el consumo de agua en los hogares, con una elasticidad de la demanda de -0.7. Es decir, un aumento del 10% en el precio del agua lleva a una reducción del 7% en el consumo. Además, identifican efectos heterogéneos, ya que el impacto es mayor en hogares unifamiliares y con ingresos más altos, mientras que en viviendas multifamiliares el efecto es menos pronunciado. Asimismo, destacan que la variación estacional influye en los patrones de consumo, siendo los meses de invierno los de mayor uso debido al turismo, aunque la presencia de medidores contribuye a mitigar el consumo excesivo durante estas épocas.

Asimismo, Teodoro da Silva et al. (2021) modelaron el consumo de agua en edificios multifamiliares del sur de Brasil, con el objetivo de evaluar cómo la instalación de medidores individuales afecta el uso del agua. Utilizando datos recopilados de edificios residenciales entre 2017 y 2019, los autores emplean un modelo econométrico para estimar la elasticidad del consumo de agua en función de la instalación de medidores. Los resultados revelan que la introducción de medidores individuales conduce a una reducción significativa del consumo de agua, con una elasticidad estimada de -0.45, lo que implica que un aumento del 10% en el precio del agua se asocia con una disminución del 4.5% en el consumo. Además, el estudio identifica diferencias significativas entre los edificios con y sin medidores, mostrando que aquellos con medidores individuales consumen, en promedio, un 20% menos de agua.

Respecto a los estudios que analizaron sobre el diseño de esquemas tarifarios y políticas de tarificación de agua para lograr la eficiencia en el consumo, Ueda y Moffatt (2012) desarrollan un esquema tarifario socialmente eficiente en el contexto del sistema de medición opcional de Inglaterra, donde los hogares que no cuentan con medidores pagan una tarifa proporcional al valor catastral (VR) de su propiedad. Sus resultados evidencian un problema de selección adversa: los hogares más ricos tienen mayor probabilidad de optar por la medición, pero experimentan una reducción menor en su consumo de agua una vez que instalan el medidor. Los autores demuestran que, los resultados muestran que por cada aumento del 10% en el VR, la probabilidad de que un hogar elija la medición aumenta en un 5%, pero la reducción en el consumo de agua es solo del 2%. Finalmente, concluyen que una tarifa óptima de dos partes puede desempeñar un papel crucial en lograr eficiencia social, incentivando a los hogares de menores ingresos a instalar medidores y desalentando a los hogares más ricos.

En esa línea, Cowan (2010) analiza la eficiencia de las políticas de medición de agua cuando los consumidores inicialmente no cuentan con medidores, considerando la heterogeneidad en las funciones de demanda de los hogares como el factor determinante para decidir si un hogar debe ser medido desde una perspectiva social. Su análisis es estrictamente teórico, investigando esquemas tarifarios que producirían resultados socialmente eficientes bajo un sistema de medición opcional. El estudio examina escenarios donde las empresas de agua tienen, o no, información sobre el tipo de hogar (es decir, su sensibilidad a la demanda de agua). Cowan argumenta que los hogares menos sensibles al precio del agua serían más propensos a optar por la medición, lo que genera un problema de selección adversa, ya que aquellos que resultan más costosos de atender son los que tienden a elegir el servicio. Sin embargo, concluye que, si las empresas conocen los tipos de hogares, podrían diseñar esquemas tarifarios que desincentiven la instalación de medidores en los hogares más costosos, asumiendo que esta información esté disponible para las empresas.

En cuanto a los estudios que abordan el impacto de la instalación de medidores de agua, así como efectos heterogéneos para distintos tipos de hogares se tiene a Castillo-Manzano et al. (2013). Tales autores analizan el impacto del cambio de medidores comunitarios a medidores individuales en el consumo de agua

doméstica en Sevilla. Los autores emplearon modelos de series de tiempo para evaluar este efecto. Los resultados muestran la elasticidad del consumo de agua con respecto a los medidores individuales pasó de -0.307 antes de 2006 a -1.317 tras la implementación de un sistema de tarificación por habitante. Esto significa que, a partir de 2006, una variación del 1% en la proporción de hogares con medidor se tradujo en una reducción del 1.317% en el consumo de agua. Por su parte, durante el periodo de análisis (1998-2010), el aumento del 41.71% en la proporción de hogares con medidores individuales se asoció con una reducción acumulada del 37.52% en el consumo de agua doméstico.

Cruz et al. (2017) investigan los factores que determinan el consumo doméstico de agua en Hermosillo, México, en un contexto de suministro continuo de agua las 24 horas. Para el estudio, recopilaron datos primarios mediante una muestra probabilística y una encuesta de 65 preguntas, aplicada a 403 hogares durante seis semanas entre febrero y marzo de 2015. Las encuestas, con una duración promedio de 10 minutos, se diseñaron para captar información detallada sobre las características de los hogares y sus patrones de consumo de agua. Utilizando un análisis de regresión múltiple basado en mínimos cuadrados ordinarios (MCO), los resultados revelan que los hogares que cuentan con sistemas de medición de agua tienden a consumir menos agua, destacando la importancia de la medición en la gestión eficiente del recurso.

Ornaghi y Tonin (2021) evalúan el impacto del programa de medición universal en el consumo de agua, bienestar y equidad en Inglaterra. Utilizando datos primarios del primer programa obligatorio de medición a gran escala, que abarca desde enero de 2011 hasta octubre de 2016, los autores emplean modelos de datos de panel con efectos fijos para su análisis. Sus resultados muestran una reducción del 22% en el consumo de agua tras la instalación de los medidores, una cifra notablemente superior a la meta de política pública (12.5%). Además, se identificó una heterogeneidad significativa en las respuestas de los hogares, lo que sugiere que un programa de micromedición selectiva, enfocado en los hogares más sensibles a los precios, podría mejorar aún más el bienestar social. El estudio también muestra que los hogares de ingresos altos se beneficiaron financieramente del nuevo esquema tarifario, mientras que los hogares de

ingresos bajos experimentaron un aumento promedio en sus facturas de entre 20 y 23 euros anuales.

Capítulo 5: Hipótesis

La hipótesis principal del presente trabajo de investigación sostiene que la instalación de medidores de agua potable induce una reducción en el consumo de los hogares. Esto se debe a que los hogares que pagan una tarifa fija tienden a no enfrentar un costo marginal por el agua consumida, lo que incentiva el sobreconsumo. Sin embargo, al instalar medidores, los hogares se enfrentan a un precio marginal positivo, lo que los motiva a ajustar su consumo de acuerdo con las predicciones del modelo de comportamiento del consumidor. Este comportamiento responde a la evidencia teórica y empírica mostrada en las secciones anteriores, en la que los hogares, al enfrentarse a un costo marginal positivo por cada unidad adicional de agua consumida, ajustan su demanda para maximizar su utilidad bajo una nueva restricción presupuestaria.

