



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ECONOMÍA



TESIS

**NIVEL DE EFICIENCIA Y TAMAÑO DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS DE
LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL PERÚ**

PRESENTADA POR:

SAMANTHA ISABEL MAYTA FLORES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA

CON MENCIÓN EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

PUNO, PERÚ

2024

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

NIVEL DE EFICIENCIA Y TAMAÑO DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL PERÚ.

AUTOR

SAMANTHA ISABEL MAYTA FLORES

RECuento DE PALABRAS

16007 Words

RECuento DE CARACTERES

89851 Characters

RECuento DE PÁGINAS

77 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

399.1KB

FECHA DE ENTREGA

Jul 18, 2024 11:42 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 18, 2024 11:44 PM GMT-5

● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


Felix Olaguirre Loza
N° Reg. CIP 31655
ING. Msc. Dr. Eg. Der.
DNI 01235817



Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN ECONOMÍA

TESIS

NIVEL DE EFICIENCIA Y TAMAÑO DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL PERÚ



PRESENTADA POR:

SAMANTHA ISABEL MAYTA FLORES

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA

CON MENCIÓN EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

Dr. RENE PAZ PAREDES MAMANI

PRIMER MIEMBRO

M.Sc. MARCIAL GUEVARA MAMANI

SEGUNDO MIEMBRO

M.Sc. GUIDO ALEX BARBOZA QUISPE

ASESOR DE TESIS

Dr. FELIX ÓLAGUIVEL LOZA

Puno, 13 de enero de 2024.

ÁREA: Políticas públicas y sociales.

TEMA: Vivienda y saneamiento.

LÍNEA: Economía del bienestar, pobreza y crecimiento económico.



DEDICATORIA

A Zenon Mayta, Ursula Flores e Yrazema Mayta, mis padres y hermanita, mi mayor motivación.

Samantha Isabel Mayta Flores.



AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ingeniería Económica de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, por haberme ofrecido una formación profesional.

A mis amigos, de hoy y siempre: Mirian Ramos, Pamela Choquehuanca, Olmedo Condori, Ronalds Laura, Mario Apaza y Stalin Cuela.

Samantha Isabel Mayta Flores.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
ACRÓNIMOS	viii
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I	
REVISIÓN DE LITERATURA	
1.1 Marco teórico	5
1.1.1 Eficiencia	5
1.1.2 Análisis Envolvente de datos	12
1.1.3 Servicios de saneamiento	13
1.2 Antecedentes	22
1.2.1 Internacionales	22
1.2.2 Nacionales	25
1.2.3 Locales	27
CAPÍTULO II	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
2.1 Identificación del problema	29
2.2 Enunciados del problema	30
2.2.1 Problema general	30
2.2.2 Problemas específicos	30
2.3 Justificación	30
2.4 Objetivos	31
2.4.1 Objetivo general	31
2.4.2 Objetivos específicos	31
2.5 Hipótesis	31
	iii



2.5.1	Hipótesis general	31
2.5.2	Hipótesis específicas	31
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	Lugar de estudio	32
3.2	Población	32
3.3	Muestra	34
3.4	Método de investigación	36
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	36
3.5.1	Metodología para el primer objetivo específico	38
3.5.2	Metodología para el segundo objetivo específico	39
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Resultados	40
4.1.1	Determinación de la diferencia de eficiencia de las empresas grandes, medianas y pequeñas	40
4.1.2	Determinación de los rendimientos a escala de las empresas prestadoras de los servicios de saneamiento	45
4.2	Discusión	47
CONCLUSIONES		54
RECOMENDACIONES		55
BIBLIOGRAFÍA		56
ANEXOS		62



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Economías de escala en el sector saneamiento	10
2. Prestación de los servicios de saneamiento y escala eficiente en otros países	14
3. Servicios de saneamiento reconocidos en el marco normativo peruano	18
4. Cobertura y continuidad de los servicios de saneamiento por ámbito en el departamento de Puno	20
5. Población de empresas de saneamiento por tamaño	32
6. Empresas de saneamiento que conforman la muestra	35
7. Variables input y output consideradas en otras investigaciones	37
8. Variables insumo y producto	38
9. Principales estadísticos de las variables	40
10. Principales estadísticos de las variables por tamaño	41
11. Eficiencia de las empresas prestadoras	43
12. Resultados sobre retornos a escala de las empresas prestadoras	45
13. Resultados sobre escala eficiente en los servicios de saneamiento	47
14. Resultados sobre retornos a escala en los servicios de saneamiento	51



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Eficiencia técnica o productiva	6
2. Eficiencia precio o asignativa	7
3. Economías de escala y escala mínima eficiente	9
4. Cobertura de agua potable 2017-2021 por tipo de empresa	29
5. Nivel de eficiencia por grupo de empresa	42
6. Nivel de eficiencia de las empresas prestadoras	44



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Matriz de consistencia	62
2. Prueba Anova para la diferencia de medias	63
3. Base de datos	64
4. Declaración jurada de autenticidad de tesis	65
5. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional	66



ACRÓNIMOS

DEA	:	Análisis envolvente de datos
EPS	:	Empresa prestadora de servicios
SUNASS	:	Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento
OTASS	:	Organismo Técnico de los Servicios de Saneamiento

RESUMEN

La teoría económica indica que una empresa está produciendo a un nivel de tamaño eficiente cuando ésta le permite maximizar sus beneficios y, cuando presentan retornos crecientes, es factible aumentar el nivel de producción. El presente estudio analiza el tamaño y la eficiencia de las empresas de saneamiento del país, que tienen como ámbito de prestación al ámbito urbano. Se recurrió a una técnica no paramétrica denominada Análisis Envoltente de Datos, utilizando el paquete deaR de Coll-Serrano en el software RStudio. Se tomó como muestra a treinta y tres (33) empresas de saneamiento con estudios tarifarios vigentes al 2022 y que contenían la información de las variables utilizadas. Se realizó una comparación de niveles de eficiencia por tamaño de empresa, medida en número de conexiones. Los resultados muestran que las empresas grandes presentan mayores niveles de eficiencia que las empresas de menor tamaño, situación que sustenta la política de integración del estado peruano. Así mismo se encontraron grupos de empresas que presentan retornos de rendimientos crecientes, constantes y decrecientes a escala. El 85 % de las empresas presentan rendimientos crecientes, lo que permite inferir que veintiocho (28) empresas estarían en la capacidad de generar economías de escala al incrementar su producción hasta alcanzar un tamaño óptimo. Esta situación es favorable para la política de integración que el Estado peruano lleva adelante en el sector saneamiento.

Palabras clave: Análisis envoltente de datos, eficiencia, programación lineal, servicios de saneamiento, técnica no paramétrica.

ABSTRACT

Economic theory indicates that a company is producing at an efficient size level when it allows it to maximize its profits and, when it has increasing returns, it is feasible to increase the production level. This study analyzes the size and efficiency of the country's sanitation companies, whose scope of service is the urban area. A non-parametric technique called Data Envelopment Analysis was used, with Coll-Serrano deaR package in the RStudio software. Thirty-three (33) sanitation companies with tariff studies in force as of 2022 that contained information on the variables used were taken as a sample. A comparison of efficiency levels was carried out by company size, measured in number of connections. The results show that large companies have higher levels of efficiency than smaller companies, a situation that supports the integration policy of the Peruvian state. Likewise, groups of companies were found with increasing, constant and decreasing returns to scale. 85% of the companies present increasing returns, which allows us to infer that twenty-eight (28) companies would be able to generate economies of scale by increasing their production until reaching an optimal size. This situation is favorable for the integration policy that the Peruvian State carries out in the sanitation sector.

Keywords: Data envelopment analysis, efficiency, linear programming, sanitation services, non-parametric technique.

INTRODUCCIÓN

El conjunto de características y atributos que los usuarios gozan en los servicios de saneamiento es diferenciado dependiendo de factores como: el ámbito en que se encuentre, el tipo de fuente, el nivel de tecnología en la unidad productora de servicios, el tipo de prestador o el tamaño de empresa de saneamiento (Sunass, 2022b). El organismo regulador de los servicios de saneamiento reportó en el año 2022 que, las empresas grandes presentaron mejores indicadores de cobertura que las empresas de menor tamaño en el periodo 2017 – 2021. Este atributo es altamente valorado en el marco del interés del Estado peruano de alcanzar el total cierre de brechas de acceso y calidad, tal como se reconoce en la agenda temprana del 2023 del ente rector del sector saneamiento.

En concordancia con lo anterior, mediante la Resolución Ministerial 047-2023-VIVIENDA, el estado peruano, reconoció en la Agenda Temprana como problemas públicos el retraso en el cierre de brechas de acceso y calidad, y también el tamaño reducido de los prestadores de servicios de saneamiento; sustenta estos problemas en la atomización de prestadores y en el retraso para alcanzar la cobertura universal. Ante ello, el sector lleva a cabo una política de integración de prestadores mediante la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento. Por ello, resulta relevante estudiar el tamaño de las empresas de saneamiento y sus niveles de eficiencia.

El objetivo del presente estudio es determinar la diferencia en los niveles de eficiencia por tamaño de empresas de saneamiento en el Perú, así como identificar los retornos a escala de cada una de ellas mediante la relación insumo-producto, esto implica la medición previa de la eficiencia de cada empresa. La unidad de análisis es cada empresa de saneamiento, existiendo cincuenta (50) a nivel nacional que brindan el servicio de agua potable al 58.8% de la población nacional (Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento, 2022a). Este tipo de prestador tiene como ámbito de responsabilidad el ámbito urbano. Este estudio corresponde al área de Políticas Públicas, a la línea de investigación de Economía de bienestar, pobreza y crecimiento económico, y al tema Vivienda y saneamiento.

El estudio se desarrolla con base en una técnica no paramétricas de medición de eficiencia, denominada Análisis Envolvente de Datos, utilizando el paquete de Coll-Serrano, DeaR en el software RStudio. Se consideró dentro de la muestra a treinta y tres



(33) empresas de saneamiento que cuentan con Estudios Tarifarios vigentes al 2022 y que contenían información de las variables consideradas, de donde se obtuvieron los datos. Se consideran como insumos la infraestructura, los costos y la mano de obra, y como productos el nivel de producción.

Este documento está estructurado en cuatro apartados. En el primer apartado se presentan la revisión de la literatura respecto a la eficiencia y los métodos no paramétricos de medición; así mismo, se presentan los antecedentes del estudio. En el segundo apartado se presentan el planteamiento del problema, el enunciado del problema, la justificación, los objetivos y las hipótesis de la investigación. En el tercer apartado se presentan los materiales y métodos. En el cuarto apartado se presentan los resultados del estudio por cada objetivo específico y la discusión. Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio, las recomendaciones y los anexos del estudio.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

Este apartado desarrolla la teoría económica referente a la eficiencia y el análisis envolvente de datos. Así mismo, se desarrolla la política de integración de prestadores en el sector saneamiento.

1.1.1 Eficiencia

Se dice que una empresa posee eficiencia global cuando posee eficiencia técnica y eficiencia precio (Farrell, 1957). Así mismo, en el tiempo, las empresas buscan un nivel óptimo de producción hasta reducir sus costos medios, a lo cual se denomina «eficiencia de escala» (Alvarez, 2001). La teoría de la eficiencia técnica y la eficiencia precio se sustenta en la teoría del productor de la microeconomía, con la concepción de las curvas de isocuanta e isocosto.

Se le denomina isocuanta al conjunto de combinaciones posibles de factores de producción (inputs) que son suficientes para obtener un nivel de producción (Varian, 2005). Al considerar que cada una de estas combinaciones representa un proceso o una técnica, la isocuanta representaría un nivel de tecnología (Garavito, 2014). Esta curva representa entonces la cantidad de producto (outputs) que se puede obtener a partir de un nivel dado de inputs (Varian, 2005).

Por otro lado, la isocoste representa todas las combinaciones posibles de factores de producción que una unidad o empresa puede adquirir a un nivel de costo dado, o los precios de los insumos dados (Rubinfeld y Pindyck, 1995).

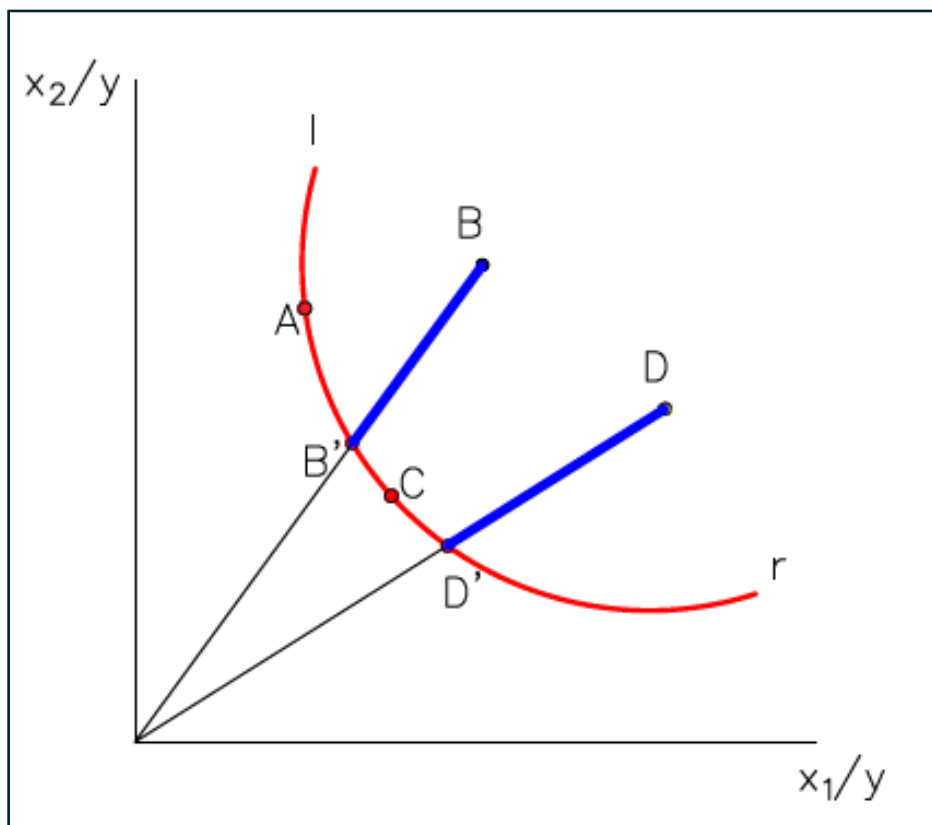
A. Eficiencia técnica

Respecto a la eficiencia técnica o productiva, Alvarez (2001) la define como la situación en que la empresa “obtiene el máximo output posible con la combinación de inputs empleada”. Por otro lado, Coll y Blasco (2006) desarrollan el concepto de eficiencia técnica con base en lo introducido por Farrell (1957), quienes indican que una empresa alcanza

la eficiencia técnica cuando es capaz de obtener el máximo de outputs, dado un nivel dado de inputs. De estas dos definiciones se infiere que el nivel de inputs viene dado.