De esta hipótesis principal, se desprenden dos hipótesis secundarias las cuales se muestran a continuación:

- a. Los hogares que tienden a consumir más, experimentan mayores efectos en la reducción del consumo de agua potable.
- b. Los hogares que pasan menos tiempo con el medidor instalado, experimentan mayores efectos en la reducción del consumo de agua potable.

Capítulo 6: Lineamientos metodológicos

a. Base de datos

La información recopilada corresponde a la base comercial de la EPS Sedapal, cuya unidad de análisis es el hogar, seguidos en periodos mensuales desde octubre del año 2016 a setiembre del año 2019, cubriendo un total de 36 meses. La muestra incluye un total de 813,179 hogares, generando 29,274,444 observaciones, y contiene variables como el tipo de servicio, modalidad de facturación, volumen de agua consumido, estado del medidor, entre otras. Cabe destacar que se vio por conveniente no incluir datos a partir de los años 2020 debido a las medidas adoptadas por Sedapal frente a las consecuencias del

Covid-19 en cumplimiento del Decreto de Urgencia N.º 036-2020¹⁸. Estas disposiciones incluyeron, entre otras medidas el fraccionamiento de los recibos pendientes de los usuarios. Posteriormente, la Sunass emitió disposiciones complementarias¹⁹ orientadas a la suspensión del cierre de servicio y el otorgamiento de facilidades de pago de los recibos de agua potable y saneamiento, lo cual alteró las condiciones normales de consumo y facturación.

Considerando lo mencionado en el párrafo anterior, la muestra se reduce de 813,179 a 6,291 hogares, representando esta última cantidad un total de 226,476 observaciones que es el 0.77% de la muestra, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2: Clasificación del hogar según condición respecto al medidor

Condición del hogar	Cantidad de hogares	Cantidad de observaciones	Porcentaje (%)
Medidor instalado desde antes	770,568	27,740,448	94.76
Sin medidor durante el periodo de análisis	36,320	1,307,520	4.47
Instaló el medidor en algún momento del periodo de análisis	6,291	226,476	0.77
Totales	813,179	29,274,444	100.00

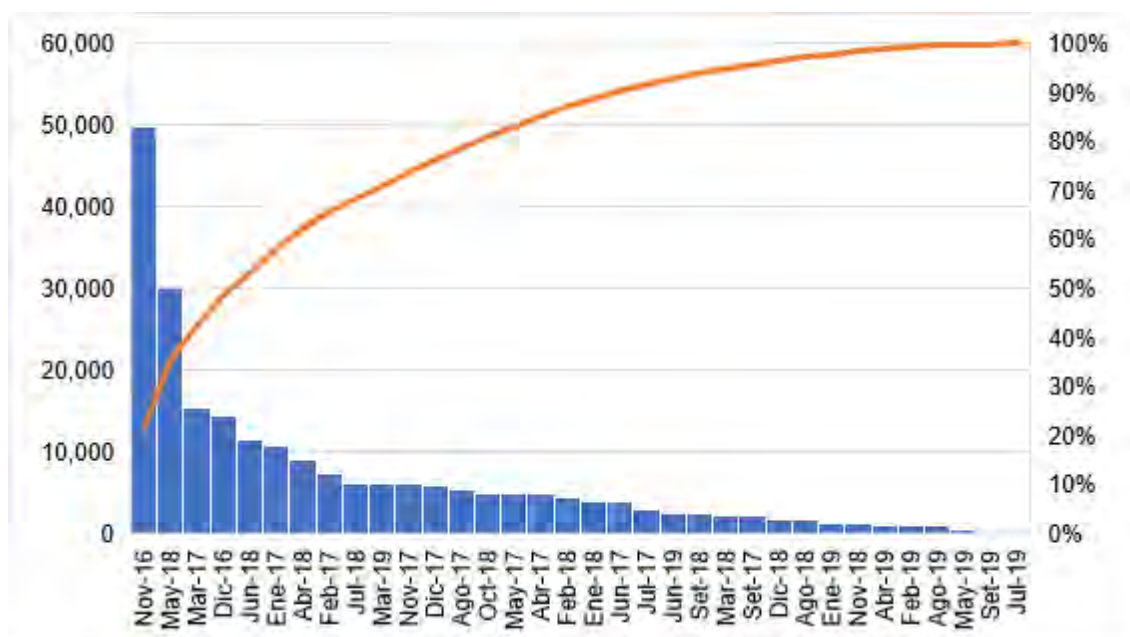
Elaboración: Propia.

En adición a lo mencionado en el párrafo anterior, los hogares que conforman la muestra final instalaron el medidor en diferentes momentos, como se muestra en la figura 16. La figura revela que la mayoría de los hogares instaló el medidor en noviembre de 2016, manteniendo el medidor durante 35 meses. Por su parte, el segundo grupo más grande de hogares instaló el medidor desde mayo de 2018, lo que implica 18 meses con el medidor instalado, y así sucesivamente.

¹⁸ Decreto de urgencia que establece medidas complementarias para reducir el impacto de las medidas de aislamiento e inmovilización social obligatoria, en la economía nacional y en los hogares vulnerables, así como garantizar la continuidad de los servicios de saneamiento, frente a las consecuencias del covid-19. Publicado el viernes 10 de abril de 2020 en El Peruano.

¹⁹ Resolución de Consejo Directivo N.º 018-2020-SUNASS-CD publicada el 15 de junio del 2020 en El Peruano.

Figura 16: Distribución de hogares según momento de instalación de medidor (meses)

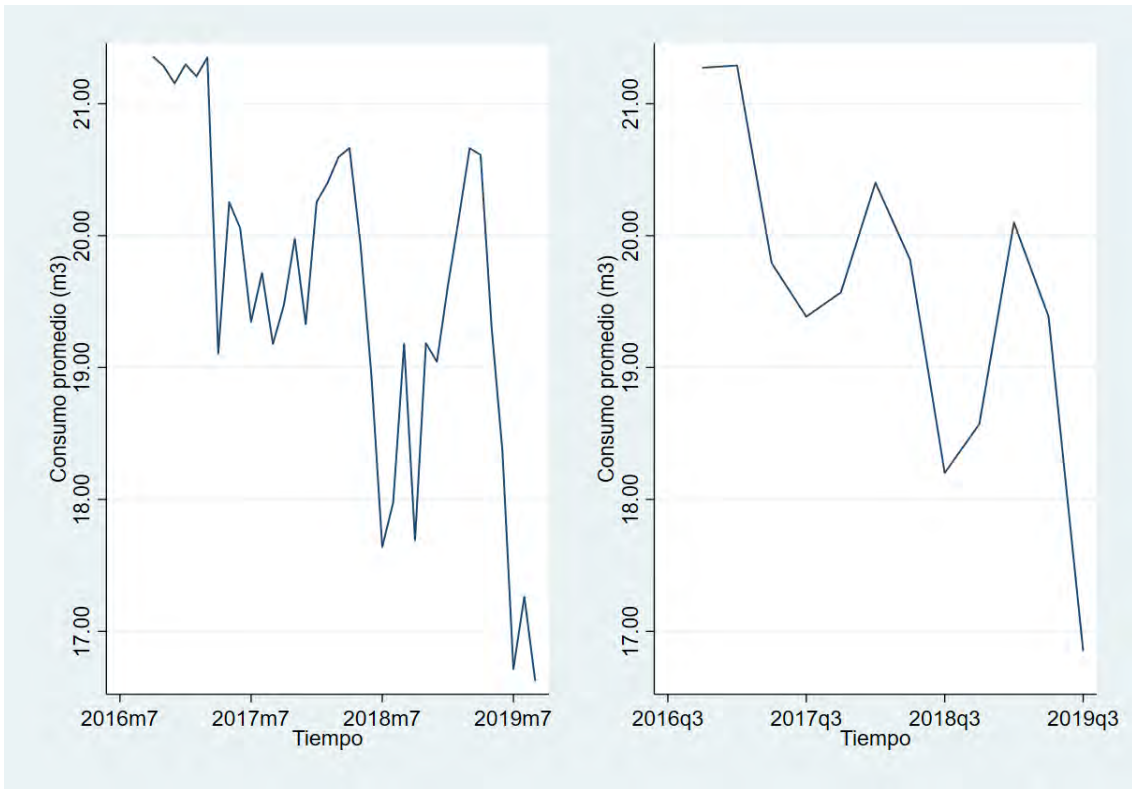


Elaboración: Propia.

En consecuencia, resulta necesario dividir la muestra en submuestras que representen cada momento de instalación por separado, permitiendo así observar el efecto del medidor en cada grupo de hogares. Adicionalmente, se decidió transformar los datos mensuales a trimestrales mediante el cálculo del promedio con el fin de agruparlos en intervalos más amplios y mitigar variabilidad en la demanda de agua potable causada por factores estacionales o interrupciones del servicio²⁰. Cabe resaltar que tal transformación no implica pérdida de información, dado que los valores de consumo de agua se miden de manera discreta por lo que su medición trimestral es análoga con los consumos mensuales (ver figura 17).

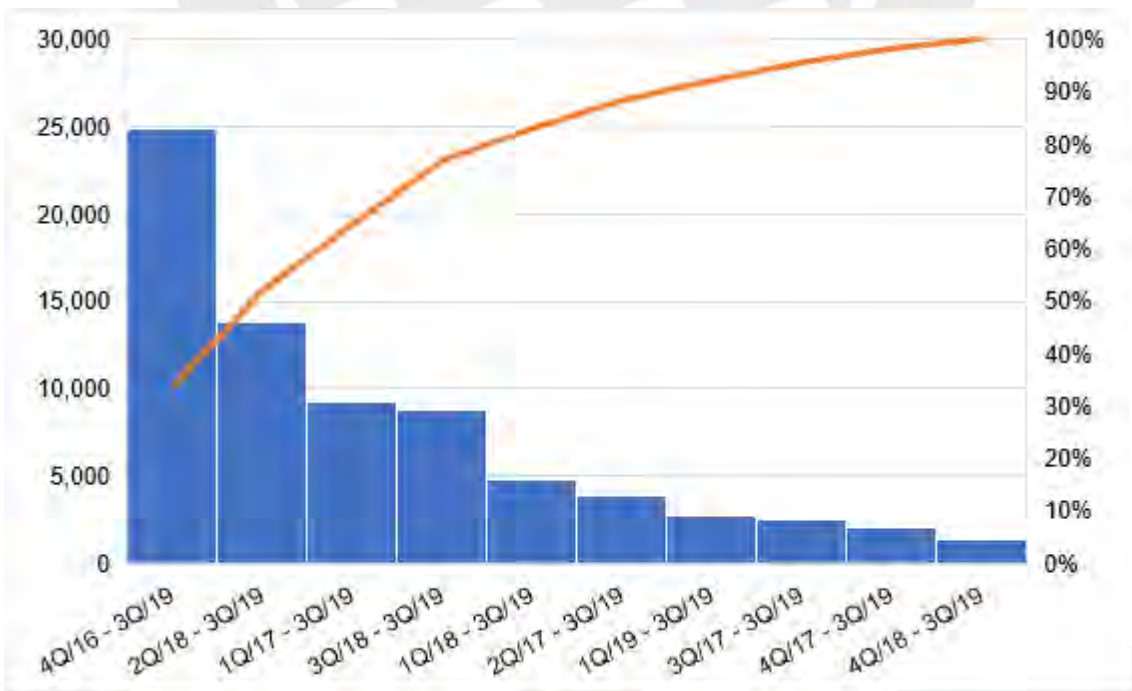
²⁰ Estos eventos son muy usuales en el territorio peruano debido a los fenómenos naturales que desencadenan el colapso de tuberías de alcantarillado (fenómeno del Niño y la Niña) e implican la interrupción parcial del servicio por periodos relativamente largos.

Figura 17: Evolución del consumo promedio en periodos mensuales y periodos trimestrales



Elaboración: Propia.

Figura 18: Distribución de hogares según momento de instalación de medidor (trimestres)



Elaboración: Propia.

Como resultado, la base de datos final se estructuró en un panel de datos con 6,291 hogares, distribuidos en 12 trimestres consecutivos desde el cuarto trimestre de 2016 hasta el tercer trimestre de 2019, lo que suma un total de 75,492 observaciones.

b. Variables

La variable dependiente del modelo corresponde al volumen de agua potable consumida por el hogar. Para la construcción, se utilizó el consumo de agua potable registrado un trimestre después de la instalación del medidor. Esto debido a que se requieren al menos dos lecturas válidas del medidor para poder calcular el consumo real de agua, lo que implica un tiempo aproximado de dos meses²¹. De este modo, si un hogar instaló el medidor durante algún mes del primer trimestre, el consumo de agua asociado a ese hogar corresponderá al consumo del siguiente trimestre, es decir, en el segundo trimestre.

Es importante señalar que los consumos trimestrales podrían verse afectados por consumos que no correspondan a la primera lectura del medidor. Sin embargo, considerando que algunos hogares instalar los medidores fuera del ciclo de facturación mensual, el primer registro de consumo real podría corresponder al mes siguiente, lo que estaría capturado dentro del trimestre.