Figura 1

Eficiencia técnica o productiva



Nota. Esta figura es elaboración de Coll y Blasco (2006).

En la figura, Coll y Blasco (2006) representan cuatro empresas (A, B, C y D); un output o producto representado por “y”, dos inputs o insumos representados por “ x_1 ” y “ x_2 ” y la isocuanta que está representada por la curva I’I.

Las empresas que se ubican por encima de la curva son calificadas como ineficientes, dado que podrían alcanzar el mismo nivel de producción reduciendo el uso de insumos en la cantidad definida por las distancias B’B y D’D. Por otro lado, las empresas que se ubican en la curva, como A y C, son calificadas como eficientes.

Así, la eficiencia técnica se obtiene al comparar el valor observado con el valor óptimo definido por la curva. El resultado de esta comparación

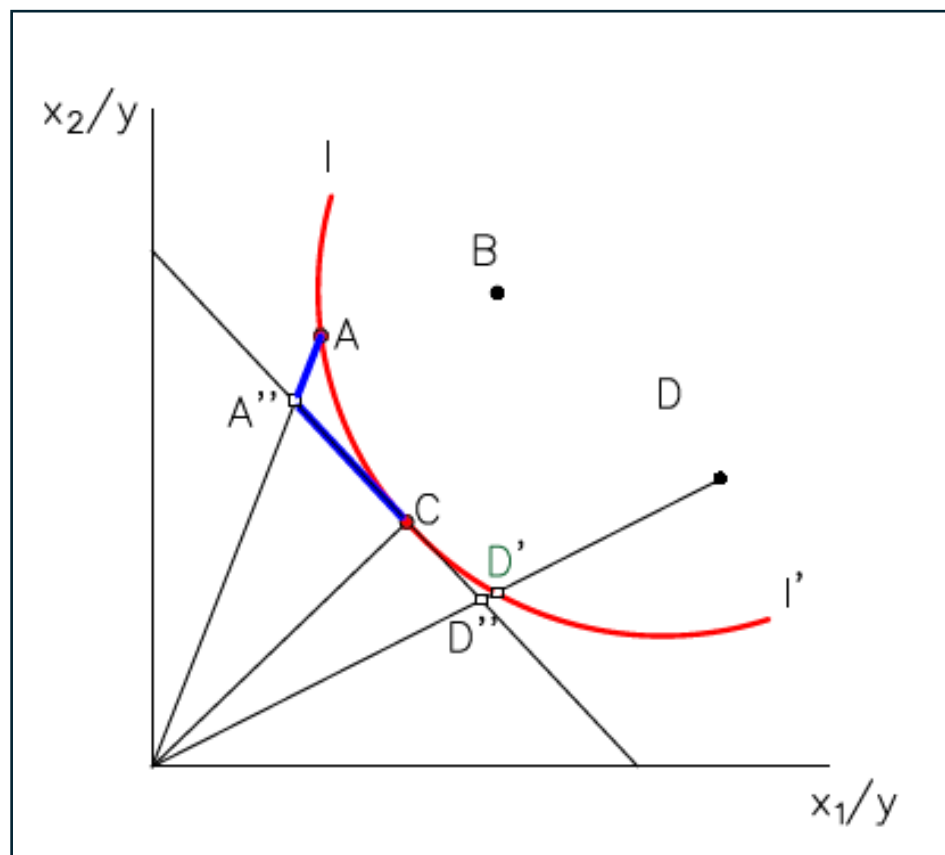
oscilaría entre 0 y 1. Cuando la empresa alcanza un valor de 1, se la califica de eficiente; a medida que este valor disminuye acercándose a 0, es más ineficiente. En el gráfico, las empresas B y D podrían reducir la cantidad de inputs y seguir produciendo una unidad de output.

B. Eficiencia precio

Respecto a la eficiencia precio o asignativa, Alvarez (2001) la define como la situación en que “la empresa combina inputs en la proporción que minimiza su coste de producción”. Por otro lado, Coll y Blasco (2006) plantean el concepto de eficiencia precio con base en lo introducido por Farrell (1957); precisan que una empresa tiene eficiencia precio cuando hace uso óptimo de sus inputs dados sus precios relativos.

Figura 2

Eficiencia precio o asignativa



Nota. Esta figura es elaboración de Coll y Blasco (2006).

En la figura, Coll y Blasco (2006) representan cuatro empresas (A , B , C y D); un output o producto representado por “ y ”, dos inputs o insumos

representados por “ x_1 ” y “ x_2 ” y la isocoste de pendiente negativa. La empresa C resulta ser eficiente técnicamente y también en precios; por tanto, presenta eficiencia global. En tanto, A y D deberían reducir costos totales en las distancias A'A y D'D o, en la proporción $\left(1 - \frac{OA'}{OA}\right) \times 100$ para ser eficientes en precio. La eficiencia precio se obtendrá de la relación entre la longitud desde el origen hasta el punto proyectado en la isocoste sobre la longitud desde el origen hasta la isocuanta, es decir, $\frac{OA'}{OA}$.

Los valores que puede tomar la eficiencia precio, similar a la eficiencia técnica, oscilan entre 0 y 1 al ser resultado de una relación; así una empresa será calificada como eficiente al tener el valor de 1 y ser ineficiente a medida que este valor va disminuyendo.

C. Eficiencia de escala

Mungaray et al. (2010) señalan que las empresas, a largo plazo, tratan de optimizar sus niveles o escalas de producción hasta el punto en el que el costo medio es mínimo (escala mínima eficiente); así deben tener la capacidad de generar economías de escala hasta llegar a ese punto. En adición, Alvarez (2001) señala que una empresa que está produciendo en una escala de tamaño eficiente alcanza maximizar sus beneficios.

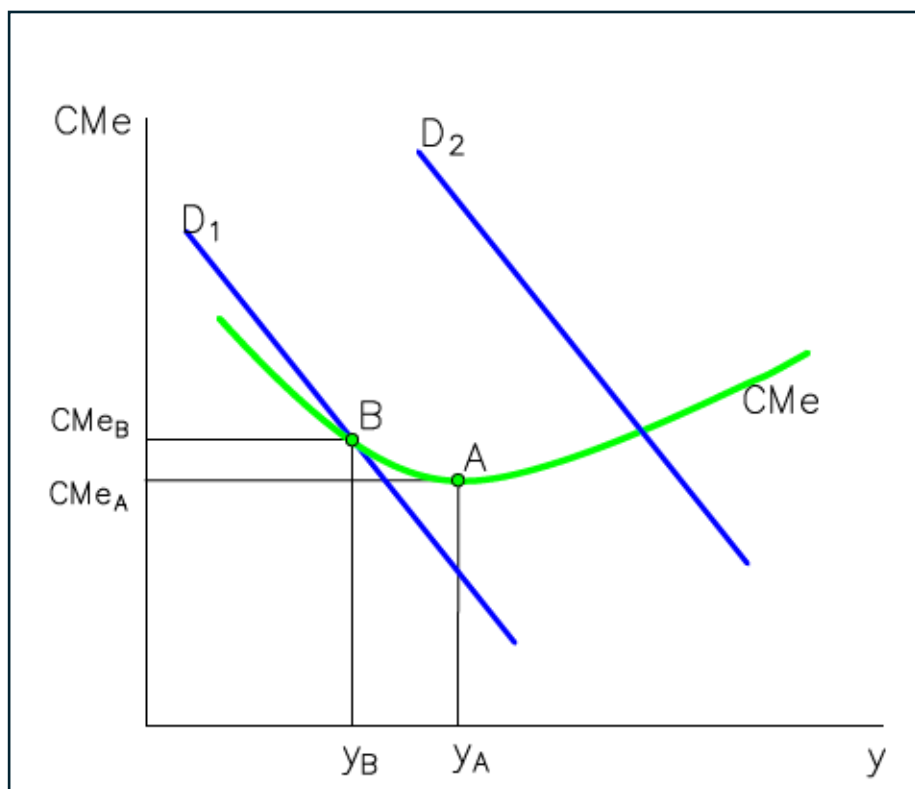
Castro y Portuondo (2009) plantean que las economías de escala son el resultado de la disminución relativa del costo de los inputs por unidad de outputs en la medida en que se incrementa la capacidad de producción, es decir en la medida en que aumenta de escala o “tamaño”. También suponen un costo medio decreciente, es decir, movimiento en la misma curva de costo medio en forma decreciente (Martin, 2003).

La figura siguiente relaciona el costo medio en el eje de las ordenadas y la producción en el eje de las abscisas. Se aprecia una curva de costo medio de largo plazo, medida de tiempo en que los factores de producción son variables. En la curva de costo medio se aprecia que las economías de escala están presentes hasta el punto donde el costo medio es mínimo (CMe_A), denominado escala mínima eficiente, a partir de donde el costo medio empieza a aumentar a medida que la producción aumenta,

desde donde ya no es conveniente aumentar la producción (Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento, 2018).

Figura 3

Economías de escala y escala mínima eficiente



Nota. Esta figura es del informe de Escala Eficiente de la Sunass, 2018.

D. Variaciones de escala

Garavito (2014) representa una función con rendimientos a escala uniformes por medio de una función homogénea:

$$\lambda^n = f(\lambda k, \lambda l)$$

Donde “n” es el grado de homogeneidad que representa la proporción en que aumenta el producto ante la variación en la escala de producción. Podrían presentarse tres casos:

- Si el aumento en la escala de producción lleva a un incremento más que proporcional en el producto, se dice que los rendimientos a escala son crecientes; por tanto, se tendría $n > 1$.

- Si el aumento en la escala de producción lleva a un aumento igualmente proporcional en el producto, entonces los rendimientos a escala son constantes; por tanto, se tendría $n = 1$.
- Si el aumento de escala de producción lleva a un aumento menos que proporcional en el producto, entonces los rendimientos a escala son decrecientes; por tanto, se tendría $n < 1$.

Así, a largo plazo, a la empresa le podría interesar alterar las proporciones de factores cuando varía el nivel de producción, siempre que una curva de costo medio tenga forma de U, es decir presente economías de escala en los niveles de producción bajos y deseconomías de escala en los niveles más altos (Rubinfeld y Pindyck, 1995).

E. Economías de escala en el sector saneamiento

La eficiencia en el sector saneamiento se manifiesta en indicadores como la continuidad y la recuperación de costos (Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2016). Por ello es conveniente el desarrollo de las economías de escala en este sector. Ferro y Lentini (2010) señalan razones para la existencia de economías de escala en el sector saneamiento, que se detallan a continuación.

Tabla 1

Economías de escala en el sector saneamiento

Razones	Detalle
Costos fijos en el largo plazo	Cuando un insumo es indivisible, que resulta inviable su uso por debajo de su capacidad completa. Ejm. Una planta de tratamiento de aguas residuales
Costos de arranque	Costos en los que incurre una empresa antes de empezar a producir.

Razones	Detalle
Especialización del trabajo	Recurso especializado y la división del trabajo, capital humano y físico que se vuelve más eficiente conforme aumenta la producción.
Productividad	La experiencia, aumento de la productividad del factor humano en el uso de insumos.
Retornos volumétricos a escala	La capacidad del producto aumenta más que proporcionalmente cuando aumenta el costo.
Economías de concentración de existencias	Cuando la producción aumenta, puede disminuir la razón de equipos de reserva a operativos.
Disminución de costos medios	Costos y necesidades de transporte puede disminuir si la empresa opera en su tamaño óptimo.
Integración	Integración de acuerdo con un sistema ambiental relevante, que podrían ser las cuencas hidrográficas.

Nota. Tabla elaborada en base a Ferro y Lentini (2010).

Oblitas (2010) indica que debido al tamaño reducido de las empresas y la homogeneidad de la población a la que atienden, no permite a las empresas tener viabilidad económica y financiera. En la misma línea, Revollo y Londoño (2010) presentan la necesidad de consolidar una estructura industrial en este sector. El aprovechamiento de las economías de escala al dimensionar la prestación de agua potable y alcantarillado, haría este sector más eficiente (Ferro et al., 2010).

El Estado peruano, internalizando esta teoría, ha planteado la política de integración mediante la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, encargando la implementación al

Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento. Así, el Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (2020) señala que la integración de empresas que prestan los servicios de saneamiento facilitan acciones y respuestas de la población usuaria, que articulan sus prácticas, estrategias de cuidado y valoración del servicio.

Sobre la medición de la eficiencia de las empresas de saneamiento mediante el análisis envolvente de datos, Coll y Blasco (2006) indican que la mayoría de las investigaciones se enfocan en la eficiencia técnica, por la dificultad de obtener información sobre el precio de los inputs para medir la eficiencia precio; al respecto, Bowles (2010) señala que los factores de producción (inputs) no deben ser valorados solamente por su contribución a la producción (outputs).

1.1.2 Análisis Envolvente de datos

El DEA (por sus siglas en inglés, *Data Envelopment Análisis*), desde su introducción ha sido ampliamente acogido teóricamente y en la práctica, razón por la cual es un instrumento aceptado, relevante y difundido (Gattoufi et al., 2004). Esta técnica no paramétrica se remonta a las extensiones del trabajo de Farrell (1957) realizadas por Banker et al. (1989). Permite medir la eficiencia relativa de unidades o empresas donde existen múltiples inputs y outputs, además de en situaciones donde no es viable su medición monetaria (Restrepo y Villegas, s.f.).

Este método permite construir una frontera eficiente con los datos disponibles de un conjunto de unidades o empresas objeto del estudio, de manera que aquellas que las que no se encuentran sobre esta frontera son calificadas como ineficientes (Larrea y Riaño, 2021). Restrepo y Villegas, (s.f.) siguiendo a Banker et al. (1989), presentan la primera modificación, que se trata una programación lineal, que originalmente fue fraccional.

$$\max h_0 \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$
$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}$$
$$j = 1, \dots, n$$
$$u_r \geq 0,$$
$$r = 1, \dots, s$$
$$v_i \geq 0,$$
$$i = 1, \dots, m$$

Donde:

- El valor de n representa la cantidad de empresas o unidades estudiadas.
- Las variables de decisión son los valores de u y v , que son los multiplicadores utilizados para ponderar las entradas y salidas.
- La unidad j consume la cantidad x_{ij} de la entrada i , y produce la cantidad y_{rj} de la salida r .

Así, este problema de optimización busca maximizar la razón de las salidas entre las entradas ante múltiples entradas y salidas. Ninguna unidad o empresa puede obtener una eficiencia mayor que el 100%. Las restricciones buscan evitar las posibles infinitas soluciones óptimas que tenía la programación fraccional inicial.