La variable tratamiento (instalación del medidor) toma el valor de cero en el trimestre en el que se registró el primer consumo medido del hogar. Este trimestre refleja el consumo que el hogar habría tenido sin el medidor, bajo el supuesto que el hogar no ha estado expuesto el tiempo suficiente al tratamiento como para que la instalación del medidor incluya en su consumo. Al respecto, los trabajos de Heckman y Vytlacil (2007), Angrist y Pischke (2009) y Imbens y Wooldridge (2009) han advertido cómo la exposición insuficiente al tratamiento puede afectar la calidad de los estimadores, por lo que recomiendan que la identificación se plantee bajo supuestos de exposición razonables.

En esa línea, la variable tratamiento se escribe matemáticamente del siguiente modo:

²¹ De acuerdo con lo señalado en el artículo 93 del TUO del RCPSS referido a la determinación del VAF.

$$med_{h,t} = \begin{cases} med_{h,t=1} = 0, & \text{el hogar } h \text{ en el trimestre } t = 1 \\ med_{h,t>1} = 1, & \text{el hogar } h \text{ con medidor } (t > 1) \end{cases}$$

En cuanto a las variables independientes, estas corresponden a la continuidad del servicio de agua potable el cual puede variar entre 1 a 24 horas al día, además de incorporar variables dummy por sector (lima este, oeste, norte y sur) y para los periodos de alta demanda (enero, febrero y marzo), así como efectos temporales por trimestre.

c. Metodología

La metodología a utilizar se basa en un modelo de regresión cuantílica de datos de panel. Tal técnica, a diferencia de los modelos de regresión tradicional asumen el supuesto de normalidad ya que la distribución puede ser asimétrica. Koenker y Bassett (1978) introducen este concepto como una extensión de los modelos de regresión tradicionales, permitiendo el análisis de las relaciones entre variables a lo largo de diferentes puntos de la distribución condicional de la variable dependiente. Este enfoque es especialmente útil cuando se sospecha que los efectos de las variables independientes varían a lo largo de la distribución, proporcionando una visión más completa que la regresión por mínimos cuadrados ordinarios (MCO), que se enfoca únicamente en la media condicional.

En el contexto de datos de panel, donde las observaciones se realizan en múltiples periodos para las mismas unidades (hogares), la regresión cuantílica puede incorporar efectos fijos para capturar la heterogeneidad no observada que podría influir en la variable dependiente. Al respecto, Machado y Santos Silva (2019) propusieron un estimador de escala y localización que permite la inclusión de efectos fijos en el marco de la regresión cuantílica, evitando problemas comunes como el de los parámetros incidentales. Este enfoque es particularmente útil en situaciones donde se requiere capturar cómo los efectos de las variables independientes varían no solo en la media, sino a lo largo de toda la distribución, y donde la heterogeneidad no observada puede afectar estas relaciones.

Entre las principales ventajas del modelo de regresión cuantílica con efectos fijos sobre las regresiones tradicionales (como MCO) son su capacidad para:

- a) Capturar heterogeneidad en los efectos: Permite analizar cómo el impacto de las variables independientes cambia en diferentes puntos de la distribución de la variable dependiente, algo que el MCO no puede hacer.
- b) Controlar por heterogeneidad no observada: A través de la inclusión de efectos fijos, se controla por características no observadas que podrían sesgar las estimaciones.
- c) Evitar supuestos fuertes de homocedasticidad: El modelo no asume una varianza constante en los errores, permitiendo una mayor flexibilidad en la modelización de datos complejos.

Asimismo, este modelo es especialmente adecuado para analizar el consumo de agua potable, ya que esta puede estar influenciada por múltiples factores que varían a lo largo de diferentes cuantiles de la distribución del consumo. Por ejemplo, los hogares con diferentes niveles de consumo podrían responder de manera distinta a cambios en precios o políticas, y estos efectos podrían no ser captados adecuadamente por un modelo que se enfoque solo en la media. La inclusión de efectos fijos permite controlar por factores no observados, como las características específicas del hogar, que podrían influir en el consumo de agua de manera consistente a lo largo del tiempo. Este enfoque permite una mejor identificación de los efectos reales de políticas, como la instalación de medidores, sobre la demanda de agua potable en diferentes segmentos de la población.

La especificación econométrica que exhibe la regresión con cuantiles se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$Q_{y_{it}}(\tau|X_{it}, \alpha_i) = X'_{it}\beta(\tau) + \alpha_i(\tau)$$

Donde:

- $Q_{y_{it}}(\tau|X_{it}, \alpha_i)$ es el cuantil τ de la distribución condicional de la variable dependiente y_{it} dado el vector de variables independientes X_{it} y los efectos fijos $\alpha_i(\tau)$.
- X_{it} es un vector de variables explicativas para la unidad i en el tiempo t .

- $\beta(\tau)$ es un vector de coeficientes asociados al cuantil τ , que mide el impacto de las variables X_{it} en el cuantil τ de la distribución de y_{it} .
- $\alpha_i(\tau)$ representa los efectos fijos individuales que pueden variar a través de los cuantiles, capturando la heterogeneidad no observada en las unidades de análisis.

En tal sentido, para estimar el impacto de la instalación de medidores sobre el consumo de los hogares se propone la siguiente especificación:

$$Q_{Consumo_{h,t+1}}(\tau | med_{ht}, X_{ht}, \alpha_i, \eta_t) = \beta(\tau)med_{ht} + X'_{ht}\theta(\tau) + \alpha_i(\tau) + \eta_t(\tau)$$

Donde $Consumo_{i,t+1}$ representa el logaritmo del volumen consumido de agua del hogar “ h ” en el trimestre “ $t + 1$ ”, α_i es un intercepto específico a cada hogar (efecto fijo por hogar), este término controla por cualquier variable observable o no observable que sea invariante en el tiempo. De manera similar, η_t , representa un efecto fijo por trimestre, este término controla por cualquier shock agregado que afecta a la economía en cada periodo. Por su parte, la variable med_{ht} es una dummy que indica si en el hogar “ h ” se ha instalado un medidor de agua en el trimestre “ t ”. Nótese que el supuesto de identificación consiste en que, luego de condicionar por los efectos fijos por hogar y trimestre, la variable de tratamiento med_{ht} es ortogonal al error. Además, para incorporar el hecho de posible heterocedasticidad y autocorrelación entre los hogares de un mismo distrito, se utilizan errores estándar clusterizados a nivel distrital.

Así, el parámetro estimado $\hat{\beta}$ estaría representando el cambio en el logaritmo del consumo de agua potable en el cuantil τ en el hogar producto de la instalación del medidor.

Capítulo 7: Resultados

En esta sección se presentan los resultados de la especificación econométrica planteada bajo la metodología de datos de panel efectos fijos. Sin embargo, en aras de calcular adecuadamente el impacto de la instalación de medidores sobre el consumo de los hogares, se procedió a subdividir la muestra en 9 paneles los cuales se detallan a continuación:

Tabla 3: Estadísticos de paneles propuestos para estimación

Panel	Periodo de análisis (trimestres)	Observaciones y grupos
1	4Q 2016 a 3Q 2019	Obs: 11770, Grupos: 1070
2	1Q 2017 a 3Q 2019	Obs: 7650, Grupos: 765
3	2Q 2017 a 3Q 2019	Obs: 2907, Grupos: 323
4	3Q 2017 a 3Q 2019	Obs: 3040, Grupos: 380
5	4Q 2017 a 3Q 2019	Obs: 2765, Grupos: 395
6	1Q 2018 a 3Q 2019	Obs: 6912, Grupos: 1152
7	2Q 2018 a 3Q 2019	Obs: 2660, Grupos: 532
8	3Q 2018 a 3Q 2019	Obs: 812, Grupos: 203
9	4Q 2018 a 3Q 2019	Obs: 339, Grupos: 113

Elaboración: Propia.

Por otro lado, la tabla 4, 5 y 6 muestra algunos estadísticos descriptivos relevantes de cada panel para las variables de consumo de agua, horas de agua al día y días a la semana con el servicio.

Tabla 4: Estadísticos descriptivos de variable consumo de agua

Panel	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
1	16.656	8.236	1	52.667
2	17.249	8.669	0.81	49
3	17.696	9.226	1.667	50.333
4	17.735	9.087	1	50.833
5	18.029	8.645	1.333	52
6	17.831	8.693	1.333	52
7	16.696	8.135	1	47.667
8	16.115	9.403	1.333	51
9	17.597	10.799	2.667	50.333

Elaboración: Propia.

Tabla 5: Estadísticos descriptivos de variable horas al día con agua

Panel	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
1	21.763	5.131	2	24
2	23.213	2.920	2	24
3	23.092	3.152	6	24
4	23.105	2.830	3	24
5	18.864	7.115	3	24
6	17.716	7.218	3	24
7	14.747	8.275	0	24
8	20.427	5.899	3	24
9	18.889	5.477	6	24

Elaboración: Propia.

Tabla 6: Estadísticos descriptivos de variable días a la semana con agua

Panel	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
1	6.954	0.369	2.667	7
2	6.962	0.346	2.333	7
3	6.998	0.087	2.333	7
4	6.979	0.247	3.667	7
5	6.959	0.342	3.667	7
6	6.994	0.125	3.667	7
7	6.791	1.019	0	7
8	7	0	7	7
9	7	0	7	7

Elaboración: Propia.

Asimismo, en el anexo 2 se muestran los gráficos de caja del logaritmo del volumen consumido de agua potable para cada panel a fin de detectar valores atípicos que puedan generar distorsiones en las estimaciones. Así, el referido anexo evidencia la presencia de valores atípicos ubicados en la cola inferior de la caja, sugiriendo que una estimación basada en el promedio no sería la más adecuada. En tal sentido, se propone efectuar una regresión cuantifica con efectos fijos considerando cuantil 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, lo cual permitirá modelar y entender mejor el comportamiento de la variable dependiente en esa

parte específica de la distribución, donde los valores son más pequeños y los valores atípicos están presentes.

En ese orden de ideas, la tabla 7 muestra el impacto que genera la instalación de medidores sobre el consumo de agua potable de los hogares.

Tabla 7: Resultados de impacto de la instalación de medidores

Panel ²²	Impacto de la instalación de medidor (Med) sobre el consumo de agua potable				
	(1) Cuantil 0.10	(2) Cuantil 0.20	(3) Cuantil 0.30	(4) Cuantil 0.40	(5) Cuantil 0.50
1	-0.130*** (-3.31)	-0.157*** (-5.58)	-0.176*** (-7.07)	-0.196*** (-7.08)	-0.215*** (-6.18)
2	-0.0458 (-1.68)	-0.0652** (-3.04)	-0.0796*** (-4.44)	-0.0922*** (-5.76)	-0.106*** (-6.85)
3	-0.040*** (-850.72)	-0.0443*** (-1099.05)	-0.0446*** (-1308.07)	-0.0448*** (-1519.25)	-0.0450*** (-1757.88)
4	-0.0364 (-0.99)	-0.0496 (-1.68)	-0.0607* (-2.48)	-0.0703** (-3.24)	-0.0806*** (-3.85)
5	-0.242*** (-7.63)	-0.245*** (-9.97)	-0.247*** (-11.85)	-0.249*** (-13.39)	-0.251*** (-14.12)
6	-0.187 (-0.59)	-0.198*** (-3.73)	-0.206 (-1.37)	-0.214 (-0.63)	-0.223 (-0.40)
7	-0.225*** (-146.16)	-0.238*** (-211.64)	-0.249*** (-277.44)	-0.261*** (-302.73)	-0.273*** (-248.94)
8	-0.109 (-1.10)	-0.108 (-1.30)	-0.108 (-1.55)	-0.107 (-1.85)	-0.106* (-2.51)
9	-0.183** (-2.99)	-0.181*** (-3.34)	-0.177*** (-3.88)	0.172*** (-4.63)	-0.168*** (-4.99)

Nota: Entre paréntesis se muestran los errores estándar clusterizados por distrito. Las regresiones han sido trabajadas con el software econométrico Stata empleando xtreg y xtqreg. Los niveles de significancia son: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Elaboración: Propia.

²² El panel 10 se excluyó del análisis debido a que el número de periodos de observación es insuficiente.

Los resultados de los coeficientes estimados presentados en la tabla muestran efectos heterogéneos de la instalación de medidores en distintos niveles de consumo de agua potable. En todas las columnas, los coeficientes son negativos y estadísticamente significativos en su mayoría, lo que sugiere que la instalación de medidores está asociada con una reducción en el consumo de agua, en mayor o menor medida dependiendo del cuantil analizado.

Para los hogares en los cuantiles más bajos de consumo (0.10 a 0.30), los coeficientes son consistentemente negativos y significativos. En el cuantil 0.10, el coeficiente es de -0.130 en el Panel 1, lo que implica que los hogares con menores niveles de consumo redujeron su consumo en aproximadamente un 13% en respuesta a la instalación del medidor. Conforme avanzamos al cuantil 0.30, la magnitud del efecto aumenta, lo que sugiere que los hogares en estos cuantiles bajos son sensibles a la instalación del medidor y tienden a reducir su consumo.

En los hogares de consumo medio, que se encuentran alrededor del cuantil 0.40 y la mediana (0.50), también se observa una reducción significativa en el consumo de agua. Por ejemplo, en el Panel 1, el coeficiente para el cuantil 0.50 es de -0.215, lo que indica una reducción del 21.5% en el consumo de agua. En general, estos hogares muestran una reducción de magnitud creciente, lo que sugiere que los efectos de los medidores son más pronunciados en los consumidores intermedios.

Lo anterior permite validar la primera hipótesis secundaria al notar que los hogares que tienden a consumir más experimentan una mayor reducción del consumo luego de la instalación de los medidores.