1.1.3 Servicios de saneamiento

La fijación en el aprovechamiento de las economías de escala y la integración de prestadores es compartida a nivel internacional. Las experiencias muestran que la fragmentación del sector y la atomización de prestadores estaría relacionada con las deficiencias en la prestación del servicio.

A continuación, se presenta una revisión de las experiencias en la prestación de los servicios de saneamiento en la región y fuera de ella.

Tabla 2

Prestación de los servicios de saneamiento y escala eficiente en otros países

Región	Experiencia
EEUU	<p>El sector privado opera un 14 % de sistemas de agua potable, sirviendo a centros urbanos pequeños; mientras que, las ciudades grandes son servidas por municipios. Su industria se ha consolidado mediante un proceso de integración. Muchas empresas pequeñas que operan en lugares cercanos se han fusionado, las empresas más grandes han ido absorbiendo a los más pequeños. Los entes reguladores ofrecen incentivos para favorecer la consolidación. Algunos estados han aprobado leyes que dan facultad al regulador de exigir la absorción de empresas con dificultades (Ferro et al., 2011).</p>
Francia	<p>La atomización sectorial y baja capacidad de estos, los han obligado a formar mancomunidades, proceso complejo y voluntario. Al mismo tiempo, han delegado la prestación del servicio a grandes compañías privadas. Caracterizados por grandes asimetrías de poder, poca transparencia y ausencia de regulación (Ferro et al., 2011).</p>
Italia	<p>En los años noventa, su sector estaba fragmentado en más de 8 mil autoridades territoriales responsables (municipios) y más de 14 mil operadores. Ante ello, se basaron en sus regiones administrativas para reagrupar las áreas de servicio en cada una, procurando la unidad de cuenca o subcuenca, con el fin de que las áreas de servicio coincidan con la demarcación geográfica de fuentes de abastecimiento y zonas de descarga de aguas servidas. Así se realizó</p>

Región	Experiencia
Países bajos	<p>también la integración vertical, creando un prestador por cada región (Ferro et al., 2011).</p> <p>La regionalización y consolidación territorial han hecho que, hayan pasado de 3.5 mil prestadores en 1850 a 130 en 1990. Sus evaluaciones determinaron que un prestador no podía ser eficiente con menos de 50 o 100 mil conexiones o bien una provisión de 5 millones de metros cúbicos por año. Después de fusiones y consolidaciones voluntarias de los operadores en los años noventa, tuvieron 10 empresas públicas regionales que prestan el servicio de agua potable, con áreas de servicio diferente a las delimitaciones administrativas de las provincias. Prestación descentralizada en alcantarillado a nivel municipal. Veintisiete (27) autoridades de agua en el servicio de tratamiento de aguas residuales (Ferro et al., 2011).</p>
Portugal	<p>Ante su sector altamente fragmentado y con graves deficiencias, el gobierno adoptó la política de consolidar a los prestadores, promoviendo la formación de 19 compañías intermunicipales que tienen participación mayoritaria en Aguas de Portugal (empresa estatal), que bajo contratos de concesión proporcionan agua en bruto o los servicios en forma directa a un 80% de la población (Ferro et al., 2011).</p>

Región	Experiencia
Brasil	<p>A fines de los sesenta, ante las deficiencias en cobertura y calidad de los servicios motivaron la creación de operadores de los estados. Mas de 3 mil municipios celebraron contratos de concesión, todos informales, los demás conservaron la gestión directa. Luego en los ochenta retornó la municipalización, descentralización, quedando veintisiete (27) compañías que prestan el servicio en casi 4 mil municipios, que se benefician de importantes economías de escala. Quinientos ochenta operadores locales, de menor escala y atomizados. Existen prestadores de menor tamaño (Ferro et al., 2011).</p>
Chile	<p>Entre 1998 y 2004, todas las empresas públicas regionales fueron privatizadas, y consolidadas en la industria. Las empresas menores fueron siendo adquiridas por empresas más grandes. A partir del año 2000, las empresas han llevado a cabo contratación de actividades conjuntas con terceros y compartiendo activos. Esta consolidación está fortalecida debido a fusiones entre ellas (Ferro et al., 2011).</p>
Colombia	<p>Ante limitaciones en su sector como planificación deficiente, inversiones atomizadas, lentitud en modernización empresarial, desaprovechamiento de economías de escala; crearon empresas departamentales a través de la unión voluntaria de los municipios y sus infraestructuras de prestación (Ferro et al., 2011).</p>

Nota. Tabla elaborada en base a Ferro et al. (2011).

En el escenario nacional, El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2020) ente rector del sector saneamiento, indica que la prestación de los servicios de saneamiento comprende la prestación regular de los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario, tratamiento de aguas residuales para disposición final o reúso y disposición sanitaria de excretas, en los ámbitos urbano y rural.

Así, los servicios de saneamiento están conformados por sistemas y procesos de acuerdo con el siguiente detalle:

- Servicio de agua potable, abarca el sistema de producción y de distribución. El sistema de producción, comprende los procesos de: captación, almacenamiento y conducción de agua cruda; tratamiento y conducción de agua tratada, mediante cualquier tecnología. El sistema de distribución comprende los procesos de: almacenamiento, distribución, entrega y medición al usuario mediante cualquier tecnología (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2020).
- Servicio de alcantarillado sanitario, que comprende los procesos de: recolección, impulsión y conducción de aguas residuales hasta el punto de entrega para su tratamiento (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2020).
- Servicio de tratamiento de aguas residuales para disposición final o reúso, que comprende los procesos de mejora de la calidad del agua residual proveniente del servicio de alcantarillado mediante procesos físicos, químicos, biológicos u otros, y los componentes necesarios para la disposición final o reúso (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2020).
- Servicio de disposición sanitaria de excretas, que comprende los procesos para la disposición final del agua residual y la disposición sanitaria de excretas a nivel intradomiciliario, con o sin arrastre hidráulico (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2020).

A continuación, la tabla presenta los servicios de saneamiento reconocidos en la normativa del ente rector.

Tabla 3

Servicios de saneamiento reconocidos en el marco normativo peruano

Servicios de saneamiento	Detalle
Servicio de agua potable	Conjunto de instalaciones, infraestructura, equipos y actividades para el proceso de potabilización del agua, desde la captación hasta la entrega al usuario. Se consideran parte del sistema de distribución las conexiones domiciliarias y las piletas públicas, con sus respectivos medidores de consumo, y otros medios de abastecimiento y/o distribución que pudieran utilizarse en condiciones sanitarias.
Servicio de alcantarillado sanitario	Conjunto de instalaciones, infraestructura y equipos utilizados para el transporte de las aguas residuales mediante la recolección, impulsión y conducción desde la conexión domiciliaria de alcantarillado hasta la planta de tratamiento de aguas residuales.
Servicio de tratamiento de aguas residuales para disposición final o reúso	Conjunto de instalaciones, infraestructura, equipos y actividades que requiere una planta de tratamiento de aguas residuales para el desarrollo de los procesos físicos, químicos, biológicos u otros similares, hasta su disposición final o reúso.
Servicio de disposición sanitaria de excretas	Conjunto de instalaciones, equipos y actividades a nivel intradomiciliario que permitan la confinación de excretas y orina, en base a criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales acordes a la zona de aplicación.

Nota. Tabla elaborada en base a Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2020).

El mismo instrumento normativo reconoce tipos de prestadores de servicios de saneamiento regulados para efectos de la regulación económica (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2020):

- Las empresas prestadoras de servicios de saneamiento;
- Las empresas prestadoras en virtud de contratos de asociaciones público privada u otras modalidades de participación privada;
- Las unidades de gestión municipal;
- Los operadores especializados y
- Las organizaciones comunales.

Cabe detallar, que este estudio está enfocado en las empresas prestadoras de los servicios de saneamiento, que tienen como responsabilidad al ámbito urbano, áreas con población mayor a quince mil (15,000) habitantes (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2020).

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2023), identificó como problema público el “tamaño reducido de los prestadores de servicios de saneamiento y la atomización” en la agenda temprana, esta situación motivó a que en el marco legal sectorial se promueva la integración de prestadores de los servicios de saneamiento, como objetivo de política pública del sector, teniendo como uno de todos sus sustentos el aprovechamiento de las economías de escala.

En ese contexto, en el ejercicio de sus funciones dadas por la Ley Marco, el organismo regulador ha determinado en durante el 2021 y 2022, los ámbitos de prestación en cada departamento. Este organismo denomina “ámbito de prestación” al área actual en que una empresa de saneamiento brinda los servicios más el área potencial en el que podría brindarlos eficientemente (Diario Oficial el Peruano, 2016). Esta determinación tiene como base las fronteras de estudio que están constituidas por los límites políticos departamentales.

A nivel nacional, Benavente Orué (2019) encontró que la ineficiencia en costos de las empresas de saneamiento del Perú, está determinado positivamente por la cobertura de agua, lo que permite inferir que, a mayor cobertura, las empresas podrían ser más eficientes técnicamente en costos.

En el contexto regional, la Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento (2022b) reportó información sobre la situación de la prestación del servicio de saneamiento para el departamento de Puno. Así, un usuario de los servicios goza de diferentes atributos de continuidad y cobertura dependiendo del ámbito en que se encuentre (ámbito urbano, pequeña ciudad y rural) y el tipo de prestador que le brinda los servicios de saneamiento.

Tabla 4

Cobertura y continuidad de los servicios de saneamiento por ámbito en el departamento de Puno

		Ámbito urbano	Ámbito de pequeña ciudad	Ámbito rural
Número		5	25	917
Tipo de prestadores	Tipo	Empresas Prestadoras	Organizaciones comunales o prestadores municipales	Organizaciones comunales
Atributos				
Continuidad (h/día)	Min	8.27	2	2 (1 día a la semana)
	Max	17.09	24	24
Cobertura de agua potable (%)	Min	89.73	40	80
	Max	99.55	100	100

Nota. Tabla elaborada en base a Sunass (2022b).

La tabla 4 muestra que, en el departamento de Puno, en el ámbito urbano, un usuario dispone del servicio de agua potable de al menos 8.27 horas al día durante los 7 días de la semana, mientras que, en el ámbito rural, un usuario cuenta con el servicio de agua potable al menos por 2 horas al día durante 1 día a la semana (época de estiaje). Por el lado del prestador, una Empresa de Saneamiento brinda el servicio de agua potable alcanzando una cobertura de al menos 89.73 %, mientras que, un prestador de pequeña ciudad brinda el servicio de agua potable alcanzando una cobertura de la menos 40 %. Estos datos revelan la heterogeneidad

en los atributos con los que los usuarios reciben los servicios de saneamiento, que es semejante en otros departamentos.

Por otro lado, la condición de monopolio natural es innata a la industria del agua para consumo humano. Barrantes (2019) plantea como ejemplo de monopolio natural al servicio de distribución de agua potable, ya que la construcción de redes demanda importantes costos hundidos, por lo que es conveniente que una sola empresa atienda toda la demanda en un área geográfica. Esto a su vez implica que solamente se pueda tener costos medios mínimos al aumentar la producción, así la sociedad alcanzaría la eficiencia productiva con una sola firma (Gravelle y Rees, 2006).

Siguiendo a Barrantes (2019) la existencia de monopolio natural es una de las justificaciones de la existencia de la regulación económica. Además, constituye un caso particular de la estructura monopólica dentro de la teoría de la organización industrial en la literatura económica. También señala que la existencia de un monopolio natural se da cuando los costos de producción son tales que para los demandantes es más barato obtener los productos de una empresa que de muchas firmas. Es decir, es óptimo que exista una empresa a muchas.

Para el caso de empresas mono producto, el monopolio natural se justifica básicamente en la existencia de economías de escala, que se presenta cuando los costos medios de producción decrecen a medida que la producción aumenta (condición suficiente). Encuentra una relación; una función de costos cóncava es de costos medios decrecientes y por lo tanto subaditiva. Sin embargo, para que existan economías de escala no es necesario que exista subaditividad de costos (Barrantes, 2019).

Para el caso de empresas multi producto, el monopolio se justifica en la existencia de las economías de escala o de alcance. Además, debe verificarse si existe subaditividad de costos. Si se corrobora subaditividad de costos, entonces existen economías de alcance. Pero la existencia de economías de alcance no implica subaditividad. Así, la economía de escala no es condición necesaria ni suficiente de subaditividad. Para el caso del mono producto, la economía de escala era condición suficiente de subaditividad (Barrantes, 2019).

De lo anterior, se infiere que para el caso de industrias mono producto, es suficiente y necesario comprobar la existencia de economías de escala en la función de costos. Para las industrias multi producto, es necesario y suficiente corroborar la presencia de economías de escala y sub aditividad de costos. En ambos casos, esto justificará la presencia de un monopolio natural (Barrantes, 2019).

1.2 Antecedentes

1.2.1 Internacionales

Tynan y Kingdom (2005) investigan la relación entre el tamaño de una empresa de servicios y sus costos de operación; utilizan datos de doscientos setenta (270) proveedores de agua y saneamiento; presentan resultados para África, Indonesia, Perú, Estados Unidos y Vietnam. Para el caso peruano, analizan una muestra de cuarenta y una (41) empresas; concluyen que los prestadores pequeños (que atienden a poblaciones iguales o menores que 125 000) pueden enfrentar costos más altos por clientes, y podrían reducir costos mediante la fusión. Esta reducción de costos se traduciría también en menores costos para los consumidores, lo que se traduciría en menores tarifas y estaría asociado a un mejor servicio.

Cabrera (2008) da cuenta del estado de la prestación del servicio de agua en España. Entre las principales deficiencias, señala: cortes de agua, restitución lenta y compleja del servicio, insuficiencia de redes que propician la construcción de aljibes domésticos, problemas de escasez que hacen que sea necesario el ahorro del recurso hídrico. Entre las causas destacan que el usuario no tiene conciencia del valor del agua, bajo rendimiento de los administradores municipales. A ello, se suma el crecimiento sostenido de las ventas de agua embotellada. Ante esta situación, señala la necesidad de un ente gestor con una responsabilidad integradora.

Ferro et al. (2009) señalan ganancias o pérdidas de eficiencias mediante un cambio en la escala de prestación de los servicios de saneamiento en diferentes países, expresado en términos de habitantes servidos. Señalan además las características particulares del mercado de agua y saneamiento: monopolio

natural, avance tecnológico lento, alta sensibilidad política, social ambiental, y pocos incentivos para la participación privada. Encuentran ganancias en eficiencia a partir del aprovechamiento de economías de escala para las empresas pequeñas; por el contrario, para las empresas grandes, encuentran que existirían deseconomías de escala. Existiría una escala mínima eficiente de entre cien mil y 2.5 millones de habitantes servidos.