Adicionalmente, también se valida la segunda hipótesis secundaria ya que los hogares recién incorporados al sistema de medidores experimentan efectos iniciales más fuertes debido al cambio repentino en su estructura de precios.

Conclusiones

El presente estudio evaluó el impacto de la instalación de medidores sobre el consumo de agua potable en los hogares de Lima Metropolitana, demostrando que la implementación de medidores contribuyó a reducir el consumo de agua. Utilizando un enfoque de datos de panel y regresiones cuantílicas con efectos

fijos para el periodo 2016–2019, se dividió la muestra para captar el impacto en diferentes momentos de la instalación de medidores. Los coeficientes negativos y significativos indican que la instalación de medidores reduce el consumo de agua en los diferentes cuantiles analizados. Específicamente, los hogares ubicados en los cuantiles más bajos (0.10, 0.20, 0.30) experimentan reducciones menores en su consumo, lo cual podría estar relacionado con patrones de uso básico o necesidades mínimas de agua, mientras que los hogares con mayores niveles de consumo (cuantiles más altos) muestran una mayor reducción en su consumo. Esto último muestra que la instalación de medidores en los hogares logra su objetivo de promover la racionalización del consumo de agua potable sobre todo para el segmento de hogares que aprovechaban la tarifa plana para consumir elevadas cantidades de agua potable.

Estos resultados son consistentes con lo encontrado por Castillo-Manzano et al. (2013), quienes observaron que, tras la introducción de medidores individuales, el consumo de agua doméstico en Sevilla experimentó una reducción significativa del 37.52% durante el período de análisis, evidenciando la importancia de los medidores en la racionalización del consumo.

Por otro lado, a pesar de que la instalación de medidores en Hermosillo, México (Cruz et al., 2017), también redujo el consumo de agua, parece que la efectividad de los medidores en este caso está más asociada con la optimización del suministro continuo de agua las 24 horas. En ese contexto, los medidores ayudaron a gestionar eficientemente el recurso, probablemente porque los hogares tienen acceso constante al agua. Sin embargo, en el caso de Lima, se observa una menor reducción en el consumo de los hogares ubicados en los cuantiles más bajos (con uso básico de agua), lo que indica que los medidores no incentivaron significativamente el ahorro en estos hogares. Esto podría explicarse porque estos hogares ya utilizaban solo el agua necesaria para cubrir sus necesidades básicas, por lo que la instalación de medidores no generó un ahorro adicional importante.

Además, los resultados de Ornaghi y Tonin (2021) en Inglaterra muestran una consistencia notable con los hallazgos de la presente investigación respecto al impacto de los medidores en hogares de mayores ingresos. En ambos casos, los hogares que históricamente consumían más agua, generalmente aquellos

con mayores ingresos, son los que más ajustaron su consumo tras la instalación de medidores. Este patrón coincide con lo observado en Lima, donde los hogares en los cuantiles más altos, con niveles de consumo elevados, también mostraron una reducción significativa tras la implementación de medidores.

Es así como los resultados mostrados en la presente investigación refuerzan la efectividad de los programas de micromedición como una herramienta para la gestión de recursos hídricos. Las diferencias observadas entre los cuantiles sugieren que es necesario considerar la heterogeneidad de los hogares al diseñar tarifas de agua, de modo que se logre un balance adecuado entre la conservación del recurso y la equidad en el acceso a este servicio esencial.

Recomendaciones

La instalación de medidores de agua es crucial para fomentar el uso eficiente y racional del recurso hídrico. Esta práctica no solo contribuye a una facturación más precisa y justa para las empresas de agua, permitiéndoles cubrir completamente sus costos operativos, sino que también promueve la sostenibilidad del recurso a largo plazo.

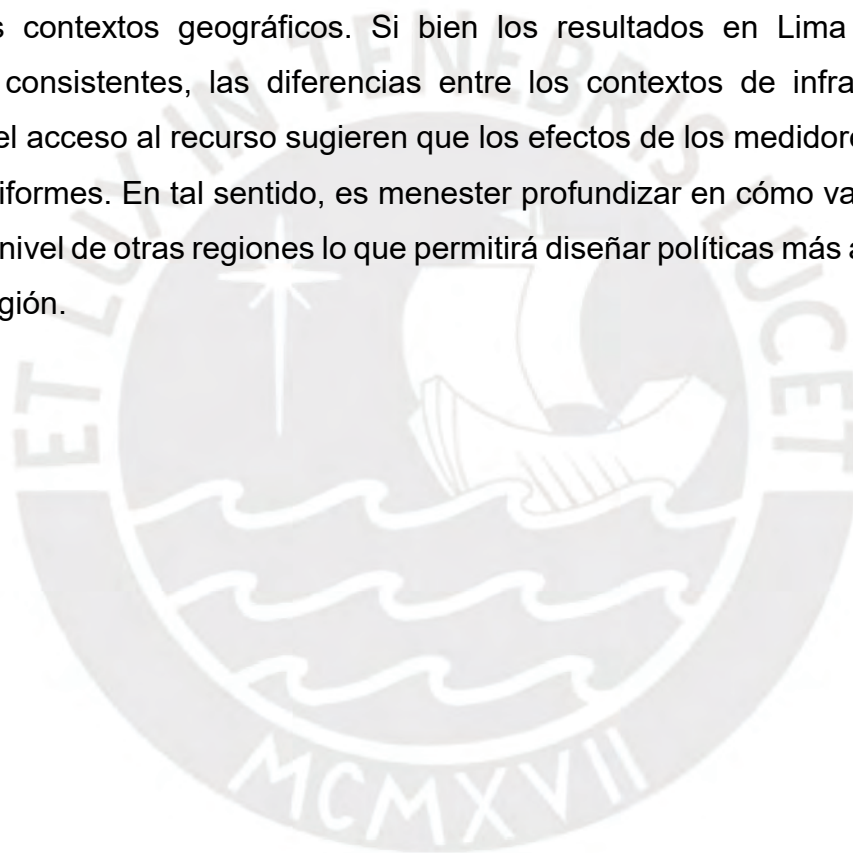
Por tal motivo, es importante el financiamiento de la instalación de medidores de agua en los hogares, tanto en términos operativos como financieros. Para asegurar que estas inversiones no sólo se concreten, sino que también se sostengan en el largo plazo, es necesario adoptar un enfoque estratégico en cuanto a la obtención de recursos en la que participe el sector privado a través de asociaciones público-privadas (APP). Este esquema permitiría que el sector privado financie la instalación y operación inicial, mientras que la EPS recuperaría la inversión a través de los ingresos generados por los nuevos usuarios medidos. Además, los incentivos fiscales y programas de sensibilización sobre la importancia del uso eficiente del agua podrían complementar estas iniciativas, incentivando la participación de los usuarios en la transición hacia un sistema medido.