Garrido (2010) analiza la gestación y la puesta en marcha del Programa Agua para Todos, programa que amplió la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento, con un enfoque de costos en la lucha contra la pobreza extrema. Concluye que factores como la voluntad política, un adecuado seguimiento, la cooperación técnica, y el aseguramiento de recursos fueron clave para la adecuada implementación de este programa. Dentro de las lecciones aprendidas para la prestación del servicio en el ámbito rural se tiene que es necesario un mecanismo de subsidio, un mecanismo alternativo de intervención y operación, así como un mecanismo institucional y legal de gobernabilidad y gobierno corporativo para las entidades prestadoras.

Ferro y Lentini (2010) sistematizan experiencias relevantes a nivel mundial, para los países de América Latina y el Caribe, así como otros países del mundo, relacionadas a las economías de escala en la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado en áreas urbanas. Concluyen que se puede llegar a la escala mínima eficiente cuando los prestadores pequeños (menos de cien mil habitantes) se fusionan, ya que por sí solos, son ineficientes, lo que a su vez trae pérdidas en la equidad, ya que sus costos elevados excluyen a la población que no cuenta con capacidad de pago. Así mismo que las economías de escala se pueden capturar en menores tarifas o mejores servicios. Para ello se debe generar un marco legal adecuado.

Jiménez (2010) da cuenta de la ejecución de un programa de saneamiento rural en México motivado por las amplias brechas en cobertura y calidad de la población. Se ejecutó el programa para la sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades rurales, logrando incrementar la cobertura y calidad del servicio. Las bases de este programa fueron: la creación de un área de atención a zonas rurales dentro de la estructura de las Comisiones Estatales de

Agua y Saneamiento, la atención a las comunidades, el buen estado de la infraestructura y el acompañamiento, debido a la operación y mantenimiento. El fondo de esta base es la integración de comités que funcionaban deficientemente de manera independiente.

El Banco Interamericano de Desarrollo (2013) realiza un trabajo de campo en diferentes localidades en Brasil, para resaltar la experiencia del modelo de prestación de servicios denominado Sistema Integrado de Saneamiento Rural, abordando el modelo, el contexto de conformación y su evolución en el tiempo. Este modelo fue organizado como una Federación de asociaciones, responsable de la manutención de los sistemas y las operaciones. Se concluye que se trata de un modelo exitoso, sostenible en el ámbito financiero, operacional y social, lo que se evidencia a través de indicadores de gestión y resultados de encuestas de satisfacción. La base de este modelo es la integración, tomando en cuenta la federación que agrupa asociaciones más pequeñas.

La Comisión Nacional del Agua (2014) señala las lecciones aprendidas y las oportunidades de mejora para la implementación del programa para la sostenibilidad en los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades rurales en México. Recomienda establecer programas de seguimiento anuales a las comunidades beneficiadas por parte de los gobiernos locales. Así mismo, recomienda fortalecer las capacidades de organizaciones comunitarias para la correcta operación, la administración y el mantenimiento de los sistemas de agua que se construyen; así mismo, implementar un modelo de desarrollo institucional donde se asegure que lo planificado se ejecute efectivamente, de forma integrada a fin de reducir costos fijos.

La Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (2016) señala la disparidad en el acceso al servicio de agua potable de las áreas urbanas y rurales de Latinoamérica. En lo que a calidad del servicio concierne, la tecnología usada en las áreas rurales no asegura un nivel de calidad comparable con el ámbito urbano. En la mayoría de los casos están expuestas a escenarios de riesgo, falta de mantenimiento, no se desinfecta el agua adecuadamente y el tratamiento de aguas residuales es prácticamente inexistente. Entre los factores que condicionan esta situación, determina principalmente la baja densidad de la

población que reduce las posibilidades de aprovechar economías de escala. Por lo que es relevante su consideración en poblaciones dispersas.

Perochena (2020) realiza una revisión del gasto público asignado a la función agua y saneamiento en el ámbito rural en poblaciones con menos de 10 000 habitantes, identificando patrones de gasto, inversión y financiamiento, al mismo tiempo de describir los resultados en términos de acceso y calidad del servicio. Además, señala el fraccionamiento, duplicación y descoordinación en el sector. Dentro de sus principales conclusiones, menciona establecer una metodología para definir el tamaño óptimo de las juntas de saneamiento según sus condiciones socioeconómicas, técnicas y ambientales, es decir, definir tamaños de juntas de saneamiento para integrarlas, agruparlas, o fusionarlas.

1.2.2 Nacionales

Abusada et al. (2008) buscan explorar la calidad del gasto público mediante la eficacia y la eficiencia, entendiéndose la primera como la capacidad del Estado para conseguir los objetivos planteados y la segunda como la forma en que se usan los recursos de manera que se maximice el impacto de la intervención pública. Señala que no existe justificación económica para la existencia de empresas públicas en el Perú, para el sector saneamiento (aunque lo considera servicio esencial), donde el Estado es competidor (participación municipal) y regulador a la vez (mediante la Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento). Concluye que el Estado debería enfocarse en su rol de regulación de servicios públicos, encargarse del financiamiento y dejar de lado su rol proveedor.

Oblitas (2010) identifica los principales factores en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento en el Perú para sentar las bases de la formulación de políticas públicas con eficiencia, equidad y sostenibilidad. Señala que el modelo vigente no favorece la integración horizontal, de los prestadores, sino que, por el contrario, se dan posibilidades para la atomización. Se tiene que es necesario una consolidación de un sistema tarifario, la participación privada, y una mayor eficiencia en la inversión pública en el sector. Recomienda desarrollar criterios e incentivos para promover la integración de las empresas que propicien economías de escala.

Corton (2011) analiza una muestra de cuarenta y tres (43) empresas prestadoras con datos del periodo 1996 y 2005 clasificados por regiones (costa, sierra y selva) y por tamaño (grande, más de 40 000 conexiones; mediana, de 10 000 a 40 000 conexiones, y pequeña, de 1 000 a 10 000 conexiones). Identifica grandes proporciones de agua que no se factura, lo que asocia a los niveles de pobreza. Sus resultados indican un aumento del costo de 0.1 por ciento por cada 1 por ciento de aumento en la producción de agua. Encuentra economías de escala en mayor proporción en la selva, seguido de la costa y finalmente, la sierra. Recomienda la integración de empresas, puesto que las grandes serían más eficientes en costos que las demás empresas.

Cadillo (2014) con el objetivo de encontrar economías de escala en la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado para el caso peruano, analizó ciento cuarenta y siete (147) observaciones del periodo 2009 – 2011. Encontró una escala mínima eficiente de 20 millones de metros cúbicos, equivalente a 45 600 conexiones aproximadamente. A nivel nacional, sólo ocho (8) empresas se encontrarían por encima de este nivel, significando una oportunidad de ganar eficiencia para las demás. Considerando que el sector no cuenta con operadores eficientes ni sostenibles, además que es un mercado no atractivo para la iniciativa privada.

Torreblanca (2016) da cuenta de un modelo exitoso de cierre de brechas con participación privada. Señala los detalles del convenio del proyecto Círculo virtuoso del agua de Cerro Verde en el departamento de Arequipa, convenio que solucionó la necesidad de la empresa privada de mayor demanda de agua para sus operaciones mineras ante su proyección de expansión de producción; asimismo, solucionó la problemática ambiental de la contaminación del Río Chili y se cerró la brecha de acceso al servicio de tratamiento de aguas residuales. Concluye que el beneficio es colectivo, y es posible generar un círculo virtuoso del agua dándole un valor económico al agua residual con la participación privada.

Alvarado y Rodríguez (2017) con el objetivo de justificar una integración entre las EPS y otros prestadores, resultado de un análisis envolvente de datos de los Estudios Tarifarios de la Sunass del periodo de 2010 – 2015, determinaron un tamaño mínimo de escala eficiente en términos de metros cúbicos facturados

anualmente de 6.54 millones, equivalente a una población de 179 254 habitantes o 41 980 conexiones. Con esto, se infiere la conveniencia de integrar las empresas prestadoras para alcanzar las ganancias de eficiencia que conlleva este proceso.

La Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento (2018), en virtud de su responsabilidad de definir y aprobar la escala eficiente, entendiéndose esta como el tamaño óptimo que debe tener un prestador de los servicios de saneamiento al mínimo costo alcanzable, determinó un nivel de escala mínima eficiente por región: 35 229 conexiones en la costa, 17 405 conexiones en la sierra y 12 907 conexiones en la selva. Además, luego de un análisis de subaditividad de costos, encontró para el departamento de Puno, un tamaño referencial de hasta 115 216 conexiones totales de agua potable.

Ramirez (2018) realiza una medición de la eficiencia técnica de las empresas prestadoras bajo el Régimen de Apoyo Transitorio. Lo realiza mediante un análisis envolvente de datos utilizando como inputs el número de trabajadores, la longitud promedio de red de agua potable y como outputs, el volumen producido de agua potable, el volumen recolectado de aguas residuales y el volumen tratado de aguas residuales. Este análisis se realiza para dieciocho (18) empresas durante el periodo 2016 – 2018. Se encuentra que diez (10) empresas de las dieciocho (18) que se encuentran en el Régimen de Apoyo Transitorio, se ubican en la frontera eficiente.

Benavente Orué (2019) encontró que la pérdida de agua, el porcentaje de tratamiento de las aguas residuales, la cobertura del alcantarillado y la altitud geográfica de las empresas contribuye a su ineficiencia. Además, que para el periodo 2008-2016, existirían deseconomías de escala en la industria, esto da lugar al cuestionamiento sobre el tamaño ideal de las empresas prestadoras. Así mismo, encontró que la ineficiencia de las empresas está asociada inversamente a la cobertura, es decir a un incremento de ésta última, la ineficiencia en costos reduciría.

1.2.3 Locales

La Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento (2021) identifica buenas prácticas mediante indicadores y las difunde a través del



benchmarking regulatorio según el enfoque elegido para cada año de evaluación. En el año 2021 el enfoque fue economía circular. Por otro lado, se realiza una calificación de prestadores por tipo. La calificación resulta en un ranking de EPS por tipo. En el ranking de EPS pequeñas, donde se encuentran quince (15) EPS a nivel nacional, se tiene a EPS Aguas del altiplano S.R.L., EPS Nor Puno S.A. y Emapa Yunguyo S.R.L. en los lugares 10, 13 y 14, respectivamente. En el ranking de empresas prestadoras grandes 2, donde se encuentran quince (15) EPS a nivel nacional, se tiene a Emsa Puno S.A. y Seda Juliaca S.A. en los lugares 14 y 15, respectivamente.

La Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento (2022b), con el objetivo de proponer un tamaño óptimo de mercado, determina un área de prestación para el ámbito territorial del departamento de Puno, es decir, determina una estructura de mercado monopólica para los servicios de saneamiento en la región. Así mismo, describe la situación actual de la prestación de servicios, identifica vínculos entre prestadores y oportunidades de mejora para la prestación de servicios. Reporta que el 80% de prestadores en el ámbito rural son regulares, malos o muy malos, en el ámbito de pequeñas ciudades, la misma cifra alcanza el 96%.

CAPÍTULO II

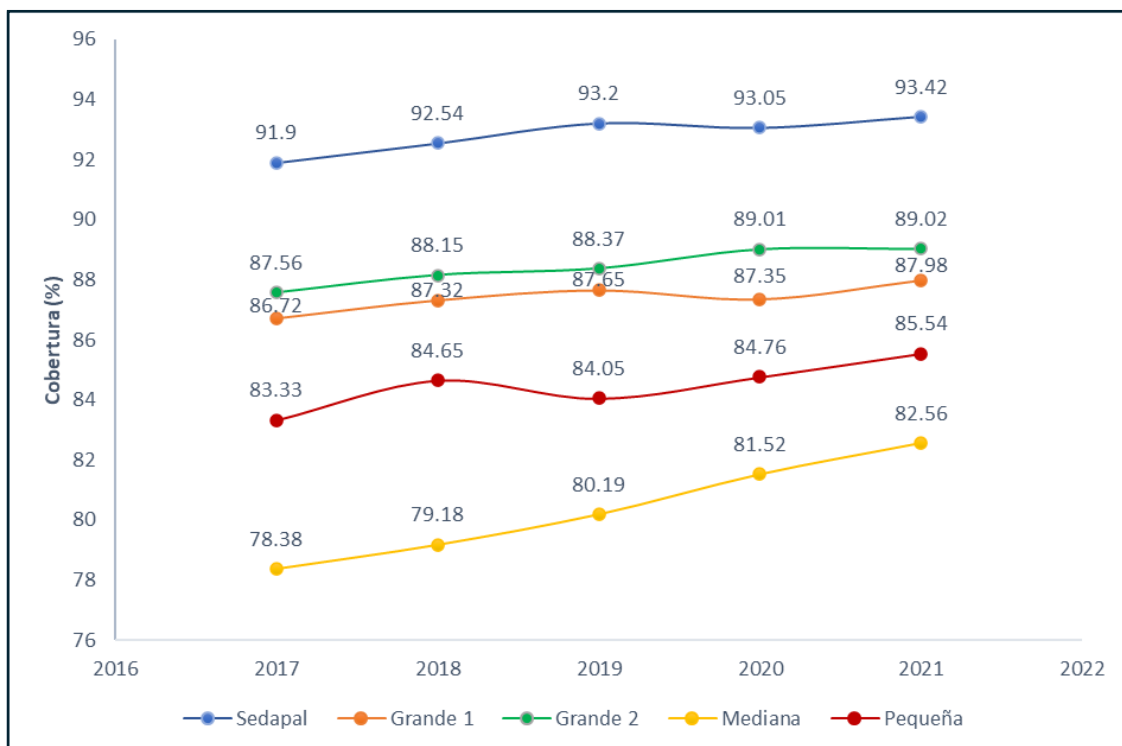
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

La prestación de los servicios de saneamiento a nivel nacional es heterogénea (Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento, 2018). Existe una marcada diferencia en el conjunto de características y atributos que el usuario goza de estos servicios dependiendo de factores como el ámbito donde se encuentra, el tipo de prestador que le brinda el servicio, el tipo de fuente de agua, el nivel de tecnología en la unidad productora de servicios y el tamaño del prestador (Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento, 2022b).

Figura 4

Cobertura de agua potable 2017-2021 por tipo de empresa



Nota. Tomado del Informe de Benchmarking 2022 de la Sunass.

Los niveles de cobertura se aprecian en la figura 4. El organismo regulador en este sector presentó los niveles de cobertura por grupos de empresas diferenciadas por su tamaño (Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento, 2022a). Cabe

detallar que el tamaño está determinado por el número de conexiones que cada empresa cuenta bajo su administración.