Dada la situación compleja de algunas EPS en términos de los niveles de agua no facturada elevados, lo que incide en la calidad del servicio que brindan, es menester priorizar estos aspectos vinculados al financiamiento de este tipo de

infraestructura, así como en la capacitación técnica para su operación y mantenimiento.

Asimismo, es importante seguir explorando cómo influyen las características socioeconómicas y demográficas en la efectividad de la instalación de medidores ya que estos factores influyen en las decisiones de consumo de agua. Estas investigaciones podrían ayudar a identificar qué otros factores pueden potenciar o limitar el impacto de los medidores, brindando una visión más completa de su efectividad.

Además, se requiere una mayor atención a los efectos heterogéneos en diferentes contextos geográficos. Si bien los resultados en Lima muestran patrones consistentes, las diferencias entre los contextos de infraestructura hídrica y el acceso al recurso sugieren que los efectos de los medidores pueden no ser uniformes. En tal sentido, es menester profundizar en cómo varían estos efectos a nivel de otras regiones lo que permitirá diseñar políticas más adaptadas a cada región.



Referencias bibliográficas

Abbott, M., y Cohen, B. (2009). Productivity and efficiency in the water industry. *Utilities Policy*, 17(3–4), 233–244.

Angrist, J., y Pischke, J. (2009). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton University Press.

Arbués, F., y Villanúa, I. (2006). Potential for pricing policies in water resource management: Estimation of urban residential water demand in Zaragoza, Spain. *Urban Studies*, 43(13), 2421-2442.

Castillo-Manzano, J., Lopez-Valpuesta, L., Marchena-Gómez, M., y Pedregal, D. (2013). How much does water consumption drop when each household takes charge of its own consumption? The case of the city of Seville. *Applied Economics*, 45 (32), 4465-4473.

Carvalho, P., Marques, R., y Berg, S. (2012). A meta-regression analysis of benchmarking studies on water utilities market structure and performance. *Utilities Policy*, 21, 40-49.

Cowan, S. (2010). The welfare economics of optional water metering. *The Economic Journal*, 120 (545), 800-815.

Dammert, L., Molinelli, F. y Carbajal, M. (2013). *Teoría de la Regulación Económica*. Fondo editorial de la Universidad San Martín de Porres.

Heckman, J., y Vytlacil, E. (2007). Econometric Evaluation of Social Programs, Part I: Causal Models, Structural Models and Econometric Policy Evaluation. *Handbook of Econometrics* (Vol. 6B, pp. 4779–4874). Elsevier.

Imbens, G., y Wooldridge, J. (2009). Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation. *Journal of Economic Literature*, 47(1), 5-86.

INEI (2018). Anuario de estadísticas ambientales. Lima, Perú.

Koenker, R., y Bassett, G. (1978). Regression Quantiles. *Econometrica*, 46(1), 33-50.

Machado, J., y Santos Silva, J. (2019). Quantile regressions with multiple fixed effects. *Journal of Econometrics*, 211(1), 45-64.

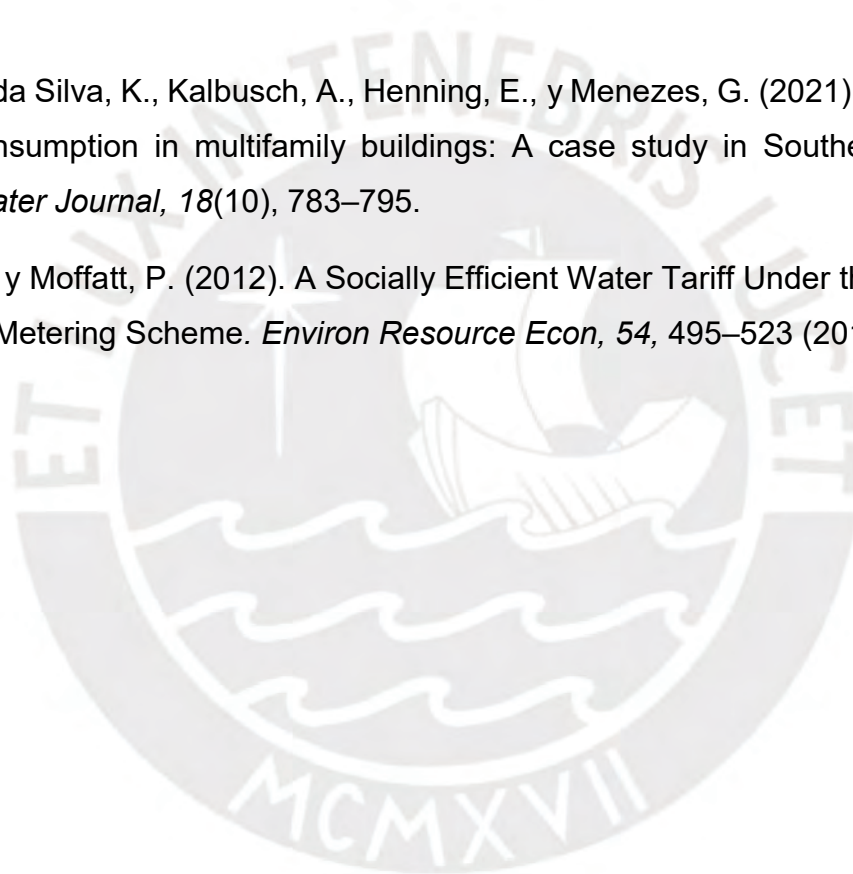
Ornaghi, C. y Tonin, M. (2021). The effects of the universal metering programme on water consumption, welfare and equity. *Oxford Economic Papers*, 73(1), 399–422.

Reynaud, A., Pons, M., y Pesado, C. (2018). Household water demand in Andorra: Impact of individual metering and seasonality. *Water*, 10(3), 321.

Sunass (2023). Benchmarking Regulatorio de Empresas Prestadoras. Lima, Perú.

Teodoro da Silva, K., Kalbusch, A., Henning, E., y Menezes, G. (2021). Modeling water consumption in multifamily buildings: A case study in Southern Brazil. *Urban Water Journal*, 18(10), 783–795.