Se aprecia con mejores niveles de cobertura a la empresa Sedapal, seguida por el grupo de empresas grandes 1, grandes 2, pequeñas y, finalmente, las medianas. Cabe detallar que Sedapal supera en tamaño a las demás empresas. Este orden en cobertura se ha mantenido en el periodo 2017 – 2021. Esta situación revela la diferencia en una de las características del servicio que brindan las empresas prestadoras en función de su tamaño. Esta diferencia puede ser atribuible al tamaño de la empresa (Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento, 2022a); por ello, resulta relevante analizar la eficiencia de las empresas prestadoras de los servicios de saneamiento a fin de conocer el tamaño ideal de estas.

2.2 Enunciados del problema

2.2.1 Problema general

- ¿Es relevante el tamaño en los niveles de eficiencia de las empresas de saneamiento en el Perú?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Existe diferencia en el nivel de eficiencia entre las empresas grandes, medianas y pequeñas?
- ¿Cuáles son los rendimientos a escala de las empresas de saneamiento?

2.3 Justificación

La elección del tema de investigación se sustenta en la disponibilidad de información y en la experiencia profesional en el sector del investigador. Se trata de un servicio público con múltiples demandas, conflictos sociales, reclamos de la población y cierre de brechas en acceso y calidad pendientes en la agenda nacional.

Adicionalmente, relacionado a la gestión del recurso hídrico para consumo humano, es primordial el contexto de déficit y estrés hídrico global. Entiéndanse «déficit» como una diferencia negativa entre la oferta y la demanda del recurso y «estrés hídrico» como el resultado de una relación entre el uso y la disponibilidad del recurso en un periodo de tiempo determinado.

Los resultados de la presente investigación permitirán tener un marco teórico más amplio y actualizado que posibilite una mejor intervención estatal en el sector saneamiento, a fin de lograr el anhelado cierre brechas y aprovechamiento de oportunidades en la prestación de los servicios de saneamiento.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- Analizar el tamaño y el nivel de eficiencia de las empresas de saneamiento en el Perú.

2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la diferencia en el nivel de eficiencia entre las empresas grandes, medianas y pequeñas.
- Determinar los rendimientos a escala de las empresas de saneamiento.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

- El tamaño es relevante en el nivel eficiencia de las empresas de saneamiento en el Perú.

2.5.2 Hipótesis específicas

- Existe diferencia en el nivel de eficiencia entre las empresas grandes, medianas y pequeñas.
- Los rendimientos a escala de las empresas de saneamiento son constantes.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

El estudio se realizó a nivel de empresas prestadoras de los servicios de saneamiento del Perú, quienes se encargan de prestar los servicios en el ámbito urbano del país.

3.2 Población

La población del estudio estuvo conformada por la totalidad de empresas de saneamiento a nivel nacional. El organismo regulador de este sector reporta en el Informe de Benchmarking 2022 a cincuenta (50) empresas prestadoras reguladas por la Sunass, que son responsables de brindar los servicios de saneamiento en el ámbito urbano. El organismo regulador clasifica a las empresas en función del número de conexiones que administran. Estas empresas se clasifican en cinco: Sedapal, empresas prestadoras Grande 1, empresas prestadoras Grande 2, empresas prestadoras Medianas y empresas prestadoras Pequeñas.

- Una (1) empresa prestadora, Sedapal, con más de 1 millón de conexiones.
- Cinco (5) empresas prestadoras Grande 1, de cien mil a un millón de conexiones.
- Catorce (14) empresas prestadoras Grande 2, de cuarenta mil a cien mil conexiones.
- Quince (15) empresas prestadoras Medianas, de quince mil a cuarenta mil conexiones.
- Quince (15) empresas prestadoras Pequeñas, menos de quince mil conexiones.

A continuación, se detallan las empresas consideradas en cada tipo:

Tabla 5

Población de empresas de saneamiento por tamaño

Tipo de empresa prestadora	Número de conexiones	Empresa Prestadora
1. Sedapal	Más de un millón	1. Sedapal

Tipo de empresa prestadora	Número de conexiones	Empresa Prestadora
2. Grande 1	De cien mil a un millón	<ol style="list-style-type: none">1. EPS Tacna S.A.2. EPS Sedalib S.A.3. EPS Epsel S.A.4. EPS Sedapar S.A.5. EPS Grau S.A.
3. Grande 2	De cuarenta mil a cien mil	<ol style="list-style-type: none">1. EPS Sedacusco S.A.2. EPS Seda Huánuco S.A.3. EPS Sedaloreto S.A.4. EPS Emapa Cañete S.A.5. EPS Emsapuno S.A.6. EPS Aguas de Tumbes S.A.7. EPS Sedacaj S.A.8. EPS Sedachimbote S.A.9. EPS Seda Ayacucho S.A.10. EPS Emapa San Martín S.A.11. EPS Semapach S.A.12. EPS Emapica S.A.13. EPS Seda Juliaca S.A.14. EPS Sedam Huancayo S.A.
4. Mediana	De quince mil a cuarenta mil	<ol style="list-style-type: none">1. EPS Emapacop S.A.2. EPS Emapisco S.A.3. EPS Emapat S.A.4. EPS Selva Central S.A.5. EPS Moyobamba S.A.6. EPS Moquegua S.A.7. EPS Emapa Huaral S.A.8. EPS Aguas de Lima Norte S.A.9. EPS Ilo S.A.10. EPS Chavin S.A.11. EPS Barranca S.A.12. EPS Empssapal S.A.13. EPS Municipal Mantaro S.A.14. EPS Emusap Abancay S.A.C.15. EPS Marañón S.A.

Tipo de empresa prestadora	Número de conexiones	Empresa Prestadora
5. Pequeña	Menos de quince mil	<ol style="list-style-type: none">1. EPS Emusap S.A.2. EPS Epssmu S.A.3. EPS Emapa Pasco S.A.4. EPS Emapavigs S.A.5. EPS Emapa - Hvca S.A.6. EPS Emapa - Y. S.R.L.7. EPS Emaq S.R.L.8. EPS Emapab S.A.9. EPS Sierra Central S.R.L.10. EPS Nor Puno S.A.11. EPS Emsap Chanka S.A.12. EPS Emsapa Calca S.A.13. EPS Aguas del Altiplano S.R.L.14. EPS Emsapa Yauli la Oroya S.R.L.15. EPS Rioja S.A.

Nota. Tabla elaborada en base al Informe de Benchmarking regulatorio 2022 Sunass.

3.3 Muestra

La técnica de muestreo es no probabilística. Se consideraron a aquellas empresas que cuentan con Estudio Tarifario vigente al 2022 y que estos reporten información sobre las variables requeridas por el presente estudio. De esta manera, se seleccionaron treinta y tres (33) empresas prestadoras, quedando:

- 13 Empresas Prestadoras grandes. Este grupo de empresas abarca los tres tipos identificados por el organismo regulador: Sedapal, Grande 1 y Grande 2.
- 10 Empresas Prestadoras medianas.
- 10 Empresas Prestadoras pequeñas.

Se presenta mayor detalle a continuación.

Tabla 6

Empresas de saneamiento que conforman la muestra

Número de EPS	Empresa prestadora	Tipo de EPS	Número de conexiones
13	1. EPS Sedaloreto S.A.	Grande	De cuarenta mil a más
	2. EPS Emapa Cañete S.A.		
	3. EPS Emsapuno S.A.		
	4. EPS Sedacaj S.A.		
	5. EPS Tacna S.A.		
	6. EPS Seda Ayacucho S.A.		
	7. EPS Emapa San Martín S.A.		
	8. EPS Semapach S.A.		
	9. EPS Sedalib S.A.		
	10. EPS Sedapar S.A.		
	11. EPS Sedacusco S.A.		
	12. EPS Grau S.A.		
	13. Sedapal		
10	14. EPS Emapisco S.A.	Mediana	De quince mil a cuarenta mil
	15. EPS Emapat S.A.		
	16. EPS Moyobamba S.A.		
	17. EPS Moquegua S.A.		
	18. EPS Emapa Huaral S.A.		
	19. EPS Aguas de Lima Norte S.A.		
	20. EPS Ilo S.A.		
	21. EPS Chavín S.A.		
	22. EPS Barranca S.A.		
	23. EPS Emusap Abancay S.A.C.		
10	24. EPS Emusap S.A.	Pequeña	Menos de quince mil
	25. EPS Emapa Pasco S.A.		
	26. EPS Emapavigs S.A.		
	27. EPS Emapa - Hvca S.A.		
	28. EPS Emapab S.A.		
	29. EPS Sierra Central S.R.L.		
	30. EPS Emsap Chanka S.A.		
	31. EPS Emsapa Calca S.A.		
	32. EPS Emsapa Yauli la Oroya S.R.L.		
	33. EPS Rioja S.A.		

Nota. Tabla elaborada en base al Informe de Benchmarking regulatorio 2022, Sunass.

Así, la muestra queda conformada por treinta y tres (33) empresas de saneamiento de una población total de cincuenta (50) empresas, representando el 66 % de la población.

En contraste con este muestreo, Alvarado y Rodríguez (2017) consideraron a las empresas de saneamiento cuyo estudio tarifario entró en vigor durante el periodo 2010-2015; discriminaron de su muestra a las empresas cuya continuidad de servicio fue menor que ocho (8) horas y/o contaban con un nivel de micromedición menor que el 33 %.

Adicionalmente a este criterio, consideraron factores para segregar a empresas de modo que quedaran para el análisis aquellas que fueran comparables. Estos factores fueron, si contaban con plantas de tratamiento de aguas residuales, la demanda del servicio o gran número de usuarios, el tipo de fuente de agua, y los impuestos y contribuciones. Así, realizaron el análisis para veinticuatro (24) empresas de saneamiento comparables y excluyeron a veintiséis (26) empresas de saneamiento.

Por su parte, el Otass (2020) y la Sunass (2018) consideraron en su medición a todas las empresas de su población por razones prácticas, asumiendo que todas poseen el mismo nivel de tecnología. Para el Otass (2020), su población fue de dieciocho (18) empresas que se encontraban en los años de 2016 a 2018 bajo el Régimen de Apoyo Transitorio. Para la Sunass (2018) su población fue la totalidad de empresas reguladas en el año 2016.

3.4 Método de investigación

Se ha utilizado el método de investigación cuantitativo. El tipo de investigación es descriptivo, no experimental ya que carece de manipulación intencional de la realidad (Cabrera y Batthyany, 2011).

El alcance de la investigación del primer objetivo específico es descriptivo, en el cual se describe el nivel de eficiencia de cada empresa prestadora, también es correlacional ya que relaciona linealmente variables. El segundo objetivo específico presenta un alcance descriptivo.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

La información de las variables utilizadas en el presente estudio fue obtenida de los estudios tarifarios de las empresas vigentes al 2022; las variables insumos corresponden a la infraestructura, los costos y la mano de obra; las variables producto

corresponden al nivel de producción anual. Se considera que la información contenida en los Estudios Tarifarios es validada por el organismo regulador; en este punto se coincide con Alvarado y Rodríguez (2017) que consideran esta fuente de información como viable. De la misma forma, el Otass (2020) utiliza información del organismo regulador y el organismo técnico recomendando cautela con la data del sector.

Respecto a las variables a ser utilizadas, existen coincidencias con algunas investigaciones recientes. Para los insumos, en todos los casos, se considera al menos una de las variables: costos, infraestructura o mano de obra. Para los productos, se consideran variables de producción.

Tabla 7

Variables input y output consideradas en otras investigaciones

	Variabes insumo (input)	Variabes producto (output)
Alvarado y Rodríguez (2017)	1. Costos de explotación, teniendo cuidado en no considerar costos que son influenciados por factores externos que no pudieran ser imputables a la gestión de la EPS.	1. Volumen de agua facturada, considerada como un producto final en el proceso de producción.
Sunass (2018)	1. Número de trabajadores. 2. Longitud de red de agua potable. 3. Longitud de red de alcantarillado.	1. Nivel de continuidad. 2. Número de conexiones totales de agua potable 3. Número de conexiones totales de alcantarillado
Otass (2020)	1. Número de trabajadores. 2. Longitud promedio de red de agua potable. 3. Longitud promedio de red de alcantarillado.	1. Volumen producido de agua potable. 2. Volumen recolectado de aguas residuales. 3. Volumen tratado de aguas residuales.

Nota. Elaborada en base a Alvarado y Rodríguez (2017), Otass (2020) y Sunass (2018)

En todos los casos se considera que de la combinación de los insumos se obtienen productos; así, las variables consideradas para el presente estudio son las siguientes:

- Variables insumo de infraestructura: Longitud de red de agua potable y longitud de red de alcantarillado; en cuanto a los costos, se toma el costo de operación y

mantenimiento, y con respecto a la mano de obra, se toma el número de trabajadores. Por otro lado, se toma como variables producto el volumen facturado de agua potable y el volumen facturado de alcantarillado.

- La variable longitud de red de agua potable y longitud de red de alcantarillado está expresada en kilómetros lineales. El costo de operación y mantenimiento está medido en soles anuales; por su parte, la mano de obra está medida en el número de trabajadores. Respecto a las variables producto, se ha considerado la producción: el volumen facturado de agua potable y el volumen facturado de alcantarillado, que están medidos en metros cúbicos anuales. Al ser volúmenes facturados, se entiende que efectivamente le significan ingresos a la empresa de saneamiento.

A continuación, se presentan las variables empleadas para la medición de la eficiencia en el presente estudio.

Tabla 8

Variables insumo y producto

Tipo	Variable	Unidad	
Insumo	Infraestructura	Longitud de red de agua potable	Kilómetros lineales
		Longitud de red de alcantarillado	Kilómetros lineales
	Costos	Costo de operación y mantenimiento	Soles
	Mano de obra	Número de trabajadores	Número de trabajadores
Producto	Producción	Volumen facturado de agua potable	Metros cúbicos
		Volumen facturado de alcantarillado	Metros cúbicos

3.5.1 Metodología para el primer objetivo específico

Esta metodología corresponde al primer objetivo específico de la investigación, que es determinar las diferencias en eficiencia de las empresas grandes y las de menor tamaño.

En principio fue necesaria la determinación de la eficiencia de cada empresa. Para ello, se hizo uso del paquete deaR de Coll-Serrano en RStudio con base en la información de las variables insumo y producto de las treinta y tres (33) empresas. La técnica utilizada fue el análisis envolvente de datos, técnica no paramétrica. La medición de la eficiencia estuvo orientada al insumo, asumiendo que la empresa tiene control sobre estos (Otass, 2020), además de que no puede controlar los productos por razones regulatorias (Sunass, 2018).

Este resultado es un valor que oscila entre 0 y 1 para cada empresa.

Nivel de eficiencia
calculado en RStudio

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Eficiencia} = 1; \text{ Empresa eficiente} \\ \text{Eficiencia} < 1; \text{ Empresa ineficiente} \end{array} \right.$$

Finalmente se debe aplicar la prueba anova para examinar la diferencia estadística de las medias de la eficiencia de los grupos de empresa grande, mediana y pequeña.

3.5.2 Metodología para el segundo objetivo específico

Esta metodología corresponde al segundo objetivo específico de la investigación que es determinar los rendimientos a escala de las empresas de saneamiento. El código con el que se evalúan los rendimientos de cada empresa es parte del paquete deaR de Coll Serrano en su aplicación en RStudio. El valor que resulta es la sumatoria de las lambdas para cada empresa.

Sumatoria de las lambdas

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{LS} > 1; \text{ Rendimiento decreciente a escala} \\ \text{LS} = 1; \text{ Rendimiento constante a escala} \\ \text{LS} < 1; \text{ Rendimiento creciente a escala} \end{array} \right.$$

Este resultado permite determinar si los retornos de cada empresa son constantes, crecientes o decrecientes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Determinación de la diferencia de eficiencia de las empresas grandes, medianas y pequeñas

Los principales estadísticos de los datos revelan la alta variabilidad en las empresas. Se detecta una elevada dispersión en las variables: destaca la elevada dispersión en las variables producto, es decir, en los volúmenes facturados de agua y alcantarillado; e tiene el mismo resultado en la variable mano de obra.

Tabla 9

Principales estadísticos de las variables

Variable	Valor mínimo	Valor máximo	Media	Desviación estándar
Longitud de la red de agua potable	40 536	30 595 166	219 250	5 357 869
Longitud de la red de alcantarillado	11 579	5 204 847	498 880	974 360
Costos de operación y mantenimiento	316 284	73 400 579	10 943 889	1 8425 466
Número de trabajadores	13	2 399	117	429
Volumen facturado de agua potable	444 034	533 617 206	24 665 260	9 2135 418
Volumen facturado de alcantarillado	350 365	533 627 773	23 846 954	9 2161 329

Se aprecia que una empresa grande es 184.5 veces una empresa pequeña en el tamaño de la mano de obra que dispone; se tienen resultados similares en las demás variables consideradas.

Por otro lado, resulta relevante la obtención de los estadísticos diferenciados por grupo de empresa. La tabla 10 muestra los resultados de los

principales estadísticos diferenciados por tamaño de empresa, donde se encuentra heterogeneidad de las mismas.

Tabla 10

Principales estadísticos de las variables por tamaño

Variables	Tamaño de EPS	Media
Longitud de la red de agua potable	Grande	1 526 404
	Mediana	728 187
	Pequeña	574 617
Longitud de la red de alcantarillado	Grande	510 815
	Mediana	581 268
	Pequeña	492 993
Costos de operación y mantenimiento	Grande	11 219 662
	Mediana	13 880 761
	Pequeña	11 240 134
Número de trabajadores	Grande	229
	Mediana	191
	Pequeña	155
Volumen facturado de agua potable	Grande	25 382 306
	Mediana	10 650 182
	Pequeña	8 760 511
Volumen facturado de alcantarillado	Grande	24 543 609
	Mediana	9 836 859
	Pequeña	7 916 304

Es posible comparar el tamaño de la infraestructura (medido a través de la longitud de red de agua potable y alcantarillado), los costos (medidos a través de los costos de operación y mantenimiento) y la mano de obra (medida a través de la cantidad de trabajadores de las empresas por tamaño de empresa).

Estos resultados muestran que los valores de las variables, en promedio, son mayores en las empresas grandes, seguidas de las empresas medianas y pequeñas. Este comportamiento es diferente en las variables de longitud de la red de alcantarillado y costos de operación y mantenimiento, donde se aprecia que las

Tabla 11

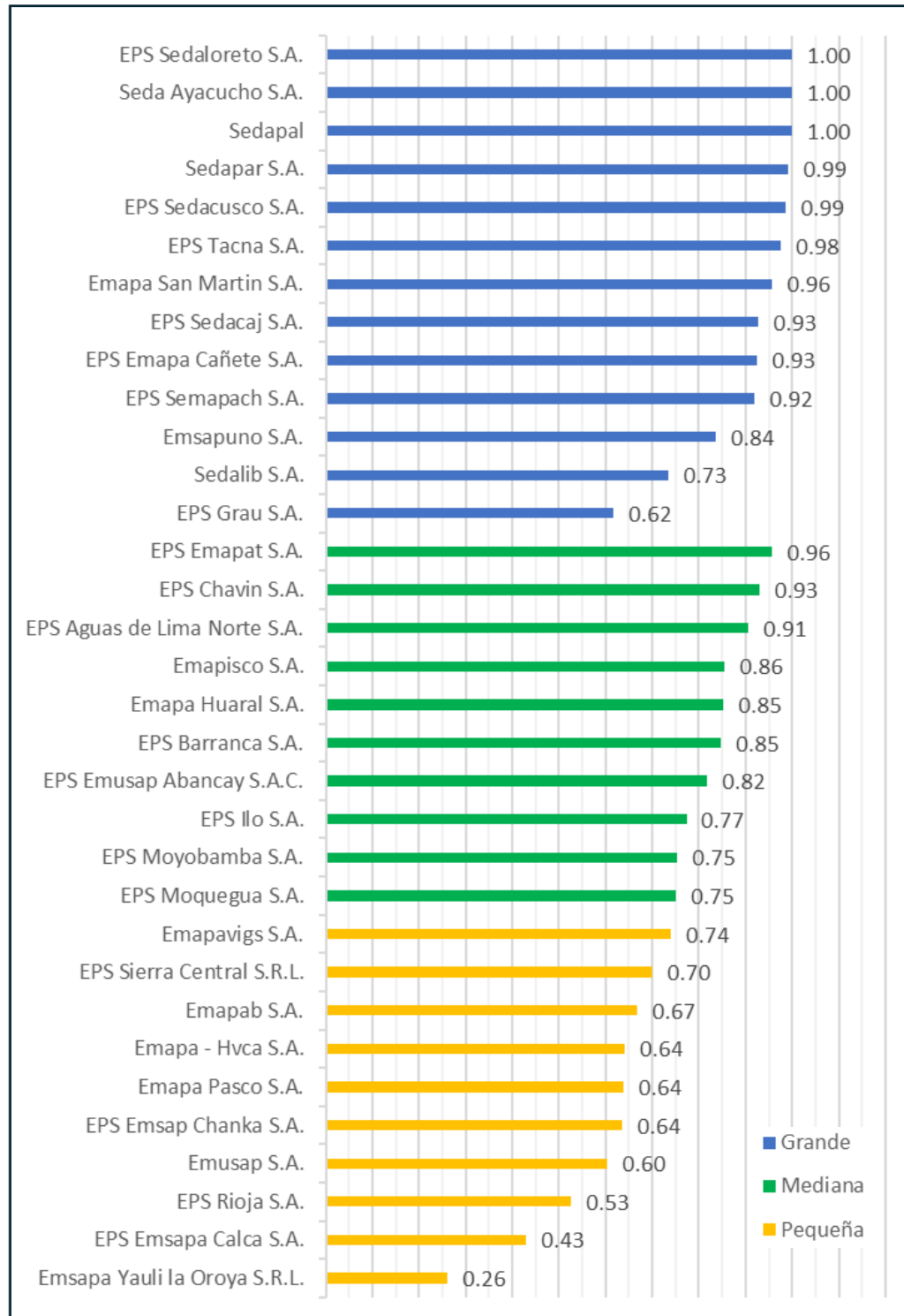
Eficiencia de las empresas prestadoras

Nro.	Empresa prestadora	Nivel de eficiencia	Eficiencia Media	Tipo de empresa
1	EPS Sedaloreto S.A.	1.00		
2	EPS Seda Ayacucho S.A.	1.00		
3	EPS Sedapal	1.00		
4	EPS Sedapar S.A.	0.99		
5	EPS Sedacusco S.A.	0.99		
6	EPS Tacna S.A.	0.98		
7	EPS Emapa San Martin S.A.	0.96	0.91	Grande
8	EPS Sedacaj S.A.	0.93		
9	EPS Emapa Cañete S.A.	0.93		
10	EPS Semapach S.A.	0.92		
11	EPS Emsapuno S.A.	0.84		
12	EPS Sedalib S.A.	0.73		
13	EPS Grau S.A.	0.62		
1	EPS Emapat S.A.	0.96		
2	EPS Chavin S.A.	0.93		
3	EPS Aguas de Lima Norte S.A.	0.91		
4	EPS Emapisco S.A.	0.86		
5	EPS Emapa Huaral S.A.	0.85	0.84	Mediana
6	EPS Barranca S.A.	0.85		
7	EPS Emusap Abancay S.A.C.	0.82		
8	EPS Ilo S.A.	0.77		
9	EPS Moyobamba S.A.	0.75		
10	EPS Moquegua S.A.	0.75		
1	EPS Emapavigs S.A.	0.74		
2	EPS Sierra Central S.R.L.	0.70		
3	EPS Emapab S.A.	0.67		
4	EPS Emapa - Hvca S.A.	0.64		
5	EPS Emapa Pasco S.A.	0.64	0.58	Pequeña
6	EPS Emsap Chanka S.A.	0.64		
7	EPS Emusap S.A.	0.60		
8	EPS Rioja S.A.	0.53		
9	EPS Emsapa Calca S.A.	0.43		
10	EPS Emsapa Yauli la Oroya	0.26		

La figura 6 muestra gráficamente los resultados obtenidos para una mejor apreciación.

Figura 6

Nivel de eficiencia de las empresas prestadoras



Considerando los resultados de la prueba de diferencia de medias entre los grupos de empresas, la tabla Anova muestra resultados a un nivel de confianza al 95 por ciento, con lo que se valida la hipótesis específica de que existe diferencia entre las eficiencias de las empresas por tamaño, siendo las más grandes las más eficientes en comparación con los demás grupos.

Debido a la alta sensibilidad del sector a factores políticos, ambientales, económicos, geográficos, y observándose diferentes formas en que los países han organizado la prestación de los servicios, la preocupación por determinar la escala eficiente en el sector saneamiento remonta desde hace más de tres décadas. Los trabajos difieren en las definiciones de economías de escala, en la motivación de estudiar el tema y en los resultados.

4.1.2 Determinación de los rendimientos a escala de las empresas prestadoras de los servicios de saneamiento

Los resultados de los retornos a escala que cada empresa presenta pueden ser constantes, crecientes o decrecientes; así se tienen los siguientes resultados.

Tabla 12

Resultados sobre retornos a escala de las empresas prestadoras

Nro.	Empresa prestadora	Tipo de empresa	Sumatoria de lambdas	Retornos de escala
1	EPS Sedaloreto S.A.	Grande	1.00	Constante
2	EPS Seda Ayacucho S.A.	Grande	1.00	Constante
3	Sedapal	Grande	1.00	Constante
4	EPS Sedapar S.A.	Grande	0.58	Creciente
5	EPS Sedacusco S.A.	Grande	0.82	Creciente
6	EPS Tacna S.A.	Grande	0.68	Creciente
7	EPS Emapa San Martin S.A.	Grande	0.61	Creciente
8	EPS Sedacaj S.A.	Grande	0.48	Creciente
9	EPS Emapa Cañete S.A.	Grande	0.41	Creciente
10	EPS Semapach S.A.	Grande	0.29	Creciente
11	EPS Emsapuno S.A.	Grande	0.23	Creciente
12	EPS Sedalib S.A.	Grande	1.48	Decreciente
13	EPS Grau S.A.	Grande	2.09	Decreciente
14	EPS Emapat S.A.	Mediana	0.27	Creciente

Nro.	Empresa prestadora	Tipo de empresa	Sumatoria de lambdas	Retornos de escala
15	EPS Chavin S.A.	Mediana	0.40	Creciente
16	EPS Aguas de Lima Norte S.A.	Mediana	0.40	Creciente
17	EPS Emapisco S.A.	Mediana	0.18	Creciente
18	EPS Emapa Huaral S.A.	Mediana	0.26	Creciente
19	EPS Barranca S.A.	Mediana	0.22	Creciente
20	EPS Emusap Abancay S.A.C.	Mediana	0.19	Creciente
21	EPS Ilo S.A.	Mediana	0.16	Creciente
22	EPS Moyobamba S.A.	Mediana	0.13	Creciente
23	EPS Moquegua S.A.	Mediana	0.37	Creciente
24	EPS Emapavigs S.A.	Pequeña	0.11	Creciente
25	EPS Sierra Central S.R.L.	Pequeña	0.09	Creciente
26	EPS Emapab S.A.	Pequeña	0.09	Creciente
27	EPS Emapa - Hvca S.A.	Pequeña	0.09	Creciente
28	EPS Emapa Pasco S.A.	Pequeña	0.08	Creciente
29	EPS Emsap Chanka S.A.	Pequeña	0.09	Creciente
30	EPS Emusap S.A.	Pequeña	0.08	Creciente
31	EPS Rioja S.A.	Pequeña	0.07	Creciente
32	EPS Emsapa Calca S.A.	Pequeña	0.03	Creciente
33	EPS Emsapa Yauli la Oroya	Pequeña	0.01	Creciente

Este resultado permite diferenciar a las empresas por tipo de retornos a escala que presentan en su operación; así, se tienen veintiocho (28) empresas (85 por ciento) que operan con retornos crecientes a escala, tres empresas (9 por ciento) que operan a retornos constantes y dos (2) empresas (6 por ciento) que operan a retornos decrecientes a escala; con esto se corrige la hipótesis de que la totalidad de empresas presentan retornos constantes a escala.

Sobre el 6 por ciento de las empresas con rendimientos decrecientes es posible inferir que, dadas sus condiciones, sobrepasaron un tamaño óptimo y que esta condición debería constituir un límite para la política de integración que viene desarrollando el Estado peruano. Sobre el 9 por ciento de las empresas con rendimientos constantes a escala, se infiere que estarían operando a un tamaño eficiente, un incremento en tamaño de estas empresas haría que pierdan eficiencia. Cabe detallar que las cinco (5) empresas con estos resultados son de tamaño grande.

Por otro lado, veintiocho (28) empresas (85 por ciento) se encuentran operando con retornos crecientes a escala; es posible inferir que estas presentarían condiciones para su incremento en tamaño en el marco de la política de integración de prestadores, dado que no habrían alcanzado un tamaño óptimo.

4.2 Discusión

Respecto al nivel de eficiencia por tamaño de empresa se tienen resultados semejantes.