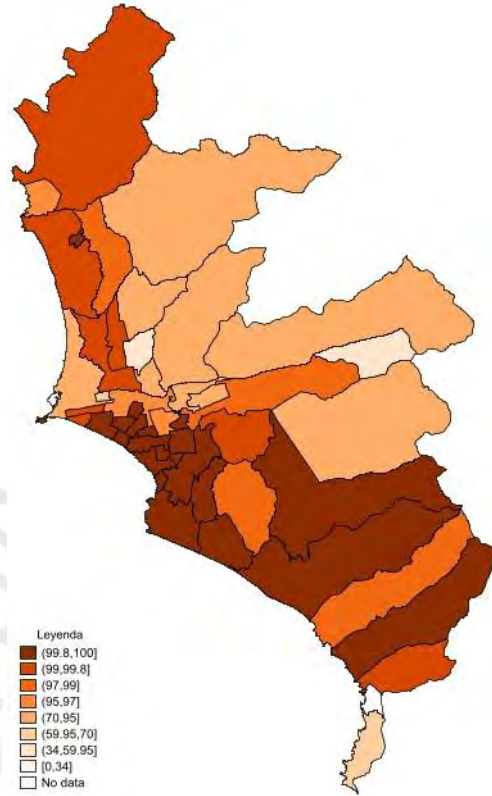
Ueda, T., y Moffatt, P. (2012). A Socially Efficient Water Tariff Under the English Optional Metering Scheme. *Environ Resource Econ*, 54, 495–523 (2013).



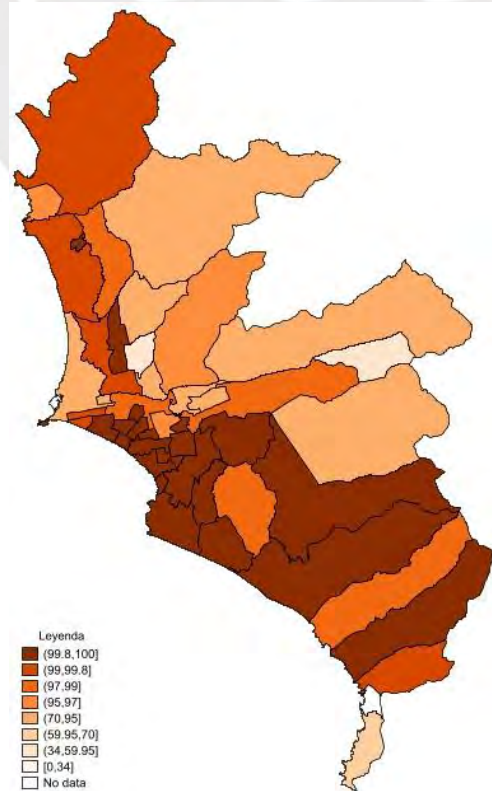
Anexos

Anexo 1: Evolución del ratio de medición según distritos de Lima Metropolitana (2016 y 2019)

Año 2016

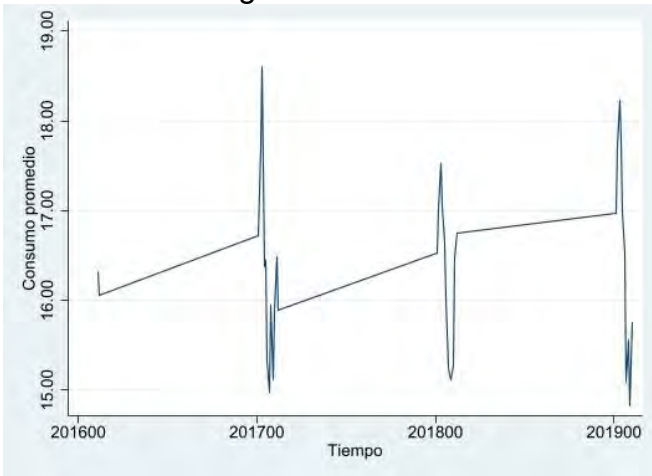


Año 2019

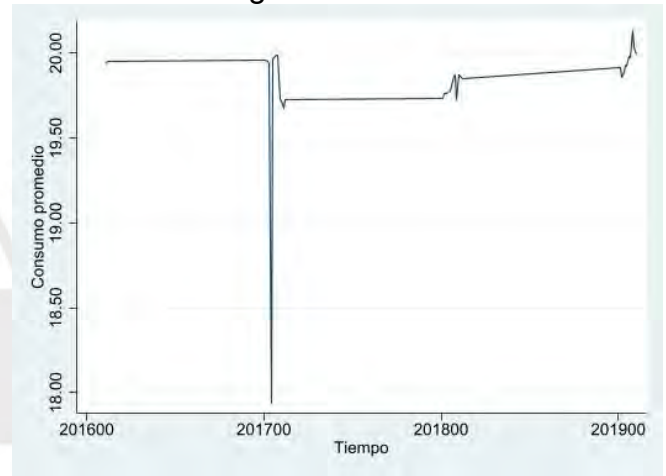


Anexo 2: Evolución del consumo de agua según su condición del hogar respecto al medidor

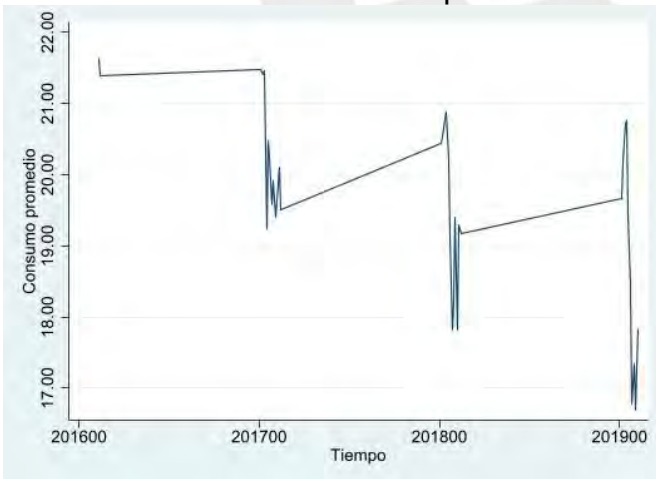
a)
Hogar con medidor



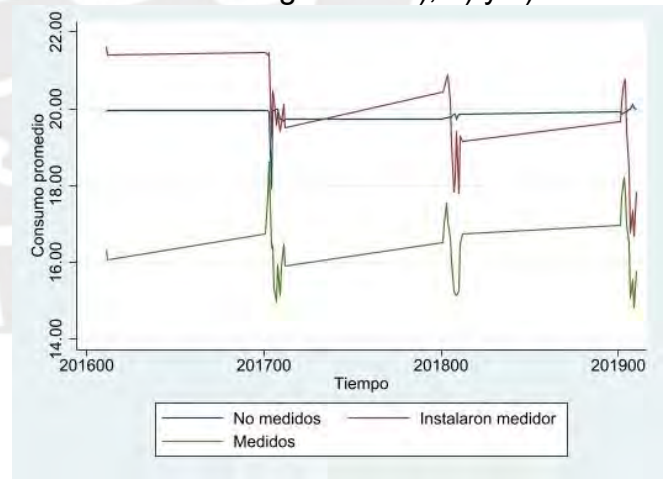
b)
Hogar sin medidor



c)
Hogar con medidor instalado en algún momento del tiempo



d)
Unión de gráficos a), b) y c)



Anexo 3: Logaritmo del consumo de agua potable para Paneles 1 al 10