A nivel internacional, se identifica que la escala eficiente se ha definido en términos de población servida, número de habitantes, o densidad poblacional relativa a la infraestructura de las empresas. Por este motivo, deben tenerse presentes las definiciones de economías de densidad de producto, de densidad de habitantes y de densidad de redes y ser cuidadoso en la extrapolación de resultados (Ferro y Lentini , 2010). También evidencian ganancias (o pérdidas) de eficiencia alcanzables mediante un cambio en la escala de prestación en diferentes países.

Tabla 13

Resultados sobre escala eficiente en los servicios de saneamiento

Autor	Ubicación espacial y temporal	Resultados
Internacional		
1. Tynan y Kingdom (2005)	53 países, 2005	Muestran que ciertos proveedores, particularmente aquellos sirviendo una población de 125.000 o menos pueden reducir sus costos operativos por cliente incrementando su escala de operación.
2. Cabrera (2008)	España, 2008	Estudio cualitativo que identifica la falta de un ente gestor con una responsabilidad integradora.

Autor	Ubicación espacial y temporal	Resultados
3. Ferro et al. (2009)	Estudio transfronterizo, desde 1990.	Se observa una escala mínima eficiente entre cien mil y 2,5 millones de habitantes servidos, que es afectada por variables ambientales, así como por la definición de economía de escala utilizada.
4. Ferro y Lentini (2010)	Sistematizan experiencias a nivel mundial desde 1990 en adelante	Encuentra economías de escala (en diversos países con diferentes situaciones) en poblaciones de entre cien mil hasta cerca de un millón de habitantes (en algunos casos se extiende a varios millones) o con densidades poblacionales de hasta doscientos cincuenta habitantes por kilómetro de red o con volúmenes entregados a la red de setenta millones de metros cúbicos al año.
Regional		
1. Banco Interamericano de Desarrollo (2013)	Brasil, 2013	Identifica un modelo para la prestación del servicio de forma comunitaria. La asociación de varias comunidades garantiza la disponibilidad de equipos técnicos, insumos y apoyo social. Esta estructura representa una ganancia de escala significativa.
2. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (2016)	América Latina y el Caribe, 2016.	Identifica que una opción para fortalecer el sector sería que los prestadores se unieran para tener economías de escala, ya que los costos unitarios pueden ser hasta ocho veces mayores en comparación con grandes sistemas.
3. Perochena (2020)	Paraguay, 2020	Determina la necesidad de definir tamaños de juntas de saneamiento e integrar, agregar o fusionarlas con una metodología aprobada. Señala la necesidad de establecer esta metodología.

Autor	Ubicación espacial y temporal	Resultados
Nacional		
1. Corton (2011)	Perú, 1996-2005	Encuentra un aumento del costo de 0.1 por ciento por cada 1 por ciento de aumento en la producción de agua. Encuentra economías de escala en la selva, costa y sierra.
2. Cadillo (2014)	Perú, 2009-2011	Encontró una escala mínima eficiente de veinte millones de metros cúbicos, equivalente a 45 600 conexiones aproximadamente.
3. Alvarado y Rodríguez (2017)	Perú, 2010-2015	Determinaron un tamaño mínimo de escala eficiente en términos de metros cúbicos facturados anualmente de 6.54 millones, equivalente a una población de 179 254 habitantes o 41 980 conexiones.
4. Sunass (2018)	Perú, 2014-2016	Determinó un nivel de escala mínima eficiente por región: costa, 35 229 conexiones; sierra, 17 405 conexiones, y selva, 12 907 conexiones.
5. Ramirez (2018)	Perú, 2016-2018	Se encuentra que diez (10) empresas de las dieciocho (18) que se encuentran en el Régimen de Apoyo Transitorio se ubican en la frontera eficiente.

Los trabajos a nivel internacional difieren en las escalas eficientes encontradas, pero en general existen mejoras de eficiencia a partir del aprovechamiento de economías de escala para las empresas pequeñas. Contrariamente, se observan deseconomías de escala para las empresas grandes, por lo que existiría un corte entre concentrar y desconcentrar la prestación de los servicios

En la región, se identifican estudios cualitativos que plantean la necesidad de la prestación de los servicios de saneamiento de manera integrada, de manera que se garantice la disponibilidad de equipos técnicos, insumos y apoyo social mediante un servicio medido, cobrado y de buena calidad (Banco Interamericano de Desarrollo, 2013).

Así mismo, identifican el reto que representan la operación y el mantenimiento de los sistemas ante la baja densidad poblacional de algunos territorios, y establecen la necesidad de establecer una metodología para determinar el tamaño óptimo de los prestadores.

A nivel nacional, se tienen estudios que han identificado una escala mínima eficiente a nivel de región natural, es decir, costa, sierra y selva. Este monto ha sido variable en los diferentes periodos de estudio. En general, se encuentra economías de escala a aprovechar.

Corton (2011) recomendó la integración de empresas, dado sus resultados de un incremento menos que proporcional en sus costos ante un incremento en la producción. Cabe detallar que analiza una muestra de cuarenta y tres (43) empresas, durante 1996 y 2005, clasificadas por regiones (costa, sierra y selva) y por tamaño (grande, más de cuarenta mil conexiones; mediana, de cien mil a cuarenta mil conexiones y pequeña, de mil a diez mil conexiones).

Mas adelante, estudiando el periodo período 2009-2011, Cadillo (2014) encuentra oportunidad de integración para todas las empresas, exceptuando a ocho (8) empresas que se encuentran por encima del nivel óptimo encontrado. De este resultado se infiere que estas ocho (8) empresas estarían operando a rendimientos decrecientes a escala, es decir que habrían superado sus tamaños óptimos.

Por su parte, Alvarado y Rodríguez (2017) encontraron a una (1) de veinticuatro (24) empresas sobre la frontera eficiente para el periodo 2010-2015, de donde encuentran el tamaño mínimo de escala eficiente de 6.5 millones de metros cúbicos facturados anualmente, resultado aportado por la EPS Selva Central, cuyo ámbito de responsabilidad incluye las regiones de Junín y Pasco.

La Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento (2018) encontró treinta y cuatro (34) empresas con mayores niveles de eficiencia para el año 2016; su análisis fue por región. De las dieciséis (16) empresas prestadoras de la costa analizadas, seis (6) se encontraron por debajo de la frontera. De las veintidós (22) empresas analizadas de la sierra, nueve (9) quedaron fuera. De las once (11) empresas de la región selva, ninguna fue excluida. De este modo, quedaron treinta y cuatro (34) empresas con

mayores niveles de eficiencia: diez (10) de la costa, once (11) de la selva y trece (13) de la sierra.

Ramirez (2018) encontró que diez (10) de trece (13) empresas se encontraron sobre la frontera eficiente en el periodo 2016-2018. Infieren que este resultado puede ser atribuible al número reducido de empresas utilizadas para el análisis y a la heterogeneidad de estas por la gran dispersión en su tamaño.

De estos resultados se determina la alta sensibilidad de la prestación de los servicios de saneamiento a diferentes factores (políticos, ambientales, demográficos, topográficos, presupuestales), dado que cada periodo de tiempo ha presentado diferentes escalas eficientes. Esta determinación se puede atribuir a las diferentes muestras que cada estudio ha identificado y a espacios diferentes para los que fueron determinadas las escalas eficientes, por lo que se debe evaluar la frecuencia adecuada en la que debe determinarse la escala eficiente considerando las mejoras en los indicadores que puedan presentar las empresas de saneamiento.

Respecto a los rendimientos a escala, los estudios sugieren que las empresas que se encuentran por encima del nivel eficiente constituyen empresas a las que no se recomienda llevar a cabo procesos de integración.

Tabla 14

Resultados sobre retornos a escala en los servicios de saneamiento

Autor	Ubicación espacial y temporal	Resultados
Ferro y Lentini (2010)	Sistematizan experiencias a nivel mundial desde 1990 en adelante	Con poblaciones, volúmenes o densidades mayores, empiezan primero los rendimientos constantes a escala y posteriormente las deseconomías de escala; con valores menores, hay ahorros de costos por aglomerar.
Corton (2011)	Perú, 1996-2005	Recomienda la integración de empresas, puesto que las grandes serían más eficientes en costos que las demás empresas.

Autor	Ubicación espacial y temporal	Resultados
Cadillo (2014)	Perú, 2009-2011	A nivel nacional, sólo ocho (8) empresas se encontrarían por encima del nivel eficiente, significando una oportunidad de ganar eficiencia para las demás.
Alvarado y Rodríguez (2017)	Perú, 2010-2015	Encuentra once (11) empresas por encima del tamaño eficiente de 6.5 millones de metros cúbicos de agua facturada y doce (12) empresas por debajo del tamaño óptimo para las que sería conveniente integrarse.

Se encuentra relevante la identificación de empresas en donde se estén generando economías de escala, para poder recomendar la conveniencia de efectuar procesos de integración y así alcanzar las ganancias de eficiencia que conlleva este proceso.

Para las empresas cuyo estudio tarifario entró en vigor en el periodo 2015-2020, Alvarado y Rodríguez (2017) identificaron doce (12) empresas que presentan un tamaño menor que el óptimo encontrado y once (11) empresas que se encuentran por encima del tamaño eficiente; estas presentan pérdidas de eficiencia de escala a partir de los 8.6 millones de metros cúbicos de agua facturada, lo que les permitió inferir que una mayor integración con estas empresas haría que estas pierdan eficiencia.

Contrariamente, las empresas que se encontraron en el rango de 0.5 y 4.4 millones de metros cúbicos de agua facturada presentan bajos niveles de eficiencia, lo que sugiere que en este rango las empresas podrían verse beneficiadas integrándose entre ellas o integrando a localidades pequeñas hasta alcanzar el tamaño eficiente. Adicionalmente, las empresas que se encontraron en el rango de 6 y 6.4 millones de metros cúbicos de agua facturada mantuvieron niveles aceptables de eficiencia.

Mas adelante, con datos del 2016, la Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento (2018) identificó treinta y cuatro (34) empresas sobre la frontera eficiente que quedaron como muestra para un análisis paramétrico posterior con información de variables adicionales. Resultado de este análisis se obtuvo la escala mínima eficiente por cada región en términos del número de conexiones totales de agua potable; así, se obtuvo



un orden de 35 299 conexiones para la costa, 16 405 conexiones para la sierra y 12 907 conexiones para la selva.

En resumen de todos los estudios identificados, Corton (2011) encuentra la totalidad de empresas con oportunidades de integración. Por su parte, Cadillo (2014) encontró ocho (8) empresas por encima del nivel eficiente para el periodo 2009-2011. Mas adelante, Alvarado y Rodríguez (2017) encontraron once (11) empresas por encima del tamaño eficiente de 6.5 millones de metros cúbicos de agua facturada para el periodo 2010-2015.

Estos resultados revelan variabilidad, atribuible al cambio en infraestructura, costos, mano de obra y producción de las empresas cada año. Resulta importante para el sector, en el marco de la política de integración, la actualización del nivel de eficiencia en relación con el tamaño de las empresas de saneamiento, dado que estos resultados orientan esta política.

CONCLUSIONES

- PRIMERO:** Se encontró diferencia estadística significativa al 95 por ciento de confianza entre las medias de los niveles de eficiencia de las empresas por tamaño. Así, es posible afirmar que las empresas grandes presentan mayores niveles de eficiencia, seguidas del grupo de empresas medianas y, finalmente, el grupo de empresas pequeñas.
- SEGUNDO:** Con relación a la evaluación de los retornos a escala de las empresas, da como resultado a veintiocho (28) empresas (28 por ciento de la muestra) con rendimientos crecientes, es decir, que estarían generando economías de escala a aprovechar con la política de integración. Por otro lado, se tienen a tres (3) empresas prestadoras con rendimientos constantes, en los que no resulta aplicable la política de integración ya que haría que perdieran eficiencia. Así mismo, se tienen a dos (2) empresas con rendimientos decrecientes; se puede inferir que ya habrían superado su tamaño óptimo. El tamaño está medido en el número de conexiones que administra cada una. Los rendimientos constantes y decrecientes representarían un límite a la política de integración.

RECOMENDACIONES

- PRIMERO:** Al organismo encargado de implementar la política de integración, realizar la medición de eficiencia en relación con el tamaño de las empresas con una periodicidad determinada, dado que el cambio de las condiciones en infraestructura, costos, mano de obra y producción de cada empresa son variables.
- SEGUNDO:** Al organismo encargado de implementar la política de integración, incorporar al análisis la relevancia de la ubicación por cuenca de aporte de cada empresa para así poder orientar la política de integración, de modo que se pueda alcanzar las oportunidades que brindan los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos hídricos que permita hacer frente al estrés y el déficit hídrico.
- TERCERO:** A otros investigadores, realizar la medición por otros métodos para obtener resultados más robustos en la medida que se cuente con información validada. Podría resultar que algunas variables presentan información cambiante en un mismo año; por ejemplo, el número de trabajadores de una empresa podría ser inexacta, dado que estas tercerizan algunas actividades o toman servicios temporales.
- CUARTO:** Al organismo encargado de implementar la política de integración, considerar los retornos a escala de cada empresa para la aplicación de la política de integración. Esta política debe aprovechar los retornos crecientes a escala que presentan determinadas empresas. Así mismo, hay que considerar que el límite de esta política son los rendimientos constantes y decrecientes a los cuales operan algunas empresas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abusada Salah, R., Cusato Novelli, A., & Pastor Vargas, C. (2008). Eficiencia del gasto en el Perú. In *Instituto Peruano de Economía*.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/documentos/eficiencia_del_gasto_en_el_peru.pdf
- Alvarado, A., & Rodríguez, J. (2017). Tamaño óptimo de las empresas de saneamiento para alcanzar la eficiencia de escala. *Repositorio de La Universidad Del Pacífico - UP*. <http://hdl.handle.net/11354/2154>
- Alvarez, A. (2001). *La medición de la eficiencia y la productividad* (Pirámide (ed.)). Ediciones Pirámide.
https://www.researchgate.net/publication/321720809_La_medicion_de_la_eficiencia_y_la_productividad_Antonio_Alvarez_Pinilla_Coordinador_Madrid_Editorial_Piramide_2013
- Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. (2016). Agua potable y saneamiento rural. In Revista AIDIS (Ed.), *Capítulo chileno de la Asociación Interamericana de ingeniería sanitaria y ambiental*. <https://www.aidis.cl/wp-content/uploads/2017/01/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). *Estudio de caso del sistema integrado de saneamiento rural (SISAR) en el Brasil Wilson dos Santos Rocha*. 78. <http://dx.doi.org/10.18235/0010702>
- Banker, R., Chames, A., Cooper, W., Swarts, J., & Thomas, D. (1989). *An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses* (Vol. 5). https://iiif.library.cmu.edu/file/Cooper_box0010c_fld00033_bdl0001_doc0001/Cooper_box0010c_fld00033_bdl0001_doc0001.pdf
- Barrantes, R. (2019). Teoría de la regulación. In Departamento de Economía - PUCP (Ed.), *Pontificia Universidad Católica del Perú*. <https://files.pucp.education/departamento/economia/ME004-1.pdf>
- Benavente Orué, A. P. (2019). Análisis de la eficiencia técnica en los servicios de saneamiento en el Perú Urbano, 2008-2016 [Universidad San Ignacio de Loyola]. In *Repositorio Institucional - Universidad San Ignacio de Loyola*.

<http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/8760>

- Bowles, S. (2010). *Microeconomía: Comportamiento, Instituciones y Evolución* (Universidad de los Andes (ed.)). <https://economia.uniandes.edu.co/sites/default/files/bowlesmicroeconomia/Microeconomia-Bowles-Completo.pdf>
- Cabrera, Mariana; Batthyany, K. (2011). *Metodología de la investigación* (Universida). https://www.academia.edu/74069096/METODOLOGÍA_MARIANA_CABRERA
- Cabrera, E. (2008). El suministro de agua urbano en España. In Fundación Nueva Cultura del Agua (Ed.), *Universidad Politécnica de Valencia*. http://www.lis.edu.es/uploads/3b558454_a462_452a_beed_8802276add7c.pdf
- Cadillo, Milagros; Villaverde, D. (2014). Economías de escala en la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado en el Perú: El caso de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) Municipales. *Sociedad Alemana de Cooperación Internacional*, January. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27307.87840>
- Castro, M., & Portuondo, F. (2009). Acerca de las economías de escala, el tamaño y la localización de inversiones. In *Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría: Vol. XXX* (Issue 1). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360433568002>
- Coll, V., & Blasco, O. (2006). Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. In *Universidad de Valencia*. https://www.uv.es/vcoll/libros/2006_evaluacion_eficiencia_DEA.pdf
- Comisión Nacional del Agua. (2014). Programa para la sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento en comunidades rurales IV (PROSSAPYS IV): Manual de procedimientos y operaciones. *Comisión Nacional Del Agua*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0009552>
- Corton, M. L. (2011). Sector fragmentation and aggregation of service provision in the water industry. *Journal of Productivity Analysis*, 35(2), 159–169. <https://doi.org/10.1007/s11123-010-0180-4>

- Diario Oficial el Peruano. (2016). Decreto Legislativo N° 1280 Decreto Legislativo Que Aprueba La Ley Marco De La Gestión Y Prestación De Los Servicios De Saneamiento. *Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento*, 6–25. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-la-ley-marco-de-la-gestion-y-decreto-legislativo-n-1280-1468461-1/>
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 253–290. <https://doi.org/2343100>
- Ferro, G., & Lentini, E. (2010). Economías de escala en los servicios de agua potable y alcantarillado. In *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. <https://hdl.handle.net/11362/3831>
- Ferro, G., Lentini, E., & Mercadier, A. (2009). *Un recorrido por la literatura empírica sobre economías de escala y alcance en agua y saneamiento* (Issue June 2015). https://www.researchgate.net/publication/278963652_Un_recorrido_por_la_literatura_empirica_sobre_economias_de_escalay_alcance_en_aguay_saneamiento
- Ferro, G., Lentini, E., & Mercadier, A. (2010). Economías de escala en agua y saneamiento: examen de la literatura. In *HAL Open science*. https://www.researchgate.net/publication/46479046_Economias_de_escalay_alcance_en_aguay_saneamiento_examen_de_la_literatura
- Ferro, G., Lentini, E., & Romero, C. (2011). Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado. In *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. <https://hdl.handle.net/11362/37287>
- Garavito, C. (2014). *Microeconomía: consumidores, productores y estructuras de mercado* (F. E. PUCP (ed.)). <https://www.fondoeditorial.pucp.edu.pe/economia/1057-microeconomia-consumidores-productores-y-estructuras-de-mercado-ebook.html>
- Garrido, H. (2010). Inversión en agua y saneamiento como respuesta a la exclusión en el Perú: gestación, puesta en marcha y lecciones del programa de agua para todos PAPT. *Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL)*. <https://hdl.handle.net/11362/3783>

- Gattoufi, S., Muhittin, O., Ashok, K., & Reisman, A. (2004). Epistemology of data envelopment analysis and comparison with other fields of OR/MS for relevance to applications. *Socio-Economic Planning Science*, 38, 123–140. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0038-0121\(03\)00021-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0038-0121(03)00021-1)
- Gravelle, H., & Rees, R. (2006). *Microeconomía* (p. 831). Pearson Education. <https://www.marcialpons.es/libros/microeconomia/9788420546230/>
- José, J., & Jiménez, S. (2010). Agua y zonas rurales, México PROSSAPYS, etapas I y II. *Banco Interamericano de Desarrollo*, 114. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0009552>
- Larrea, O., & Riaño, C. (2021). Data envelopment analysis and applications in sustainability. *Ingeniare*, 17(31), 11–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.31.8934>
- Martin, J. (2003). Scale economies, external economies and economic integration. *Universidad Complutense de Madrid*, 203–214. https://www.researchgate.net/publication/27588503_Economias_de_Escala_Economias_externas_e_integracion_economica
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2020). DECRETO SUPREMON° 008-2020-VIVIENDA: Decreto Supremo que modifica el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1280, Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios. In *Diario oficial El Peruano*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-modifica-el-reglamento-del-decreto-legis-decreto-supremo-n-008-2020-vivienda-1866899-13/>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2023). Agenda Temprana 2023. In *Resolución Ministerial N° 047-2023 - Vivienda* (Vol. 3, Issue 1). [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4082712/Anexo Agenda Temprana MVCS%5BR%5D%5BR%5D%5BR%5D%5BR%5D%5BR%5D%281%29.pdf.pdf?v=1675214633](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4082712/Anexo_Agenda_Temprana_MVCS%5BR%5D%5BR%5D%5BR%5D%5BR%5D%5BR%5D%281%29.pdf.pdf?v=1675214633)
- Mungaray, A., Ramirez, N., Ramirez, M., & Taxis, M. (2010). Economías de escala y rendimientos crecientes una aplicación en microempresas mexicanas. *Economía*

Mexicana, Nueva Epoca, 19(2), 213–230.
<https://www.redalyc.org/pdf/323/32315831001.pdf>

Oblitas, L. (2010). Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes de éxito. In *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)* (Issue 1). <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4448>

Organismo Técnico de los Servicios de Saneamiento. (2020). Integración de prestadores, oportunidades y procesos efectivos. In *Organismo Técnico de la Admnsitración de los Servicios de Saneamiento*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1400966/Estudio Medici3n de la eficiencia de las EPS bajo la administraci3n del OTASS mediante el an3lisis envolvente de datos.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1400966/Estudio%20Medici3n%20de%20la%20eficiencia%20de%20las%20EPS%20bajo%20la%20administraci3n%20del%20OTASS%20mediante%20el%20an3lisis%20envolvente%20de%20datos.pdf)

Perochena, G. (2020). *Paraguay: Rrevisi3n del gasto p3blico en agua y saneamiento en el 3mbito rural, an3lisis y recomendaciones de pol3tica*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia - UNICEF. [https://www.unicef.org/paraguay/media/6161/file/Revisi3n del gasto p3blico en agua y saneamiento en el 3mbito rural.pdf](https://www.unicef.org/paraguay/media/6161/file/Revisi3n%20del%20gasto%20p3blico%20en%20agua%20y%20saneamiento%20en%20el%203mbito%20rural.pdf)

Ramirez, H. (2018). Medici3n de la eficiencia de las EPS bajo la administraci3n del OTASS mediante el an3lisis envolvente de datos. *Organismo T3cnico de La Admnsitraci3n de Los Servicios de Saneamiento*. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1400966/Estudio Medici3n de la eficiencia de las EPS bajo la administraci3n del OTASS mediante el an3lisis envolvente de datos.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1400966/Estudio%20Medici3n%20de%20la%20eficiencia%20de%20las%20EPS%20bajo%20la%20administraci3n%20del%20OTASS%20mediante%20el%20an3lisis%20envolvente%20de%20datos.pdf)

Restrepo, M., & Villegas, J. (n.d.). An3lisis Envolvente de Datos: Introducci3n y herramienta p3blica para su utilizaci3n. *Universidad de Antioquia*. <https://juangvillegas.com/wp-content/uploads/2013/08/restrepo-villegas-dea.pdf>

Revollo, D., & Londoño, G. (2010). An3lisis de las economías de escala y alcance en los servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia. *Universidad de Los Andes*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169120015005>

Rubinfeld, D., & Pindyck, R. (1995). *Microeconomia* (p. 888). <https://danielmorochoruiz.wordpress.com/wp->

content/uploads/2017/01/microeconomia_-_pyndick.pdf

Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento. (2018). *Escala Eficiente*. 1–34. http://www.sunass.gob.pe/Publicaciones2018/info_escalaefi_92018.pdf

Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento. (2021). *Benchmarking regulatorio 2021 de empresas prestadoras*. <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2021/08/INFORME-N°0698-2021-SUNASS-DF-F-1.pdf>

Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento. (2022a). *Benchmarking regulatorio 2022 de empresas prestadoras*. <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/08/BENCHMARKING-REGULATORIO-DE-LAS-EPS-2022-DATOS-2021-F.pdf>

Superintendencia Nacional de los Servicios de Saneamiento. (2022b). Determinación del área de prestación de servicios del departamento de Puno. *Sunass*, 309. <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2022/06/DETERMINACION-DE-ADP-Puno.pdf>

Torreblanca, J. (2016). Cerro Verde y su gestión sostenible del agua. *Inter Clima - Ministerio Del Ambiente Perú*. <https://interclima.minam.gob.pe/Presentaciones/2016/Dia2/Mesas-Paralelas/Mesa4/4.Ponencia-Julia-Torreblanca.pdf>

Tynan, N., & Kingdom, B. (2005). Optimal size for utilities? Returns to scale in water: Evidence from benchmarking. *Public Policy for the Private Sector*, table 1. <https://www.ircwash.org/sites/default/files/Tynan-2005-Optimal.pdf>

Varian, H. (2005). *Microeconomía intermedia: un enfoque actual*. 722. https://economyapq.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/04/hall-r-varian-microeconomc3ada-intermedia_-un-enfoque-actual-antoni-bosch-1999-1.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables Insumo	Método de
¿Es relevante el tamaño en los niveles de eficiencia de las empresas de saneamiento en el Perú?	Analizar el tamaño y el nivel de eficiencia de las empresas de saneamiento en el Perú.	El tamaño es relevante en el nivel de eficiencia de las empresas de saneamiento en el Perú.	- Infraestructura: Longitud de red de agua potable y alcantarillado expresado en kilómetros lineales. - Costos: Costos de operación y mantenimiento expresado en soles.	investigación cuantitativo. Tipo de investigación descriptivo, no experimental, de corte transversal Técnica no paramétrica denominada
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		Análisis Envolvente de
¿Existe diferencia en el nivel de eficiencia entre las empresas grandes, medianas y pequeñas?	Determinar la diferencia en el nivel de eficiencia entre las empresas grandes, medianas y pequeñas.	Existe diferencia en el nivel de eficiencia entre las empresas grandes, medianas y pequeñas.	- Mano de obra: Número de trabajadores expresado en números.	Datos. Datos de fuente secundaria, información extraída de los Estudios
¿Cuáles son los rendimientos a escala de las empresas de saneamiento?	Determinar los rendimientos a escala de las empresas de saneamiento.	Los rendimientos a escala de las empresas de saneamiento son constantes.	Variables Producto - Producción: Volumen facturado de agua potable y alcantarillado expresado en metros cúbicos	Tarifarios de las Empresas de Saneamiento vigentes al 2022. Procesamiento de datos: Software RStudio.

Anexo 2. Prueba Anova para la diferencia de medias

	Df	Sum sq	Mean sq	F value	pr(>F)
Tipo	2	0.63744	0.31872	24.887	4.256e-07
Residuals	30	0.38421	0.01281		

Nota: Resultado de RStudio

Hay diferencia estadística entre las medias de las eficiencias de escala de los grupos grande, mediana y pequeña. Se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, debido a que el valor de $Pr(>F)$ es menor que el nivel de significancia de 5 por ciento.

Anexo 3. Base de datos

Los datos fueron extraídos de los Estudios Tarifarios vigentes al 2022 de cada Empresa Prestadora. El Otass (2020), que utiliza información del organismo regulador y el organismo técnico, recomienda cautela con la data del sector.

Empresa Prestadora (EP) con ET vigente al 2022	Estudio tarifario (ET)
1. EPS Sedaloreto S.A.	ET 2022-2027
2. EPS Emapa Cañete S.A.	ET 2019-2024
3. EPS Emsapuno S.A.	ET 2023-2027
4. EPS Sedacaj S.A.	ET 2019-2024
5. EPS Tacna S.A.	ET 2019-2024
6. EPS Seda Ayacucho S.A.	ET 2022-2027
7. EPS Emapa San Martin S.A.	ET 2019-2024
8. EPS Semapach S.A.	ET 2019-2023
9. EPS Sedalib S.A.	ET 2021-2026
10. EPS Sedapar S.A.	ET 2021-2026
11. EPS Sedacusco S.A.	ET 2020-2025
12. EPS Grau S.A.	ET 2022-2027
13. Sedapal	ET 2022-2027
14. EPS Emapisco S.A.	ET 2018-2023
15. EPS Emapat S.A.	ET 2023-2027
16. EPS Moyobamba S.A.	ET 2021-2026
17. EPS Moquegua S.A.	ET 2023-2027
18. EPS Emapa Huaral S.A.	ET 2019-2024
19. EPS Aguas de Lima Norte S.A.	ET 2019-2024
20. EPS Ilo S.A.	ET 2020-2025
21. EPS Chavin S.A.	ET 2023-2027
22. EPS Barranca S.A.	ET 2019-2024
23. EPS Emusap Abancay S.A.C.	ET 2019-2024

Los datos se encuentran en los Estudios Tarifarios disponibles en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/13kffO44sKfbIHVzpjy0xoRjz0V7rk2ja?usp=drive_link

Anexo 4. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo SAMANTHA ISABEL MAYTA FLORES,
identificado con DNI 70142872 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

MAESTRIA EN ECONOMIA CON MENCION EN PROYECTOS DE INVERSION,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" NIVEL DE EFICIENCIA Y TAMAÑO DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS
DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL PERU

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 28 de julio del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella

Anexo 5. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo SAMANTHA ISABEL MAYTA FLORES,
identificado con DNI 70142872 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

MAESTRIA EN ECONOMIA CON MENCION EN PROYECTOS DE INVERSION,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" NIVEL DE EFICIENCIA Y TAMAÑO DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS DE
LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL PERU

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.


En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 28 de julio del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella