

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LAMOLINA**

**FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN**



**“ESTIMACIÓN DE EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS  
DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL PERU EN EL AÑO 2018”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
ECONOMISTA**

**JESÚS ENRIQUE SCHAEFFER VILLEGAS**

**LIMA – PERÚ**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LAMOLINA  
FACULTAD DE ECONOMÍA Y PLANIFICACIÓN**

**“ESTIMACIÓN DE EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS PRESTADORAS  
DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL PERU EN EL AÑO 2018”**

**PRESENTADO POR  
JESÚS ENRIQUE SCHAEFFER VILLEGAS**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
ECONOMISTA**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO**

.....  
Dr. Alvaro Alejandro Ortiz Saravia  
Presidente

.....  
Econ. Luis Alberto Chaparro Guerra  
Asesor

.....  
Mg. Sc. Miguel Angel Alcántara Santillán  
Miembro

.....  
Mg. Sc. Carlos Alberto Condori Argandoña  
Miembro

LIMA – PERÚ  
2021

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, Rosa y Enrique, por su apoyo incondicional; y a mi asesor Luis Chaparro por el apoyo brindado durante la elaboración de la presente investigación.

# ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.3.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.3.1.	Objetivo General .....	6
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	6
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1.	MARCO TEÓRICO .....	7
2.1.1.	Monopolio natural multiproducto .....	7
2.1.2.	Benchmarking.....	8
2.1.3.	Eficiencia .....	9
2.1.4.	Análisis Envolvente de Datos (DEA).....	13
2.2.	ANTECEDENTES.....	19
III.	METODOLOGÍA .....	26
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	26
3.2.	HIPÓTESIS .....	26
3.2.1.	General.....	26
3.2.2.	Específicas .....	26
3.3.	MATERIALES .....	27
3.4.	MÉTODOS Y TRATAMIENTOS DE LA INFORMACIÓN .....	28
3.4.1.	Población y muestra .....	28
3.4.2.	Método .....	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1.	ESCENARIO 1: TAMAÑO DE PRODUCCIÓN Y LA EFICIENCIA .....	36
4.2.	ESCENARIO 2: NÚMERO DE EMPLEADOS Y LA EFICIENCIA .....	39
4.3.	ESCENARIO 3: EFICIENCIA Y CALIDAD DE SERVICIO .....	42
V.	CONCLUSIONES .....	48
VI.	RECOMENDACIONES .....	50
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	51
VIII.	ANEXOS .....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Reguladores sector saneamiento países América Latina.....	9
Tabla 2: Ventajas y desventajas de la metodología DEA.....	14
Tabla 3: Gestión Pública versus Gestión Privada de los servicios de agua.....	20
Tabla 4: Estudios eficiencia en el sector agua potable y saneamiento .....	22
Tabla 5: Variables utilizadas en Modelos DEA aplicados a servicio de agua potable y saneamiento .....	24
Tabla 6: Clasificación EPS según número de conexiones.....	29
Tabla 7: Relación de las EPS en estudio .....	30
Tabla 8: Escenarios en la investigación.....	34
Tabla 9: Índices de eficiencia técnica, eficiencia técnica pura y eficiencia a escala mediante DEA, escenario 1 .....	37
Tabla 10: Eficiencia a escala promedio según tamaño EPS .....	38
Tabla 11: Índices de eficiencia técnica mediante DEA, escenario 1 y 2.....	40
Tabla 12: Relación número de empleados por 1000 conexiones de EPS ineficientes .....	41
Tabla 13: Índices de eficiencia técnica mediante DEA, escenario 3.....	43
Tabla 14: Indicadores calidad año 2018 EPS eficientes, escenario 3.....	44
Tabla 15: Nivel de micromedición por tamaño de EPS 2017 .....	45
Tabla 16: Causas de pérdidas de agua .....	46
Tabla 17: Correlación entre variables, escenario 3.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Eficiencia técnica .....	11
Figura 2: Eficiencia de escala y eficiencia técnica pura.....	12
Figura 3: Análisis Envolvente de Datos .....	13
Figura 4: Orientaciones del modelo DEA. ....	15
Figura 6: Métodos de estimación.....	31
Figura 7: Programa DEA- Solver- (LV 8.0).....	34
Figura 8: Elección del modelo en el programa DEA- Solver.....	35
Figura 9: Evolución de la Continuidad de las EPS periodo 2013-2017 .....	44
Figura 10: Evolución de la micromedición de las EPS periodo 2013- 2017.....	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Variables <i>inputs</i> de las EPS en estudio.....	55
Anexo 2: Variables <i>outputs</i> de las EPS en estudio.....	56
Anexo 3: Relación número de empleados por cada 1000 conexiones .....	57

## RESUMEN

El agua es un recurso indispensable para la actividad humana. La población total con acceso de agua por red pública en el Perú ha tenido una evolución favorable, en 2013 era 84 por ciento, mientras que en el 2018 llega a un 89 por ciento; sin embargo, la cobertura del servicio de agua potable en el Perú no es total. Las Empresas Prestadoras de Servicio de Agua Potable y Saneamiento (EPS) en el Perú son las encargadas de brindar servicio de agua potable en el ámbito urbano a 18.6 millones de personas, es decir, más de la mitad de la población total. Analizar la eficiencia en la utilización de los recursos de las EPS es una herramienta valiosa para mejorar la prestación del servicio de agua potable. Esta investigación utiliza el modelo no paramétrico Análisis Envolvente de Datos (DEA), donde se eligieron variables *inputs* y *outputs* correspondientes para tres escenarios, en el primer escenario se analizó como el tamaño de producción y la dispersión geográfica afecta a la eficiencia a escala; el segundo escenario, se analiza el impacto de la variable número de empleados en los índices de eficiencia técnica; mientras que en el tercer escenario, al incluir variables *outputs* de calidad como micromedición y continuidad, se analizó la relación entre eficiencia técnica y calidad. Por todo ello, se concluye que, el tamaño de producción de las EPS, en promedio, no es el óptimo, además que la variable número de empleados si es relevante en la estimación de eficiencia técnica y finalmente, las EPS caracterizadas como eficientes no necesariamente cumplen con la calidad de servicio deseada.

**Palabras clave:** agua potable, análisis envolvente de datos, eficiencia técnica.

## I. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, un tema de gran interés por parte de los diferentes sectores de la sociedad, así como para el Estado y los organismos mundiales es el recurso hídrico. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) define los recursos hídricos como “los recursos disponibles o potencialmente disponibles, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un periodo de tiempo aproximado para satisfacer una demanda identificable”.

La preocupación central es dotar de agua a la población que no cuenta con ella, pues esta carencia es un componente fundamental de la pobreza (Mendoza, 2009). La Organización Mundial de la Salud (OMS) define agua potable como “el agua utilizada para usos domésticos, para beber, cocinar y para la higiene personal; si cumple ciertas normas microbiológicas y químicas concernientes a la calidad, se considera segura”.

En el 2019, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) publicó un informe donde indica que “la proporción de la población que utiliza servicios de agua potable gestionados de forma segura aumentó del 61 por ciento al 71 por ciento entre el 2000 y 2015, y se mantuvo sin cambios en el 2017; lo que significa que 785 millones de personas aún carecen del servicio más básico de agua potable”

En el Perú alrededor del 72 por ciento de la población rural y el 94 por ciento de la población urbana tienen acceso a agua por red pública (INEI, 2018), esta realidad resulta muy lejana a países desarrollados donde la cobertura y el acceso al agua potable es casi en su totalidad; sin embargo, la población total con acceso de agua por red pública ha tenido una evolución favorable, en 2013 era 84 por ciento, mientras que en el 2018 llega a un 89 por ciento.

El sector agua potable en el Perú, dentro del marco institucional, ha tenido diferentes procesos de reforma; antes de 1980 el servicio era dotado por el Estado de manera centralizada, a finales de la década de los ochenta se crea el Servicio Nacional de Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (SENAPA), donde se descentraliza y se conforma una empresa Matriz, 15 empresas filiales y 10 unidades operativas distribuidas a lo largo del país. En 1991, en el contexto de las privatizaciones a empresas públicas, se expide el DL 697 que declaraba de interés nacional la promoción de la inversión privada en este sector; sin embargo, esta iniciativa no llegó a implementarse.

En 1994 se promulgó la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento (LGSS) que establece una normativa diferente con los entes operadores según ámbito de prestadores de servicios para el sector rural y el sector urbano. En el 2016, se publicó el Decreto Legislativo N° 1280, que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, en adelante Ley Marco, que significó cambios con respecto a la Ley N° 26338.

Se considera área rural los centros poblados con una población menor a 2 000 habitantes y las pequeñas ciudades con población entre 2 000 y 15 000, donde las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS) son las responsables de la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable, disposición de excretas y de la gestión de los residuos sólidos en una o más localidades.

De acuerdo con la Memoria Anual 2017 de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), en el área rural existen alrededor de 28 874 prestadores de servicio de saneamiento, de los cuales más del ochenta por ciento corresponde a Organizaciones Comunales, en su mayoría JASS, que tienen bajo su ámbito de administración a 7.2 millones de personas. Sin embargo, 2.7 millones de personas carecen de agua potable debido a los conflictos sociales en torno al uso del agua, la postergación de inversiones y la poca capacidad de gestión de las JASS y de las organizaciones comunales para mantener en operatividad los sistemas de agua con los que cuentan las comunidades rurales.

De acuerdo con el artículo 11 de la Ley Marco, la prestación de servicio de agua potable y saneamiento en el sector urbano es atendida por las Empresas Prestadoras de Servicio de

Saneamiento (EPS) que tienen como principales actividades económicas la captación, potabilización y distribución de agua para uso doméstico, industrial y comercial, servicio de alcantarillado, servicio de disposición sanitaria de excretas, y acciones de protección del medio ambiente.

En la actualidad son 50 EPS que prestan el servicio de agua potable y saneamiento en el sector urbano, de las cuales 49 son públicas, de propiedad municipal que deben constituirse como sociedad anónima, y SEDAPAL, de propiedad del Gobierno Nacional. Se consideró pública a la EPS Aguas de Tumbes debido a que en el año 2018 se declaró la caducidad del contrato de Concesión.

Las EPS brindan en total sus servicios a 312 distritos a nivel nacional; en el año 2017, la población que se encuentra bajo el ámbito de administración de las EPS es de 20.1 millones, sin embargo, la población servida con agua potable es de 18.6 millones, lo que representa una cobertura de 92.5 por ciento.

Las EPS tienen la responsabilidad de mejorar la eficiencia y calidad en la gestión de los servicios prestados, cumpliendo exigencias de las diferentes agencias del gobierno; por ejemplo, el cumplimiento de los niveles de calidad en la prestación de los servicios de saneamiento definidos por la SUNASS como ente regulador, que fue creada por el Decreto Ley N° 25965, aunque sus funciones fueron establecidas con la Ley N° 26284, las cuales incluye la regulación económica, la supervisión, las sanciones, el establecimiento de normas y la resolución de disputas (entre clientes y proveedores de servicios).

La SUNASS calcula el *benchmarking* regulatorio iniciando la clasificación de EPS por tamaños (grupos), luego identifica los indicadores de gestión los cuales son clasificados en cuatro áreas de desempeño que son (1) acceso, (2) sostenibilidad, (3) clientes y (4) calidad.

Estos indicadores claves de desempeño permiten orientar la prestación en materia de sostenibilidad económica y financiera, calidad de servicio, expansión y mantenimiento de la red y subsidios a los pobres (Ferro, 2017).

Dentro de los principales indicadores de gestión de las EPS, frecuentemente utilizados para analizar el desempeño, se encuentran la cobertura del servicio de agua potable, la continuidad y la micromedición. Una EPS tiene un desempeño aceptable cuando el nivel de cobertura es alto y la continuidad es de 24 horas diarias.

Según el estudio de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), muestra para el año 2017, a nivel de la región de América Latina y el Caribe; Uruguay, Chile y Colombia alcanzaron una cobertura del servicio de agua potable superior al 97 por ciento en el área urbana.

Analizar la eficiencia de las EPS es relevante, para ello se utiliza el método no paramétrico de Análisis Envolvente de Datos (DEA), que es un método de programación lineal, el cual no requiere la especificación de una función para estimar las medidas de eficiencia. A diferencia de los métodos econométricos; esta característica, llega a ser su principal ventaja, ya que es difícil en la mayoría de los casos conocer a priori la forma de la función de producción (Consilla, 2013).

Este método ha sido aplicado para el sector agua potable en diversos países como: Australia (Coelli & Walding, 2005), España (Picazo et al., 2009), EEUU (Shih et al., 2004), México (Anwandter & Ozuna, 2002), entre otros; sin embargo ha sido muy poco aplicado en el Perú (Chen & Lin, 2008, Consilla, 2013).

### **1.1. Planteamiento del problema**

El principal problema es que el servicio de agua potable no alcanza una cobertura total debido a la inadecuada gestión y sostenibilidad financiera que atraviesan la mayoría de las EPS para renovar e incluso mantener operativos los deteriorados sistemas de producción de agua potable, así como, la demora en la ejecución y término de proyectos que permitan ir a la par del crecimiento urbano del país.

Corton (2003) caracterizó al sector de agua potable como uno con serios problemas, incluyendo el mantenimiento inadecuado del sistema, un alto nivel de agua no contabilizada, exceso de personal, bajos índices de medición y baja calidad del agua.

Frente a dicha problemática, esta investigación permitirá responder algunas preguntas como ¿qué índice de ineficiencia tiene la gestión de las EPS?, ¿existe una relación *trade-off* entre eficiencia y calidad del servicio?, ¿en qué medida la inclusión de la variable número de empleados influye en los índices de eficiencia técnica de las EPS? y ¿en qué medida el tamaño de producción y la dispersión geográfica afecta a la eficiencia?

## **1.2. Justificación de la investigación**

La investigación parte de la importancia del agua como “tesoro indispensable para toda la actividad humana”. La carencia de agua no potabilizada relega a las familias a vivir en la pobreza, frena el crecimiento humano y pone en riesgo la salud (PNUD, 2006).

El estudio de la eficiencia de las EPS proporciona a los administradores de éstas y a la autoridad reguladora información significativa para mejorar la organización de las empresas y también para mejorar el diseño de las políticas públicas. La experiencia en países con mayor cobertura muestra que la incorporación de incentivos regulatorios tiene efectos positivos en la eficiencia de los prestadores de los servicios de agua potable (De Witte & Marques, 2010).

La presente investigación aporta en la estimación de los componentes de la eficiencia técnica, los cuales son eficiencia técnica pura que es la habilidad que tiene una empresa para producir más con la cantidad de *inputs* que posee; y eficiencia de escala; que es la eficiencia alcanzada si el tamaño de la empresa es óptimo (Coelli et al., 1998). Para el caso de las EPS, una mejora de eficiencia se traduce en una mayor capacidad de producción del servicio de agua potable, dado los recursos que disponen.

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar la eficiencia técnica de las Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento del Perú en el año 2018.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- a. Identificar la relación entre eficiencia de escala y el tamaño de producción de las Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento.
- b. Analizar el impacto de inclusión o exclusión de la variable número de empleados en los índices de eficiencia técnica de las Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento.
- c. Identificar si la eficiencia técnica de una Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento asegura un servicio de calidad.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Marco Teórico

En esta sección se desarrolla como marco teórico los temas de monopolio natural multiproducto, benchmarking, eficiencia, métodos para la estimación de eficiencia y análisis envolvente de datos.

#### 2.1.1. Monopolio natural multiproducto

Según Parkin (2009) el monopolio es una industria que produce un bien o servicio para el cual no existe sustituto y en el que hay un proveedor que está protegido de la competencia por barreras que evitan la entrada de nuevas empresas a la industria.

La existencia de monopolios naturales está relacionada con las economías de escala, la cual constituye una condición suficiente aunque no necesaria (Baumol, Panzar & Willig, 1975).

Sin embargo, la condición necesaria y suficiente se deriva de la existencia de subaditividad de costos, definida así:

$$C(q) < C(q_1) + \dots + C(q_n) ; \sum_n^{i=1} q_i = q_n$$

Donde:

C(q): costo total

q: producción.

Bajo esta situación, desde el punto de vista de los costos, resulta óptimo la existencia de una empresa que muchas. Cabe señalar que, en las diversas industrias actuales, es poco habitual encontrar una empresa que produzca un solo producto, la mayoría de ellas produce múltiples bienes o servicios. Es por ello, que el concepto de monopolio natural multiproducto es el que más se asemeja al sector de agua potable.

La industria del agua potable comprende la producción, tratamiento y distribución de ésta, así como la recolección y disposición de aguas servidas (Oblitas, 2010). Dentro de las características del servicio de este sector tenemos los grandes costos hundidos, sus activos fijos tienen poco uso alternativo; economías de escala, un aumento de conexiones que abate los costos promedios de la red; y consumo masivo, el acceso al servicio de agua potable es básico para la sociedad. Estas características muestran un escenario de monopolio natural donde será necesaria una adecuada regulación.

### **2.1.2. *Benchmarking***

Según Berg (2007), el *benchmarking* es una de las herramientas de regulación para estimular la mejora continua de las operaciones y para evaluar el desempeño de las empresas prestadoras de servicio de agua potable. Debido a la existencia de asimetrías de información entre reguladores y compañías reguladas donde uno de ellos cuenta con mejor o más información, esta herramienta es importante como un sistema de reporte transparente, en donde se comparte la información que poseen las empresas.

Estos datos usados para la comparación entre empresas deben ser cuantificables, precisos y confiables, si no es así, la credibilidad del análisis de información y del proceso regulatorio se verían comprometidos. El *benchmarking* se convierte así en un proceso iterativo en el cual tanto las empresas como el regulador aprenden mientras participan en este juego regulatorio (Ferro y Romero, 2010).

La empresa regulada obtendrá una recompensa por sus esfuerzos de reducción de costos equivalente a beneficios para los usuarios, ya sea en mejoras de calidad del servicio, menores tarifas, etc. El propósito del *benchmarking* es incrementar la transparencia, rendir cuentas al

público y generar información para mejorar desempeño. Por ejemplo, reguladores del sector agua potable y alcantarillado como la Autoridad de Regulación de Servicios de Agua (OFWAT) en Reino Unido, y la Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA) han institucionalizado la práctica del *benchmarking*. Asimismo, los reguladores del sector saneamiento en los países de América Latina (Tabla 1) desarrollan prácticas y procedimientos que garantizan la provisión de servicios de calidad al menor precio posible. (Consilla, 2013)

**Tabla 1: Reguladores sector saneamiento países América Latina**

<b>País</b>	<b>Regulador</b>
<b>Argentina</b>	Asociación de Entes Reguladores de Agua y Saneamiento de la República Argentina (AFERAS)
<b>Brasil</b>	Secretaría Nacional de Saneamiento Ambiental
<b>Chile</b>	Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
<b>Colombia</b>	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
<b>Panamá</b>	Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP)
<b>Paraguay</b>	Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ERSSAN)
<b>Perú</b>	Superintendencia Nacional de Servicio Saneamiento (SUNASS)
<b>Uruguay</b>	Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA)

FUENTE: Consilla (2013)

### 2.1.3. Eficiencia

El término eficiencia posee diversas interpretaciones, se extiende dependiendo el área en la que se desea trabajar una investigación, etimológicamente, la palabra eficiencia deriva del latín *efficientia* que significa acción, fuerza, virtud de producir. Por otro lado, el diccionario de la Real Academia Española indica que la eficiencia es “virtud y facultad para lograr un efecto determinado”.

Muchas veces se relaciona eficiencia con productividad, pero son términos distintos. Productividad es una medida que involucra los factores de producción, tecnología y los cambios en la eficiencia de una empresa; entonces una mejora en la productividad no

necesariamente es el resultado de una mejor eficiencia, sino podría darse por un progreso tecnológico o la combinación de ambos.

Otro término relacionado a eficiencia es la eficacia, sin embargo existe una diferencia entre ambos conceptos, la eficacia se define como la obtención de los resultados en condiciones ideales sin considerar los recursos utilizados.

Para la medición de la eficiencia se plantea lo siguiente:

$$Eficiencia = \frac{Output}{Input}$$

Pero las empresas poseen más de un *input* y más de un *output*, por lo que se modificaría a:

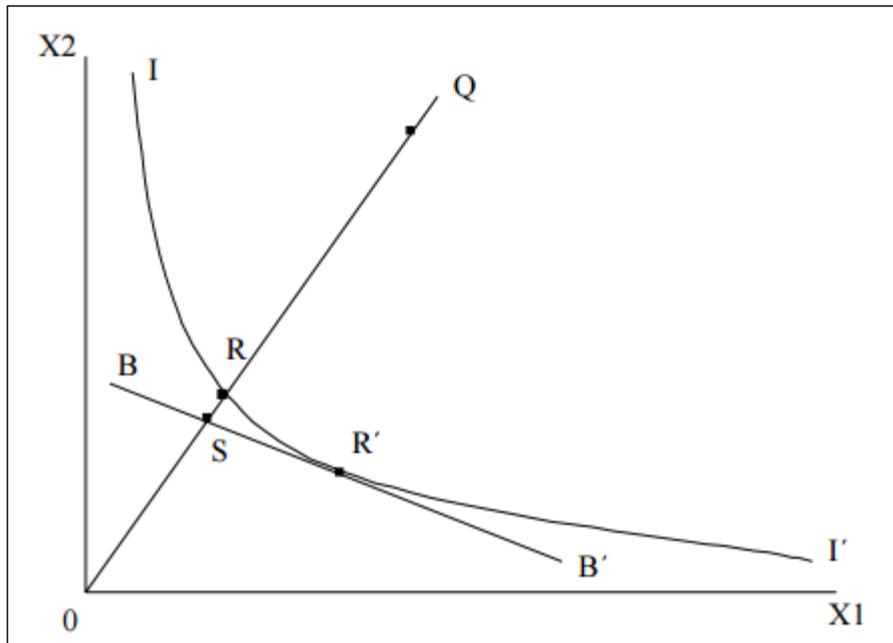
$$Eficiencia = \frac{\sum \text{ponderada de Output}}{\sum \text{ponderada de Input}}$$

En 1951, Koopmans define a un punto eficiente como aquella combinación de producto neto que posee la propiedad que para cualquier incremento en una de sus coordenadas podrá lograrla sólo a costa de disminuir al menos una de las restantes. (García, 2009)

Finalmente, como indica Ferro (2010), la medida de eficiencia es una idea relativa porque depende de la muestra de empresas con que sea comparada una de estas. Llega a ser un método de aproximación empírica a la frontera de eficiencia cuando lo único que se observa son los insumos empleados y productos generados, ya que la función es desconocida.

#### **a. Eficiencia técnica**

Farrel (1957) define eficiencia técnica como el resultado de producir lo máximo posible a partir de unos *inputs* dados. Para ilustrar este concepto, Farrell supuso una empresa que empleará dos factores para generar un *output* ( $x_1, x_2$ ) bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala y conocimiento total de la función de producción (Figura 1).



**Figura 1: Eficiencia técnica**

FUENTE: Farrell (1957)

Se asume que la curva  $I'$  cumple con dos condiciones: i) convexa y ii) no tiene ningún punto con pendiente positiva, por lo que se considera unitaria y representa las combinaciones mínimas de los *inputs* necesarias para generar una unidad de producto. Por lo tanto, el punto R sería una asignación eficiente mientras que Q no lo es; ya que emplea más insumos para lograr el mismo producto. Entonces, la eficiencia técnica de Q se define como el ratio  $\frac{OR}{OQ}$ . Los valores que puede tomar están entre cero y uno ( $0 \leq \frac{OR}{OQ} \leq 1$ ), donde 0 indica ineficiencia, mientras que 1 indica que la empresa es eficiente.

La eficiencia técnica de una empresa está dada por su capacidad para transformar *inputs* en *outputs* en el contexto de una tecnología, sintetizado mediante una función de producción, que marca el valor máximo o “frontera” de *output* alcanzable a partir de diversas combinaciones de *inputs* (Consilla, 2013).

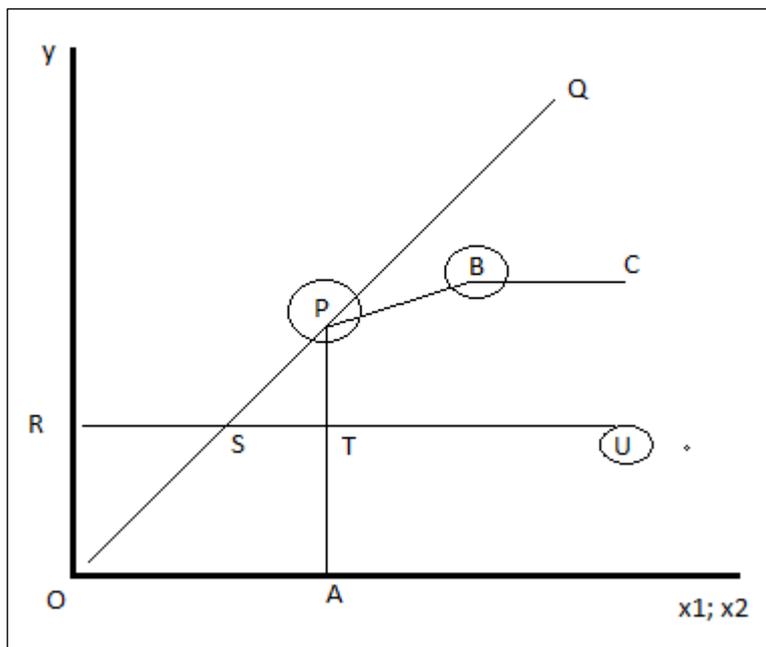
La eficiencia técnica se puede descomponer en las medidas de eficiencia de escala y eficiencia técnica pura.

**b. Eficiencia de escala**

La eficiencia de escala expresa la eficiencia de una empresa cuando el tamaño de producción es el óptimo, es decir, opera en una escala adecuada.

Las ineficiencias de escala por el contrario, son pérdidas debidas a la falta de operar con rendimientos constantes a escala.

En la Figura 2, el eje Y representa el *output* y el eje X representa las combinaciones de *inputs* ( $x_1$  y  $x_2$ ). El gráfico muestra tres puntos indicados por B, P y U, respectivamente. Se preparan dos fronteras, una que asume rendimientos constantes a escala OQ y la otra frontera supone rendimientos variables a escala APBC. La eficiencia de escala para la empresa U es, por tanto  $RS/RT$



**Figura 2: Eficiencia de escala y eficiencia técnica pura**

FUENTE: Cepeda (2013)

**c. Eficiencia técnica pura**

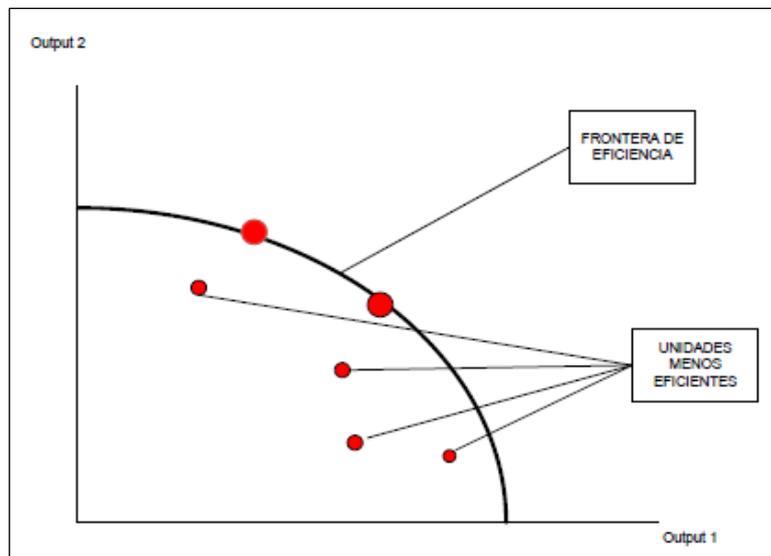
La eficiencia técnica pura representa específicamente la habilidad de la empresa para producir más con la cantidad de *inputs* disponibles. Por su parte, la ineficiencia técnica pura se refiere a las desviaciones, de la frontera de la eficiencia, resultantes

de la falta de una utilización eficiente de los recursos.

En la Figura 2, la eficiencia técnica pura se mide en relación a la frontera de rendimientos variables a escala. Para la empresa U, la eficiencia técnica pura se mide como  $RT/RU$ .

#### 2.1.4. Análisis Envoltente de Datos (DEA)

En 1978, A. Charnes, W.W. Cooper y E. Rhodes desarrollaron la técnica a partir del método propuesto por Farrell (1957) e incorporan el término DMU (*Decision Making Units*), que hace referencia a la toma de decisión de una empresa prestadora de algún programa público. DEA calcula una medida de rendimiento máximo para cada DMU en relación con todas las demás, teniendo como única restricción que cada DMU se encuentre en la frontera eficiente o estar envuelta por la misma. Las DMUs que se encuentran sobre la frontera son las empresas con las mejores prácticas y conservan un valor de uno, por otro lado, las empresas ubicadas en la parte externa de la frontera eficiente tendrán valores en algún punto entre 0 y 1 (Figura 3).



**Figura 3: Análisis Envoltente de Datos**

FUENTE: Coll y Blasco (2006)

La metodología DEA tiene sus limitaciones, una de ellas es que las medidas de eficiencia obtenidas con DEA pueden ser muy sensibles al número de variables incluidas en el modelo.

A medida que aumenta la relación entre el número de variables y el tamaño de la muestra, la capacidad de la metodología DEA para discriminar entre empresas se reduce drásticamente, debido a que, es más probable que una determinada empresa encuentre algún conjunto de ponderaciones para aplicar a sus productos e insumos que lo harán parecer eficiente. Otra limitación de la metodología DEA es que no cuenta los efectos de error aleatorio.

Las principales ventajas y desventajas del Análisis Envolvente de Datos se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 2: Ventajas y desventajas de la metodología DEA**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DEA admite modelos con múltiples <i>inputs</i> y <i>outputs</i>.</li> <li>• DEA no requiere una hipótesis de relación funcional entre dichos <i>inputs</i> y <i>outputs</i>.</li> <li>• Las unidades se comparan directamente con otras unidades o una combinación de ellas.</li> <li>• Los <i>inputs</i> y <i>outputs</i> pueden representar diferentes unidades, por ejemplo unidades físicas (km) para un <i>input</i>, mientras que otro tiene unidades monetarias (S/).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al no optar por ninguna forma funcional, presenta el inconveniente de ser una técnica determinista.</li> <li>• Dado que DEA es una técnica de punto extremo, ruidos, tales como errores de medición, pueden causar problemas significativos.</li> <li>• Los test de hipótesis estadísticas son difíciles de aplicar, por ser un método no paramétrico.</li> <li>• Este tipo de análisis funciona relativamente mal cuando el número de DMU es bajo.</li> </ul>

FUENTE: Bonilla et al (1996)

Es por ello, que el DEA es una metodología en las áreas de la investigación más aceptada, relevante y difundida debido a dos razones fundamentales: i) su mayor estandarización (con relación a otros métodos); así como, ii) de no requerir una especificación previa para definir las relaciones entre los múltiples *inputs* y *outputs* involucrados en las distintas actividades de producción.

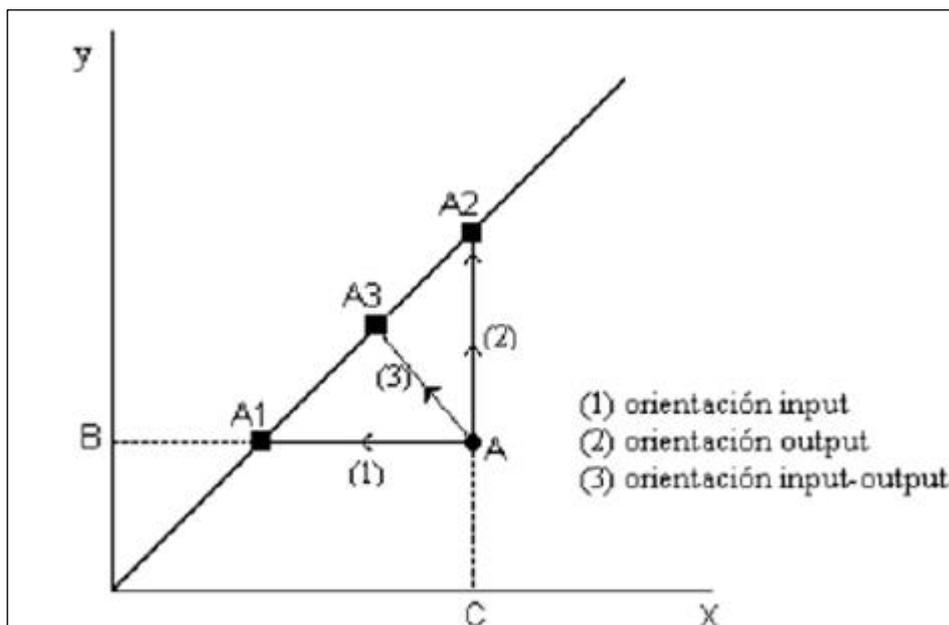
En un análisis DEA, mediante el uso de algoritmos de programación lineal, se realizan dos procesos simultáneamente: la obtención de la frontera eficiente y la estimación de la ineficiente.

Los modelos DEA tienen dos orientaciones: i) respecto a las cantidades de los insumos, que consiste en minimizar el *input* manteniendo constante el *output*; y ii) respecto a la producción, cuyo objetivo es obtener el máximo *output* manteniendo los *inputs* constantes.

La Figura 4, muestra bajo una orientación *input*, como la unidad A podría reducir la cantidad de *input* X hasta la unidad A1, y seguir produciendo la misma cantidad de *output* Y.

La eficiencia técnica de la unidad A estaría dada por:

$$ETA = \frac{BA1}{BA}$$



**Figura 4: Orientaciones del modelo DEA.**

FUENTE: Coll y Blasco (2006)

Asimismo, bajo una orientación *output*, la unidad A aumenta su producción Y hasta la unidad A2 manteniendo constante la cantidad de *input* X. La eficiencia de la unidad A vendría dada por:

$$ETA = \frac{CA}{CA2}$$

La elección de la orientación depende de la capacidad de decisión de la empresa; la literatura económica refiere que cuando las empresas operan en un mercado regulado, donde la empresa pública provee servicios dada una tarifa preestablecida, la utilización de una frontera con una orientación *input* es lo aconsejable, ya que el nivel de producción es exógeno y se maximiza beneficios eligiendo la combinación de insumos que minimiza sus costos (Estache, 2002).

La variación de la cantidad producida por una empresa a medida que varía el uso de todos los factores de producción en el mismo porcentaje se expresa mediante los rendimientos a escala. La identificación del tipo de rendimientos a escala que caracteriza la tecnología de producción es necesaria para evaluar la eficiencia de un grupo de unidades. Hay tres tipos diferentes de rendimientos a escala:

- Rendimientos crecientes a escala: cuando la producción total aumenta más que proporcionalmente.
- Rendimientos decrecientes a escala: cuando aumenta la producción total menos que proporcionalmente.
- Rendimientos constantes a escala: cuando el incremento porcentual del *output* es igual al incremento porcentual de los recursos productivos.

#### **a. Modelo DEA- CCR**

El modelo DEA con retornos constantes a escala (CCR en adelante) con orientación *input* puede escribirse de tres formas distintas: fraccional, multiplicativa y envolvente.

En esta investigación, el modelo que se empleará en la evaluación de eficiencia es de la forma envolvente, debido a que en la mayor parte de las aplicaciones de la metodología DEA, se recurre a la formulación envolvente, además de que esta forma es la más recurrente en los programas informáticos para obtener la puntuación de

eficiencia de las DMU's.

Todo programa lineal original (programa primal) está asociado a un programa lineal denominado dual, que puede ser usado para determinar la solución del problema primal, es por ello, que sabiendo que existe una variable dual por cada restricción primal existente y una restricción dual por cada variable primal, el modelo DEA-CCR con orientación *input* en su forma envolvente se denota así:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} z_0 = \theta$$

Sujeto a:

$$Y\lambda \geq y_0$$

$$\theta x_0 \geq X\lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

Donde:

$y_0$  : Vector de *outputs* producidos por la *i*-ésima DMU

$x_0$  : Vector de *inputs* producidos por la *i*-ésima DMU

$Y$  : Matriz de  $M \times N$  de *outputs* para las  $N$  DMU's

$X$  : Matriz de  $M \times N$  de *inputs* para las  $N$  DMU's

$\lambda$  : Vector  $N \times 1$  de constantes

$\theta$  : Escalar que representa el puntaje de eficiencia para una determinada empresa, el cual satisface la restricción  $\theta \leq 1$

Debido a que el número de DMUs con la que se trabaja es mayor que el número de *inputs* y *outputs*, esta es la razón por la que el modelo DEA- CCR es generalmente preferido para ser resuelto (Coelli, et al., 1998).

#### **b. Modelo DEA- BCC**

En 1989, Banker, Charnes y Cooper incluyeron al modelo original los retornos variables de escala (BCC en adelante), debilita el supuesto de crecimientos constantes a escala, el cual en gran parte de ocasiones resulta ser altamente restrictivo

y por tanto irreal.

El modelo DEA- BCC agrega la restricción de convexidad para asegurar que una empresa sea comparada con otra de igual tamaño. Se observa que la eficiencia de una DMU está condicionada no solo por su gestión sino también por la escala en la que opera, por ello da como resultado una medida de eficiencia técnica pura (Coelli, 1998). El modelo se denota de la siguiente manera:

$$\text{Min}_{\theta, \lambda} z_0 = \theta$$

Sujeto a:

$$Y\lambda \geq y_0$$

$$\theta x_0 \geq X\lambda$$

$$\lambda \geq 0$$

$$N1'\lambda = 1$$

El término  $N1'\lambda = 1$  restringe el rango de valores que pueden tomar las componentes del vector intensidad de manera que sumen 1.

Una DMU es completamente eficiente ( $\theta=1$ ) si está operando en forma óptima y el nivel de producción se encuentra en su punto óptimo. Por ello, la eficiencia técnica se puede descomponer en eficiencia pura y eficiencia en escala. La eficiencia de escala expresa la eficiencia de una empresa cuando el tamaño de producción es el óptimo, es decir, opera en una escala adecuada. Mientras que la eficiencia técnica pura representa específicamente la habilidad de la empresa para producir más con la cantidad de *inputs* disponibles.

Se expresa dicha relación así:

$$\text{Eficiencia técnica (ET)} = \text{Eficiencia técnica pura (ETP)} * \text{Eficiencia de escala (EE)}$$

Si:  $EE=1$ , entonces  $ET=ETP$ , significa que la unidad no presenta ineficiencias de escala y opera en una escala óptima.

Si la unidad en estudio muestra ineficiencias de escala ( $EE<1$ ), se tendría que comparar la frontera de rendimientos variables con la frontera de rendimientos no crecientes para determinar si dicha unidad opera bajo rendimientos crecientes o decrecientes a escala (Consilla, 2013)

## 2.2. Antecedentes

Si bien existe una extensa literatura utilizando la metodología DEA en diferentes sectores industriales y servicios públicos regulados, como es el caso del sector aeroportuario, educación y el sector eléctrico; por otro lado, en el sector agua potable, Thanassoulis (2000) pone de manifiesto su utilidad para el análisis de la eficiencia, debido a la importancia a partir de la problemática en la cobertura y el acceso de agua potable para los países en vías de desarrollo.

A nivel internacional, el estudio del análisis de la eficiencia en la gestión del servicio de agua potable empieza con un trabajo precursor de Ford y Warford (1969), en donde se estiman funciones de costos para la industria del agua en Inglaterra y Gales. El avance de las diferentes técnicas de análisis en este campo ha estado estrechamente ligado con sus logros obtenidos, donde destacan la estimación de frontera estocástica y la metodología DEA.

Por otro lado, la comparación de la eficiencia entre empresas del sector público y el sector privado ha sido principalmente el tema de las investigaciones que han usado la metodología DEA, la hipótesis de dichas investigaciones se centra en que el desempeño de las empresas prestadoras privadas es superior a las públicas; sin embargo, los resultados no han sido convincentes con dicha hipótesis, explicando que una gestión privada sea más eficiente que la gestión pública.

Faria *et al.* (2005) determina una frontera de producción para las empresas de agua en Brasil. El objetivo es determinar si la naturaleza de las empresas explica la eficiencia de las

empresas. El resultado fue que las empresas privadas son más eficientes que las públicas, sin embargo, como limitación del estudio, la evidencia empírica reveló lo contrario.

Por otro lado, Kirkpatrick, Parker y Zhang (2006) utilizaron una función de costos y un modelo no paramétrico con orientación *input* para evaluar el impacto que tuvo la privatización de 110 empresas de saneamiento en África. El estudio no encuentra diferencias significativas de eficiencia entre las empresas públicas y privadas, esto es debido a la débil estructura regulatoria y la escasa provisión de tecnologías de los países en vías de desarrollo. La Tabla 3 muestra una selección de estudios.

**Tabla 3: Gestión Pública versus Gestión Privada de los servicios de agua**

Superioridad de la gestión pública	Superioridad de la gestión privada	No hay diferencia significativa
Lambert et al. (1993)	Morgan (1977)	Byrnes et al. (1986)
Lobina & Hall (2000)	Crain & Zardkoohi (1978)	Estache & Rossi (2002)
Benito et al. (2010)	Bhattacharyya et al. (1995)	Kirpatrick et al. (2006)
Guerrini et al. (2011)	Estache & Kouassi (2002)	Sabbioni (2008)
Da Cruz et al. (2012)	Faria et al. (2005)	Zschille & Walter (2012)
Romano et al. (2013)	Picazo- Tadeo et al (2009)	González- Gómez et al. (2013)
Lannier & Porcher (2014)	Lo Storto (2013)	Hon et al. (2014)

FUENTE: Suárez (2015)

Otra principal característica de las investigaciones para la estimación de la eficiencia en el sector saneamiento es la metodología que se utiliza, ya sea, paramétrica y/o no paramétrica.

Estache y Kouassi (2002) estimaron la ineficiencia técnica de un grupo de empresas del sector agua en los países de la región Asia- Pacífico usando una frontera de costos. Fue una de las primeras investigaciones en resaltar como la heterogeneidad de las empresas afecta los incentivos de éstas, de acuerdo con el esquema de regulación empleado.

Coelli y Walding (2005) utilizaron la metodología no paramétrica con orientación *input*, para el estudio de 18 empresas del sector de agua en Australia. Las variables *inputs* son los gastos

operativos y el capital, mientras que las variables *outputs* son el número de conexiones y el volumen de agua producida. Concluyen que la especificación del modelo condiciona los resultados en los índices de eficiencia y recomiendan el establecimiento de un sistema de recolección de información de las empresas.

Los efectos del tamaño de la empresa sobre la eficiencia técnica fueron estudiados por Fraquelli y Moiso (2005) para 90 empresas de saneamiento italianas. Determinan que la integración de los servicios de agua y saneamiento genera economías de escala, evidenciando la necesidad de aumentar el tamaño de planta de las empresas para poder brindar ambos servicios. El modelo utiliza como variable dependiente a los costos operativos, como producto al volumen de agua producida y como insumos al número de empleados y al precio de la energía por metro cúbico.

Ferro *et al.* (2010) efectuaron estimaciones econométricas sobre eficiencia relativa de EPS sobre una muestra en América Latina, para el periodo 2003-2008 con la finalidad de un uso regulatorio, siendo este trabajo el primer estudio de panel realizado para la región y tiene como resultado que la variable explicativa volumen de agua potable entregada resulta la más significativa además el criterio de “competencia por exposición”, usado en los Países Bajos, resulta el indicado para el uso del regulador.

Aponte y Beltrán (2010) determinan la eficiencia del servicio de agua potable en los municipios del Departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C mediante el método DEA teniendo como resultado la eficiencia en más del 50 por ciento de los municipios estudiados, además de cómo la Ley 142 de 1994, que permitía la prestación de los servicios tanto por empresas públicas y privadas, buscó aumentar la cobertura y mejorar la calidad en el sector agua potable.

La siguiente tabla resume los principales estudios donde se ha evaluado el desempeño de las empresas prestadoras de servicio de agua potable y saneamiento mediante las metodologías DEA y del modelo paramétrico de la frontera eficiente (SFA)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Siglas de “*Stochastic Frontier Analysis*”

**Tabla 4: Estudios eficiencia en el sector agua potable y saneamiento**

<b>Autores</b>	<b>País/ Región</b>	<b>Años de la muestra</b>	<b>Número de unidades de la muestra</b>	<b>Medida del desempeño</b>	<b>Metodología</b>	<b>Especificación del modelo</b>
<b>Byrnes et al. (1986)</b>	EE.UU.	1976	127 (68 públicas y 59 privadas)	ET	SFA	Frontera de producción
<b>Thanassoulis (2000)</b>	Inglaterra	1992/93	32	EC	DEA	Orientación <i>input</i> RCE, RVE, M
<b>Anwandter y Ozuna (2002)</b>	México	1995	110	ET	DEA y Análisis de segunda etapa	Orientación <i>input</i> , M, RVE
<b>Shih et al. (2004)</b>	EE.UU.	1995,200	132	ET	DEA	Orientación <i>input</i>
<b>Coelli y Walding (2005)</b>	Australia	1996-2003	18	PTF, CT	DEA	Orientación <i>input</i> , M, RVE, RCE
<b>Fraquelli y Moiso (2005)</b>	Italia	20- 30 años	18	EC, CT	SFA	Frontera de costes
<b>Seroa da Motta (2006)</b>	Brasil	1998-2002	104	PTF	DEA/ SFA	Orientación <i>input</i> / Frontera de costes, M
<b>García-Valiñas y Muñiz (2007)</b>	España	1985-200	3	EC	DEA	Orientación <i>input</i> , RCE, M
<b>Sauer y Frohberg (2007)</b>	Alemania	2000-2001	47	EA	SFA	Frontera de costes
<b>Renzetti y Dupont (2008)</b>	Canadá	1996	64 Públicas	ET	DEA	Orientación <i>input</i>
<b>Picazo et al. (2009)</b>	España	2001	34	ET	DEA	Orientación <i>input</i> M

FUENTE: García (2009)

Nota:

1. EC: eficiencia en costes; ET: eficiencia técnica; EA: eficiencia asignativa; CT: cambio técnico; PTF: productividad total de los factores.
2. M: multiproducto; RCE: rendimientos constantes a escala; RVE: rendimientos variables a escala.

En el Perú son escasos los estudios de la metodología DEA en el sector de agua potable entre éstos podemos citar a Sandford y Lin (2007) que evalúan la eficiencia técnica de 44 EPS utilizando una función de producción. Las variables *outputs* seleccionadas fueron el volumen de agua facturada, el número de clientes, la continuidad del servicio y la cobertura; por otro lado, las variables *inputs* fueron número de empleados, costos operativos y conexiones de agua. Se utilizó como metodología modelos paramétricos y no paramétricos para generar

distintos índices de eficiencia. Como resultado se mostró que diferentes especificaciones de los modelos evidencian ciertos aspectos de la empresa mejor que otros.

Chen (2008) analizó las variables de mayor impacto para explicar la eficiencia de las EPS en el periodo 1996-2001, concluyendo que las variables físicas número de clientes y agua facturada tienen más impacto en la estimación de la eficiencia que las variables de calidad de servicio como continuidad y porcentaje de cloro residual.

Estudios como el de Consilla (2013) donde mide la eficiencia de 39 EPS teniendo como resultado que las variables costos de operación y número de empleados son básicas para definir la eficiencia; por su lado, Pastor (2014) evalúa la satisfacción de los servicios de agua y saneamiento urbano mediante un análisis de las diferencias en la percepción entre los clientes y los empleados de las empresas sobre la calidad del producto agua potable y servicios complementarios. Otro estudio es el de Monge (2014), donde se enfoca en la generación de ganancias de las EPS a través de las tarifas, poniendo énfasis en el impacto de las presiones políticas pueden ejercer sobre éstas, donde muchas veces se prioriza el respaldo político de la población a corto plazo mediante bajas tarifas, pero que finalmente influye en la gestión de las EPS limitando su capacidad de ganancia, ahorro e inversión a largo plazo para beneficio de la población actual y futura.

La elección de las variables *inputs* y *outputs* empleadas para la medición de la eficiencia han sido distintas de acuerdo con la investigación y a su objetivo final. La mayoría de los estudios cuenta como variable *output* el volumen de agua suministrada (García y Thomas, 2001; Coelli y Walding, 2005). Por su parte, los *inputs* tomados normalmente en los estudios revisados son el número de empleados, costos de explotación, consumo de energía en kilovatios y alguna variable próxima al costo de capital. La siguiente tabla muestra las variables empleadas en diversas investigaciones utilizando el método DEA.

**Tabla 5: Variables utilizadas en Modelos DEA aplicados a servicio de agua potable y saneamiento**

<b>Autor/ es</b>	<b>Inputs</b>	<b>Outputs</b>
<b>Thanassoulis (2000)</b>	- Gastos de explotación (gastos variables excepto los energéticos)	- Número de conexiones - Longitud de la red - Vol. de agua suministrado
<b>Estache y Kouassi (2002)</b>	- Costos anuales - Salario anual - Porcentaje de aguas superficial - Número de clientes	- N° de conexiones - Continuidad - Clorinación - Desalinización
<b>Coelli y Walding (2005)</b>	- Gastos de explotación - Capital (aproximado por gastos totales menos gastos de explotación y, en otro modelo, por longitud de red) - También se utilizan alternativamente los gastos de explotación y el capital deflactados.	- N° de conexiones - Vol. de agua abastecida
<b>Berg y Lin (2008)</b>	- Costes de explotación - N° de empleados - N° de conexiones	- Vol. de agua facturado - N° de consumidores
<b>Picazo et al. (2009)</b>	- Longitud de la red de abastecimiento - Longitud de la red de saneamiento - N° de trabajadores - Costes de explotación	- Vol. de agua suministrada - Vol. de agua residual recogida - Vol. de agua residual tratada
<b>ADERASA (2009)</b>	- Costos operativos	- Volumen de producción - Conexiones de agua - Población servida - Medidores operativos - Roturas de la red de agua

FUENTE: Consilla (2013)

Pocos estudios incluyen la variable calidad como medida de eficiencia; sin embargo, hay razones para la inclusión de variables de calidad para esta investigación. En primer lugar, si se ignora los aspectos de calidad en la evaluación comparativa, las empresas con costos bajos y de baja calidad pueden ser etiquetadas como empresas eficientes, lo que distorsionaría el objetivo original del *benchmarking*. La segunda razón, es que la calidad del servicio es un tema importante en el sector de agua, debido a que, en países en vías de desarrollo, millones de personas mueren cada año por enfermedades relacionadas directamente con el consumo de agua contaminada.

La calidad se considera como un *output* más de la empresa representada por la variable agua no contabilizada (Lin, 2005; Picazo et al., 2009) y la continuidad del servicio (Estache y Kouassi, 2002).

Finalmente, los estudios mencionado en este capítulo son relevantes; ya que, nos ayudan a tener un mayor conocimiento sobre qué factores afectan a la eficiencia, qué diseño de estrategia tiene que adoptar las empresas y cómo éstas responden frente a un esquema de regulación.

## **III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo de Investigación**

La investigación es de carácter descriptivo, exploratorio y analítico. Es descriptivo ya que se representa las principales características del sector agua potable; es exploratorio ya que se pretende recoger información del desempeño de las EPS mediante sus indicadores de gestión; y por último es analítico ya que se trata de identificar la causa- efecto de las variables seleccionadas con la eficiencia técnica en las EPS en el año 2018.

### **3.2. Hipótesis**

#### **3.2.1. General**

Se plantea que las Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento en el año 2018 son ineficientes desde el punto de vista técnico.

#### **3.2.2. Específicas**

- a. Los índices de eficiencia de escala se reducirán con el tamaño de producción de las Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento.
- b. Los índices de eficiencia técnica aumentarán con la exclusión de la variable número de empleados.
- c. Los altos índices de eficiencia técnica mostrarán que las Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento brindan una mejor calidad en el servicio.

### 3.3. Materiales

Para la presente investigación se recurrió a fuentes secundarias obtenidas por la SUNASS mediante una solicitud en portal de transparencia para el acceso a la información Pública. En la metodología DEA lo más importante es la elección de las variables representativas de los insumos y productos, por lo cual es necesario realizar de forma clara la especificación de los productos sobre los cuales se requiere realizar la estimación de la eficiencia y los insumos directos que se requieren para producirlos.

Asimismo, se tomó de referencia investigaciones donde se aplicaron la metodología DEA relacionados al sector de agua potable; se compararon variables tanto *inputs* como *outputs* utilizadas en cada estudio.

Funcionalmente, la eficiencia técnica se expresa así:

$$\theta = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)$$

En donde:

$\theta$  = variable endógena (eficiencia prestación del servicio de agua potable) que depende de las variables explicativas

$x_1$  = costos de operación

$x_2$  = número de empleados

$x_3$  = longitud de red

$x_4$  = número de consumidores

$x_5$  = volumen facturado

$x_6$  = continuidad

$x_7$  = micromedición

Para el presente trabajo se tomarán como *inputs* las siguientes variables:

- Costos de operación ( $x_1$ ): es una variable *input* controlable, ya que la empresa prestadora puede elegir la tecnología de producción e insumos. Se calcula agregando

los costos directos de producción, gastos de ventas, gastos administrativos y depreciación.

- Número de empleados ( $x_2$ ): es un *input* que representa la mano de obra. Debido a que la mayoría de las empresas en la industria de agua en el Perú son estatales, el número excesivo de empleados puede ser un problema serio.
- Longitud de red de agua potable ( $x_3$ ): esta variable se usará como un *proxy* de la distribución geográfica, refleja el tamaño de la infraestructura.
- Por su parte los *outputs* utilizados en la presente investigación son los siguientes:
  - Número de consumidores ( $x_4$ ): es un *output* ampliamente utilizado en los trabajos de eficiencia. La población atendida será la variable aproximada al número de consumidores.
  - Volumen facturado ( $x_5$ ): esta variable está altamente correlacionado con los ingresos. Según Corton (2003), el Perú tiene un grave problema con la pérdida de agua, ya que, más de la mitad del agua producida no se contabiliza en más de un tercio de las empresas.
  - Continuidad ( $x_6$ ): esta variable es una medida de la calidad del servicio, además se relaciona con los costos de energía y bombeo, que representan el costo operacional.
  - Micromedición ( $x_7$ ): es una variable que mide la eficiencia de la gestión, ya que el uso de equipos de medición contribuye a un consumo racional del recurso y refleja el pago pertinente del servicio.

### **3.4. Métodos y tratamientos de la información**

#### **3.4.1. Población y muestra**

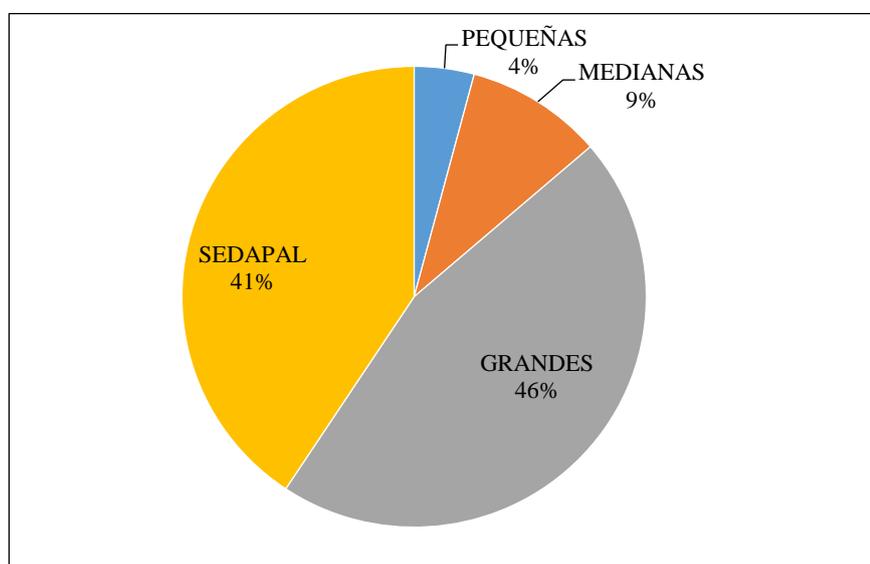
Para esta investigación las EPS fueron clasificadas, según el número de conexiones de agua potable administradas, como muestra la siguiente tabla:

**Tabla 6: Clasificación EPS según número de conexiones**

Tamaño de EPS	Número de EPS	Conexiones administradas de agua potable
SEDAPAL (S)	1	Más de 1 millón
Grandes (G)	18	De 40 000 a 1 Millón
Medianas (M)	15	De 15 000 a 40 000
Pequeñas (P)	16	Menos de 15 000

FUENTE: SUNASS (2018)

Se observa que, de acuerdo con esta clasificación, existen 16 EPS Pequeñas, 15 EPS Medianas, 18 EPS Grandes y SEDAPAL como única EPS con conexiones administradas de agua potable por encima del millón. El mercado se encuentra concentrado en SEDAPAL y las 18 EPS grandes (Figura 5), las que constituyen casi un 90 por ciento de las conexiones totales de agua, asimismo, son las que tienen un mayor peso y tienden a influenciar en el valor promedio nacional de la mayoría de los indicadores. Esta característica se debe al tamaño de la población de los espacios urbanos de Lima y Callao a las cuales SEDAPAL debe abastecer.



**Figura 5: Concentración de las EPS según su tamaño**

FUENTE: SUNASS (2018)

Debido a la disponibilidad de información proporcionada por la SUNASS, se tuvo como población sólo a 45 EPS, ya que, las empresas EPSSMU SA y EMAPA PASCO SA no tenían información de la variable *output* micromedición, por su lado, las empresas EPS

MOYOBAMBA SA, SEDA JULIACA SA y EPS AGUAS DEL ALTIPLANO SRLTDA no cuentan con información del número de empleados.

En ese sentido, las EPS en estudio clasificadas en 17 EPS Grandes (G), 15 EPS Medianas (M), 12 EPS Pequeñas (P) y Sedapal (S), como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 7: Relación de las EPS en estudio**

Nº	EPS	Tamaño	Nº	EPS	Tamaño
1	SEDA HUÁNUCO S.A.	G	23	EMAPA CAÑETE S.A	M
2	EPS SEDALORETO S.A.	G	24	EMAPAT S.A.	M
3	EMSAPUNO S.A.	G	25	EMUSAP ABANCAY S.A.C.	M
4	AGUAS DE TUMBES S.A.	G	26	EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	M
5	SEDACAJ S.A.	G	27	EPS MARAÑON S.A.	M
6	EPS TACNA S.A.	G	28	EPS CHAVIN S.A.	M
7	SEDACHIMBOTE S.A.	G	29	EMAPISCO S.A.	M
8	SEDA AYACUCHO S.A.	G	30	EPS BARRANCA S.A.	M
9	EMAPA SAN MARTÍN S.A.	G	31	EPS SELVA CENTRAL S.A.	M
10	EPS SEMAPACH S.A	G	32	EMPSSAPAL S.A.	M
11	SEDALIB S.A.	G	33	EMAPAB S.A.	P
12	EPSEL S.A.	G	34	EPS RIOJA S.A.	P
«continuación»					
13	SEDAPAR S.A.	G	35	EMAQ S.R.L.	P
14	SEDACUSCO S.A.	G	36	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	P
15	EPS GRAU S.A.	G	37	EPS NOR PUNO S.A.	P
16	EMAPICA S.A.	G	38	EMAPAVIGS S.A.	P
17	SEDAM HUANCAYO S.A.	G	39	EMUSAP S.R.L.	P
18	EPS ILO S.A.	M	40	EMSAP CHANKA S.A.	P
19	EPS MOQUEGUA S.A.	M	41	EMAPA - Y S.R.L.	P
20	EMAPACOP S.A.	M	42	EMAPA HUANCAVELICA S.A.	P
21	EMAPA HUARAL S.A	M	43	EMSAPA CALCA S.A.	P
22	EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	M	44	EMSAPA YAULI S.C.R.L.	P
			45	SEDAPAL	S

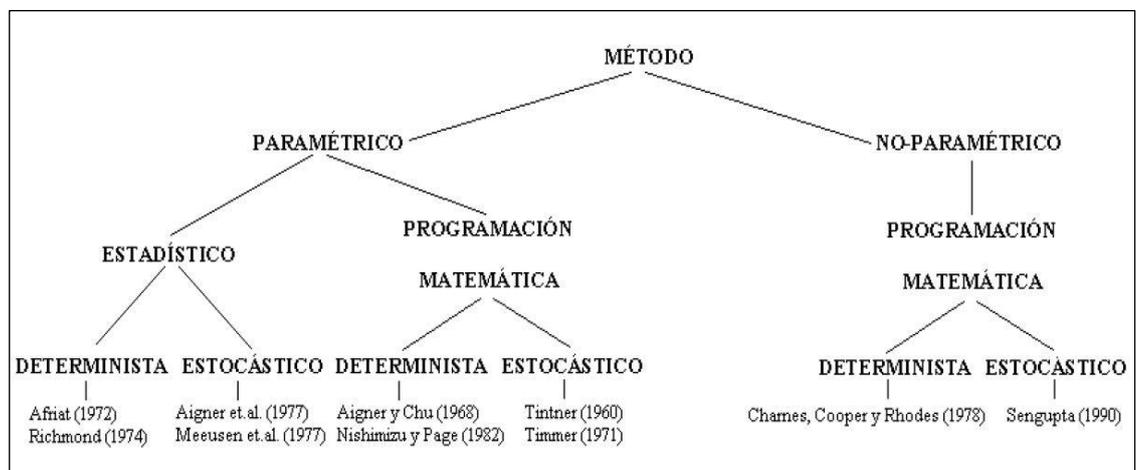
FUENTE: Elaboración propia  
P: Pequeña, M: Mediana, G: Grande, S: Sedapal

### 3.4.2. Método

Los métodos de estimación para construir la frontera eficiente de producción se clasifican en dos:

### a. Método paramétrico

Método por el cual mediante una función de producción o una de costos, a priori, se logra estimar la frontera eficiente. Este método presenta ciertas limitaciones como por ejemplo: i) las funciones de costos utilizan variables en términos monetarios y están sujetas a inflación, ii) cuando se trabaja con empresas de zonas geográficas distintas, en las que los costos de oportunidad de los recursos difieren, es posible que los deflatores no reflejen la verdadera evolución de los precios y iii) otra limitación es cuando se trata de evaluar empresas públicas, el problema es que el principal objetivo de éstas no sea maximizar beneficios o minimizar costos.



**Figura 6: Métodos de estimación**

FUENTE: Coll y Blasco (2006)

La desventaja de los métodos paramétricos es que los errores en la especificación a priori de la forma funcional afectan de forma fundamental a los resultados, confundiendo los efectos de una mala especificación funcional con ineficiencia (Consilla, 2013).

Los modelos paramétricos se respaldan en dos pilares fundamentales. Por un lado en los métodos econométricos, para la estimación de una función de producción como una forma funcional correcta y, por otro lado, en la distribución estadística de los términos de ineficiencia.

## b. Método no paramétrico

El método no paramétrico se caracteriza porque la frontera para estimar la eficiencia es construida a partir de las combinaciones lineales de los *inputs* (Consilla, 2013).

La principal ventaja del método no paramétrico es que no requiere especificar una función a priori para describir la frontera eficiente, lo que representaría una ventaja importante con relación al método paramétrico. A pesar de ello, dentro de las desventajas está la dificultad de saber si la medida de eficiencia está influenciada por un error estadístico, ya que este método no considera el error aleatorio ni es posible realizar test de hipótesis. Cabe mencionar, que no existe un mejor o peor método para la estimación de la eficiencia; pese a sus ventajas y desventajas de cada uno, el uso de un método u otro, generalmente, dependerá de las circunstancias del proceso que se pretende estudiar. Finalmente, dos inconvenientes comunes a ambos métodos son la sensibilidad al número de variables usadas en el cálculo y la presencia de valores extremos.

Dentro del método no paramétrico, la técnica para medir la eficiencia más usada es el Análisis Envolvente de Datos (DEA), en el cual las empresas con las mejores prácticas observadas definen una frontera de eficiencia. Del conjunto de métodos revisados se decidió por el uso del Análisis Envolvente de Datos, ya que, este método utiliza múltiples entradas y salidas simultáneamente. Lo primero a realizar en la elaboración de un estudio de eficiencia es la elección de las DMUs.

A fin de evitar que se ubiquen demasiadas DMUs en la frontera de eficiencia, el número de éstas debe ser mayor a la combinación del número *inputs* y *outputs*. Una regla recomendada por Cooper, Seiford y Tone (2004) para obtener el número de DMUs que tendrá un modelo, es aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Número de DMUs} \geq \text{Máx}\{m * t, 3(m + t)\}$$

Dónde:  $m$  = número de *inputs* y  $t$  = número de *outputs*

Para analizar el impacto de las diferentes variables *inputs* elegidas, se ha establecido tres escenarios.

El primer escenario, se tendrá un modelo DEA con orientación *input* que responde la hipótesis “Los índices de eficiencia de escala se reducirán con el tamaño de producción de las Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento”.

La elección de la orientación *input* se aduce al tamaño del servicio dado, gran variación de operadores y el objetivo del análisis típico de este tipo de estudios, que generalmente está orientado a la reducción de costos, debido a que la demanda que enfrentan las empresas permanece casi estable. Las variables elegidas para el primer escenario son costos de operación, número de empleados y longitud de red como variables *input*, mientras que las variables *outputs* son volumen facturado y el número de consumidores.

El segundo escenario que responde la hipótesis “ Los índices de eficiencia técnica aumentarán con la exclusión de la variable número de empleados”, tendrá como variables *inputs* costo de operación y longitud de red, y como variables *outputs* número de consumidores y volumen facturado.

El tercer escenario que responde la hipótesis “Los altos índices de eficiencia técnica mostrarán que las Empresas Prestadoras de Servicio de Saneamiento brindan una mejor calidad en el servicio”, tendrá como variables *inputs* costos de operación, número de empleados y longitud de red; y como variables *outputs* se incluirán variables de calidad de servicio que son continuidad y micromedición.

**Tabla 8: Escenarios en la investigación**

Variables	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
<i>Inputs</i>	Costos de operación	Costos de operación	Costos de operación
	Número de empleados	Longitud de red	Número de empleados
	Longitud de red		Longitud de red
<i>Outputs</i>			Número de consumidores
	Número de consumidores	Número de consumidores	Volumen facturado
	Volumen facturado	Volumen facturado	Continuidad
			Micromedición

FUENTE: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente la eficiencia técnica (ET) se descompone en eficiencia técnica pura (EP) y eficiencia en escala (EE); para el primer escenario el índice para tener en cuenta es la eficiencia en escala, la cual explica si el tamaño de producción influye en la eficiencia, por otro lado, en el segundo y tercer escenario el índice a tomar en cuenta es la eficiencia técnica.

Para procesar los datos se utilizó el programa “DEA- Solver- Learning Version (LV 8.0)” en adelante “DEA- Solver”, tal como se muestra en la Figura 7; este es un programa para Windows que define medidas de eficiencia través de la utilización del Análisis Envoltente de Datos (DEA)



**Figura 7: Programa DEA- Solver- (LV 8.0)**

FUENTE: DEA- Solver LV 8.0

A fin de que el programa se ejecute correctamente se requiere que la información se

organice en un formato adecuado. Para ello, se organizó una base de datos en una hoja Excel con las variables *inputs* y *outputs* antes mencionadas.

En el programa, primero se debe definir el modelo, de acuerdo con el tipo de rendimiento con el que se va a procesar la información y la orientación (Figura 8).



**Figura 8: Elección del modelo en el programa DEA- Solver**

FUENTE: DEA- Solver LV 8.0

Para el presente estudio se obtendrá el índice de eficiencia técnica estimando un modelo DEA con retornos constantes a escala (CCR) y orientación *input*, asimismo, la eficiencia técnica pura se obtendrá mediante la estimación del modelo DEA con retornos variables a escala (BCC) y orientación *input*.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, primero se discute la relación entre el tamaño y la eficiencia, luego se analiza el impacto de la variable número de empleados en los índices de eficiencia técnica de las EPS y finalmente se analiza la relación entre eficiencia y calidad del servicio. Asimismo, los Anexos 1 y 2 muestran el detalle de las variables *inputs* y *outputs* de cada EPS en estudio.

### 4.1. Escenario 1: Tamaño de producción y la eficiencia

Para el primer escenario, se encontraron los índices de Eficiencia a Escala mediante la utilización del programa “DEA- Solver- Learning Versión (LV 8.0), que utilizó la información de las variables *inputs* costos de operación, número de empleados, longitud de red; y las variables *outputs* número de consumidores y volumen facturado.

Este índice de eficiencia a escala resulta del siguiente cociente:

$$\text{Índice Eficiencia a Escala} = \frac{\text{Índice Eficiencia Técnica}}{\text{Índice Eficiencia Técnica Pura}}$$

El programa utilizado para esta investigación permitió encontrar el índice de Eficiencia Técnica estimando el modelo DEA con retornos constantes a escala (CCR) y el índice de Eficiencia Técnica Pura estimando el modelo DEA con retornos variables a escala (BCC), ambos bajo la orientación *input*.

Los índices de Eficiencia a Escala que presentan las 45 EPS se muestran en el Tabla 9, de acuerdo con el puesto que ocupa la empresa mediante un ranking con el puntaje obtenido.

**Tabla 9: Índices de eficiencia técnica, eficiencia técnica pura y eficiencia a escala mediante DEA, escenario 1**

Ranking	Nombre de EPS	Tamaño	Puntaje		
			Eficiencia técnica	Eficiencia técnica pura	Eficiencia a escala
1	EMAPA CAÑETE S.A	M	1.00	1.00	1.00
2	EPS SELVA CENTRAL S.A.	M	1.00	1.00	1.00
3	EMAPA - Y S.R.L.	P	1.00	1.00	1.00
4	SEDAPAL	S	1.00	1.00	1.00
5	EPSEL S.A.	G	1.00	1.00	1.00
6	SEDACUSCO S.A.	G	1.00	1.00	1.00
7	EMAQ S.R.L.	P	1.00	1.00	1.00
8	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	P	1.00	1.00	1.00
9	EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	M	1.00	1.00	1.00
10	EPS MARAÑÓN S.A.	M	1.00	1.00	1.00
11	EMSAPA CALCA S.A.	P	1.00	1.00	1.00
12	EMSAPA YAULI S.C.R.L.	P	1.00	1.00	1.00
13	SEDACAJ S.A.	G	0.69	0.69	1.00
14	EMAPACOP S.A.	M	0.61	0.61	1.00
15	EMAPISCO S.A.	M	0.54	0.54	1.00
16	EMAPAVIGS S.A.	P	0.46	0.46	0.99
17	EPS MOQUEGUA S.A.	M	0.45	0.46	0.99
18	EPS ILO S.A.	M	0.32	0.32	0.99
19	EMAPAT S.A.	M	0.46	0.46	0.99
20	EMAPA HUARAL S.A	M	0.91	0.93	0.98
21	EMSAP CHANKA S.A.	P	0.82	0.84	0.98
22	EPS BARRANCA S.A.	M	0.58	0.59	0.98
23	EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	M	0.85	0.88	0.97
24	EPS NOR PUNO S.A.	P	0.97	1.00	0.97
25	EPS RIOJA S.A.	P	0.57	0.59	0.96
26	EMUSAP ABANCAY S.A.C.	M	0.68	0.71	0.96
27	SEDALIB S.A.	G	0.85	0.90	0.94
28	EMPSSAPAL S.A.	M	0.90	0.97	0.93
29	AGUAS DE TUMBES S.A.	P	0.73	0.80	0.92
30	EMUSAP S.R.L.	P	0.62	0.68	0.91
31	EMAPAB S.A.	P	0.64	0.70	0.91
32	EPS CHAVIN S.A.	M	0.84	0.92	0.91
33	EPS SEDALORETO S.A.	G	0.90	1.00	0.90
34	SEDA HUÁNUCO S.A.	G	0.86	0.96	0.90
35	EMAPA HUANCVELICA S.A.	P	0.57	0.65	0.88
36	EPS SEMAPACH S.A	G	0.77	0.88	0.88
37	EMSAPUNO S.A.	G	0.52	0.60	0.85
38	EMAPA SAN MARTÍN S.A.	G	0.60	0.71	0.84
39	SEDACHIMBOTE S.A.	G	0.72	0.87	0.83
40	EPS GRAU S.A.	G	0.70	0.85	0.83
41	SEDAPAR S.A.	G	0.80	1.00	0.80
42	SEDAM HUANCAYO S.A.	G	0.80	1.00	0.80
43	SEDA AYACUCHO S.A.	G	0.79	1.00	0.79
44	EPS TACNA S.A.	G	0.58	0.79	0.74
45	EMAPICA S.A.	G	0.69	1.00	0.69

FUENTE: Elaboración propia  
P: Pequeña, M: Mediana, G: Grande

Los puntajes resultan entre el intervalo de 0 y 1; siendo las EPS que operan en escala eficiente aquellas con puntaje igual a 1. Por otro lado, si el puntaje es diferente a la unidad y se aproxima a 0, la empresa se considera ineficiente.

En la Tabla 9, se observa que existen 15 EPS con puntaje de eficiencia igual a 1, de las cuales son 3 Grandes (EPSEL S.A, SEDACUSCO S.A. y SEDACAJ S.A.), 6 Medianas (EMAPA CAÑETE S.A, EPS SELVA CENTRAL S.A, EPS MUNICIPAL MANTARO S.A., EPS MARAÑON S.A., SEDACAJ S.A., EMAPACOP S.A. y EMAPISCO S.A.), 5 Pequeñas (EMAPA - Y S.R.L., EMAQ S.R.L., EPS SIERRA CENTRAL S.R.L., EMSAPA CALCA S.A. y EMSAPA YAULI S.C.R.L) y SEDAPAL.

De acuerdo con la Tabla 9, el índice de eficiencia a escala promedio tiene un *score* de 0.93, lo que indica que el 7 por ciento de la ineficiencia se debe al tamaño de producción.

Alcanzar la eficiencia a escala es más difícil debido a los factores externos de la gestión que tienen las EPS, por ejemplo, las características de la demanda de mercado, tamaño de mercado, escasas hídrica; que se encuentran fuera de ser controlados por la gestión de las EPS.

En el escenario 1, el promedio de la eficiencia a escala, según el tamaño de la EPS, arroja que las EPS Pequeñas tienen un *score* de 0,96 y las EPS Grandes tiene un *score* de 0.86, lo que indica que las EPS Grandes tiene una mayor ineficiencia a escala (Tabla 10).

**Tabla 10: Eficiencia a escala promedio según tamaño EPS**

	Pequeñas	Grandes
<b>Eficiencia a escala promedio</b>	0,96	0,86

FUENTE: Elaboración propia

La teoría económica indica que una empresa resulta eficiente cuando utiliza menos recursos para producir más. En este modelo, las empresas grandes se caracterizan como poco eficientes, este resultado se relaciona a los mayores costos que presentan dichas empresas.

Las EPS Grandes ofrecen el servicio de agua potable a más de una localidad, por ejemplo, SEDAPAR SA administra el servicio a seis provincias (Arequipa, Camaná, Caravelí, Castilla, Caylloma y Condesuyos). Esta EPS requiere de una mayor infraestructura ya que la población atendida no necesariamente se encuentra concentrada sino dispersa, lo que repercute en unos mayores costos por conexión.

Otros factores que generan unos mayores costos en las EPS son la disponibilidad hídrica y las características geográficas de cada una de las localidades administradas. Es por ello que, en el primer escenario, las EPS Pequeñas son más eficientes debido a sus bajos costos de operación y menor dispersión geográfica.

#### **4.2. Escenario 2: Número de empleados y la eficiencia**

El escenario 2 no considera el número de empleados como variable *input*, con el fin analizar si dicha variable influye de forma importante en los índices de eficiencia técnica de las EPS.

Las variables utilizadas en el escenario 2 son costos de operación y longitud de red como variables *inputs*; y las variables *outputs* número de consumidores y volumen facturado.

Para ello, mediante el programa DEA- Solver se hallaron los índices de eficiencia técnica de las 45 EPS, estimando el análisis envolvente de datos con retornos constante a escala y orientación *input*, obteniendo los resultados que muestra la siguiente tabla:

**Tabla 11: Índices de eficiencia técnica mediante DEA, escenario 1 y 2**

Ranking	Nombre de EPS	Eficiencia técnica Escenario 1	Eficiencia técnica Escenario 2
1	EPS SELVA CENTRAL S.A.	1.00	1.00
2	EMAPA - Y S.R.L.	1.00	1.00
3	EMAQ S.R.L.	1.00	1.00
4	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	1.00	1.00
5	EMSAPA CALCA S.A.	1.00	1.00
6	EMSAPA YAULI S.C.R.L.	1.00	1.00
7	EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	1.00	0.97
8	EPS NOR PUNO S.A.	0.97	0.97
9	EMAPA HUARAL S.A.	0.91	0.89
10	EPSEL S.A.	1.00	0.88
11	EMPSSAPAL S.A.	0.90	0.84
12	EMAPA CAÑETE S.A.	1.00	0.83
13	SEDA HUÁNUCO S.A.	0.86	0.83
14	EPS MARAÑON S.A.	1.00	0.80
15	EPS CHAVIN S.A.	0.84	0.80
16	EMSAP CHANKA S.A.	0.82	0.80
17	EPS SEDALORETO S.A.	0.90	0.78
18	EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	0.85	0.76
19	SEDALIB S.A.	0.85	0.76
20	SEDA AYACUCHO S.A.	0.79	0.73
21	SEDAM HUANCAYO S.A.	0.80	0.71
22	SEDAPAL	1.00	0.68
23	EPS SEMAPACH S.A.	0.77	0.67
24	SEDAPAR S.A.	0.80	0.66
25	EMUSAP ABANCAY S.A.C.	0.68	0.65
26	EMAPAB S.A.	0.64	0.64
27	SEDACHIMBOTE S.A.	0.72	0.63
28	SEDACUSCO S.A.	1.00	0.62
29	SEDACAJ S.A.	0.69	0.61
30	EMAPA SAN MARTÍN S.A.	0.60	0.59
31	EMAPICA S.A.	0.69	0.55
32	EPS RIOJA S.A.	0.57	0.55
33	AGUAS DE TUMBES S.A.	0.73	0.54
34	EPS BARRANCA S.A.	0.58	0.54
35	EMUSAP S.R.L.	0.62	0.53
36	EMSAPUNO S.A.	0.52	0.51
37	EMAPA HUANCAVELICA S.A.	0.57	0.50
38	EMAPISCO S.A.	0.54	0.47
39	EMAPACOP S.A.	0.61	0.45
40	EPS GRAU S.A.	0.70	0.44
41	EPS TACNA S.A.	0.58	0.44
42	EMAPAT S.A.	0.46	0.40
43	EMAPAVIGS S.A.	0.46	0.40
44	EPS MOQUEGUA S.A.	0.45	0.34
45	EPS ILO S.A.	0.32	0.28
	<b>Promedio</b>	<b>0.77</b>	<b>0.69</b>

FUENTE: Elaboración propia

La Tabla 11, muestra los índices de Eficiencia Técnica de las 45 EPS para el escenario 1 y escenario 2, donde se contempla que el índice de eficiencia técnica promedio del escenario 1 es de 0.77; por su parte, el índice de eficiencia técnica promedio del escenario 2 es de

0.69. Como se observa, el escenario 1 tiene un índice mayor que el escenario 2, por lo que confirma la hipótesis, que la incorporación de la variable *input* número de empleados influye significativamente en el resultado de eficiencia.

Por otro lado, el Anexo 2 muestra la relación número de empleados por 1000 conexiones para las EPS en estudio. De acuerdo con la investigación de Tynan & Kingdom (2002) en los países desarrollados la relación del número de empleados por cada 1000 conexiones es de 2.1, mientras que según los datos de las 45 EPS en estudio el promedio es de 3.51 (Ver Anexo 2).

El exceso de personal en las empresas públicas se debe a que los gobiernos de turno una vez que llegan al poder, contratan personal sin antes una adecuada planeación de estos recursos, lo que ocasiona finalmente un problema de burocracia en las entidades.

La Tabla 12 muestra la variable número de empleados por 1000 conexiones de la 5 EPS que resultaron con menor índice de eficiencia técnica en los escenarios 1 y 2.

**Tabla 12: Relación número de empleados por 1000 conexiones de EPS ineficientes**

<b>EPS</b>	<b>Valores</b>
EPS TACNA S.A.	2.25
EMAPAT S.A.	6.37
EMAPAVIGS S.A.	4.10
EPS MOQUEGUA S.A.	3.42
EPS ILO S.A.	4.37

FUENTE: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 12, la relación de número de empleados por cada 1000 conexiones de EMAPAT SA, EMAPAVIGS SA, EPS MOQUEGUA SA y EPS ILO SA tienen un valor de 6.37, 4.10, 3.42 y 4.37 respectivamente, muy por encima del valor de 2.1 de las EPS en países desarrollados, lo que explicaría la ineficiencia en la utilización de sus recursos.

Según Consilla (2013), parte de las actividades de producción y comercialización de las EPS es tercerizada, como es el caso de SEDAPAL S.A., la empresa más grande del sector que ha dado en concesión la captación y tratamiento de aguas superficiales y subterráneas del Río Chillón al Consorcio Agua Azul S.A, asimismo, las actividades de comercialización, instalación, cierre y reapertura de medidores ha dado en concesión a las empresas Consorcio Conazul y Consorcio Procom.

Esto explicaría por qué SEDAPAL S.A. resulta eficiente en el escenario 1, sin embargo, en el escenario 2 el índice de eficiencia técnica es de 0.68. Es por ello que, una limitante del modelo es suponer que todas las empresas realizan directamente todo el proceso productivo.

#### **4.3. Escenario 3: Eficiencia y calidad de servicio**

El escenario 3 incluye las variables de calidad con el fin de analizar la relación entre eficiencia y calidad de servicio. Las variables utilizadas son costos de operación, longitud de red y número de empleados como variables *inputs*; y las variables *outputs* número de consumidores, volumen facturado, continuidad y micromedición.

A través del programa DEA- Solver, se hallaron los índices de Eficiencia Técnica de las 45 EPS estimando el análisis envolvente de datos con retornos constantes a escala (CCR) y orientación *input*.

De acuerdo con los puntajes de índice de eficiencia técnica de las EPS en estudio, se elaboró un *ranking* como se detalla en la tabla 13. Los puntajes que son igual a 1, indicarán que la EPS es eficiente en la utilización de sus recursos, por el contrario, si el puntaje se aleja de 1 se considera ineficiente.

**Tabla 13: Índices de eficiencia técnica mediante DEA, escenario 3**

Ranking	Nombre de EPS	Eficiencia técnica Escenario 3
1	EMAPA CAÑETE S.A	1.00
2	EPS SELVA CENTRAL S.A.	1.00
3	EMAPA - Y S.R.L.	1.00
4	SEDAPAL	1.00
5	EPSEL S.A.	1.00
6	SEDACUSCO S.A.	1.00
7	EMAQ S.R.L.	1.00
8	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	1.00
9	EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	1.00
10	EPS MARAÑON S.A.	1.00
11	EMSAPA CALCA S.A.	1.00
12	EMSAPA YAULI S.C.R.L.	1.00
13	EPS NOR PUNO S.A.	0.96
14	EMAPA HUARAL S.A	0.91
15	EMPSSAPAL S.A.	0.89
16	EPS SEDALORETO S.A.	0.89
17	EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	0.88
18	SEDA HUÁNUCO S.A.	0.85
19	SEDALIB S.A.	0.84
20	EPS CHAVIN S.A.	0.83
21	EMSAP CHANKA S.A.	0.81
22	SEDAPAR S.A.	0.80
23	SEDAM HUANCAYO S.A.	0.79
24	SEDA AYACUCHO S.A.	0.78
25	EPS SEMAPACH S.A	0.77
26	AGUAS DE TUMBES S.A.	0.73
27	SEDACHIMBOTE S.A.	0.72
28	EPS GRAU S.A.	0.69
29	EMUSAP S.R.L.	0.69
30	EMUSAP ABANCAY S.A.C.	0.69
31	EMAPICA S.A.	0.69
32	SEDACAJ S.A.	0.68
33	EMAPA HUANCVELICA S.A.	0.65
34	EMAPAB S.A.	0.64
35	EMAPACOP S.A.	0.61
36	EMAPA SAN MARTÍN S.A.	0.59
37	EPS TACNA S.A.	0.58
38	EPS BARRANCA S.A.	0.57
39	EPS RIOJA S.A.	0.56
40	EMAPISCO S.A.	0.54
41	EMSAPUNO S.A.	0.51
42	EPS MOQUEGUA S.A.	0.46
43	EMAPAT S.A.	0.46
44	EMAPAVIGS S.A.	0.45
45	EPS ILO S.A.	0.32

FUENTE: Elaboración propia

En la Tabla 14, de acuerdo con los resultados obtenidos, 12 EPS alcanzaron un puntaje de eficiencia técnica igual a 1.

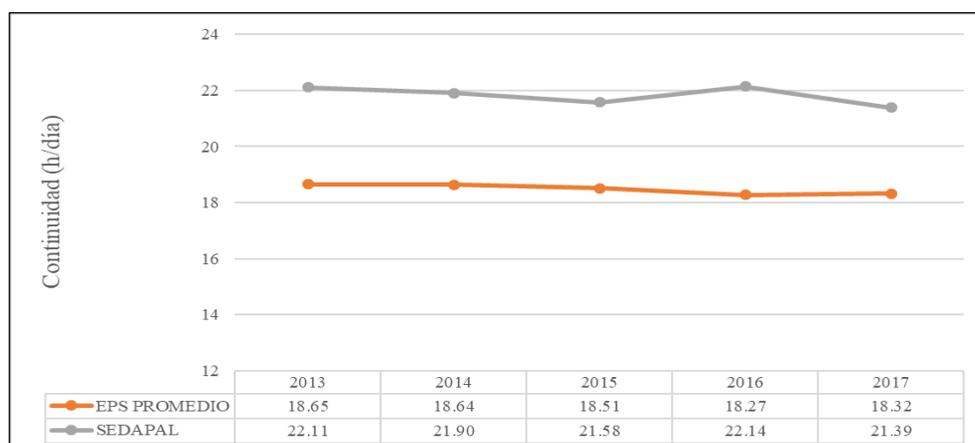
**Tabla 14: Indicadores calidad año 2018 EPS eficientes, escenario 3**

Ranking	Nombre de EPS	Continuidad (horas)	Micromedición (%)
1	EMAPA CAÑETE S.A	17.01	34.78
2	EPS SELVA CENTRAL S.A.	19.39	52.13
3	EMAPA - Y S.R.L.	17.55	2.03
4	SEDAPAL	20.93	89.41
5	EPSEL S.A.	16.75	40.64
6	SEDACUSCO S.A.	20.55	86.50
7	EMAQ S.R.L.	22.88	38.08
8	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	20.92	29.90
9	EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	21.05	23.61
10	EPS MARAÑON S.A.	22.61	88.78
11	EMSAPA CALCA S.A.	18.45	9.64
12	EMSAPA YAULI S.C.R.L.	24.00	90.65

FUENTE: SUNASS (2018)

Por otro lado, la tabla 14 muestra que las empresas EMAPA CAÑETE S.A, EMAPA- Y S.R.L y EPSEL S.A. presentan indicadores de continuidad por debajo de las 18 horas; este indicador muestra un problema de falta de inversión por parte de las EPS en obras de captación, conducción y derivación de agua, lo que permitiría contar con un mayor volumen de agua.

En el periodo 2013-2017, la continuidad promedio de las EPS registró un descenso de 18.65 a 18.32 horas por día, debido principalmente a la caída del valor de la continuidad de SEDAPAL del 22.11 a 21.39 horas por día (Figura 9).



**Figura 9: Evolución de la Continuidad de las EPS periodo 2013-2017**

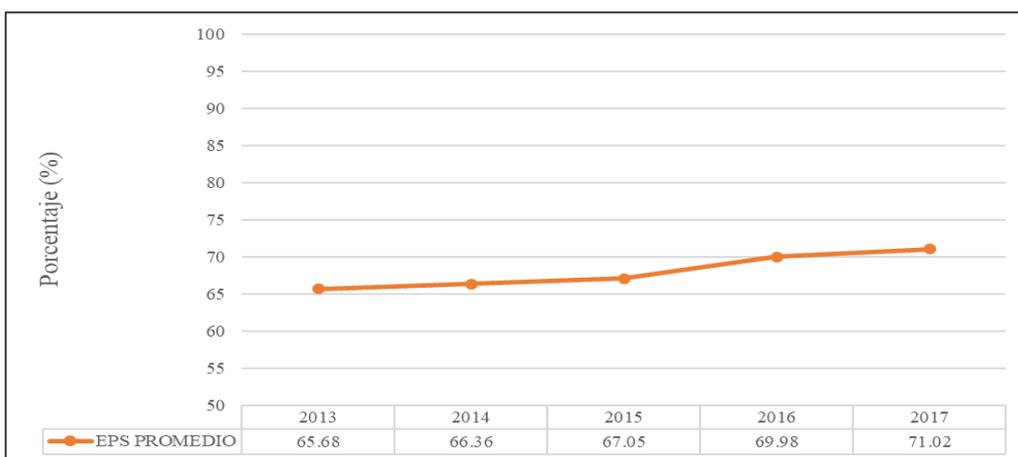
Por otro lado, EMAPA- Y S.R.L, EPS SIERRA CENTRAL S.R.L, EPS MUNICIPAL MANTARO S.A. y EMSAPACALCA S.A. tienen un porcentaje de micromedición por debajo del 30 por ciento. Los niveles de micromedición promedio por tamaño de EPS son bajos como se observa en la tabla 15, y una de las razones es por el rechazo que tienen los usuarios a la instalación de medidores cuando se presenta una falla en los medidores ya instalados.

**Tabla 15: Nivel de micromedición por tamaño de EPS 2017**

Tamaño	2017
EPS Pequeña	48.95 %
EPS Mediana	62.26 %
EPS Grande	69.17 %
Sedapal	90.67 %

FUENTE: SUNASS (2017)

Sin embargo, la micromedición, que se entiende como el cociente del número de conexiones con medidor leído y el número de conexiones totales de agua potable, ha tenido una tendencia creciente en el periodo 2013- 2017. Como muestra la Figura 10, en el año 2017 el porcentaje de micromedición llegó al 71.02 por ciento.



**Figura 10: Evolución de la micromedición de las EPS periodo 2013- 2017**

La micromedición del servicio de agua potable es importante porque influye positivamente en la disminución del agua no facturada, horas de continuidad del servicio y en la recuperación de ingresos, dado el volumen de agua producido (Consilla, 2013).

Las causas de pérdida de agua pueden ser por micromedición o por derivaciones fraudulentas, se detallan en la tabla 16.

**Tabla 16: Causas de pérdidas de agua**

Por Micromedición	Por Derivaciones Fraudulentas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidores desajustados: Los equipos usados para la medición del volumen de agua a facturar empiezan a medir por debajo del promedio del usuario.</li> <li>• Medidores detenidos: Se presentan cuando en un predio a pesar de que se presente consumo el medidor no registra la cantidad de m<sup>3</sup> consumidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medidores manipulados: Se presenta cuando se altera sus elementos con el fin que no se registre el volumen consumido o un valor menor.</li> <li>• Suplantar el medidor: Consiste en retirar el medidor y colocar otro por un tiempo y después volver a instalar el medidor registrado por la EPS.</li> <li>• Conexiones clandestinas: Aquellas en las que se instala o adhiere un tubo a la matriz con el fin de extraer el agua ya tratada.</li> <li>• Desconectar el medidor y generar paso directo: no existirá control ni registro de consumo.</li> </ul>

FUENTE: Durán (2014)

Para mejorar la distribución y reducir las pérdidas, se requiere que las EPS inviertan en infraestructura como colectores y tuberías de distribución, reemplazando los que se requiera y dándole mantenimiento a lo que sea necesario; además de invertir en la compra de micromedidores e impulsar su buen uso, ya que esto generará la conservación del agua y ayudará a una mejor administración de los recursos hídricos.

Por otro lado, se observa que las variables calidad del servicio, continuidad y micromedición, no resultan ser variables determinantes, ya que por ejemplo EMAPA- Y S.R.L. con sólo 17 horas de continuidad de servicio y 2.03% de micromedición muestra puntaje de eficiencia técnica igual a 1.

En la Tabla 17 se observa la correlación entre las variables *inputs* y *outputs* del escenario 3, y se aprecia la menor correlación positiva de las variables calidad de servicio (micromedición y continuidad) respecto a las demás.

**Tabla 17: Correlación entre variables, escenario 3**

	<b>Costos de operación</b>	<b>Longitud de red</b>	<b>Número de empleados</b>	<b>Población atendida</b>	<b>Volumen Facturado</b>	<b>Continuidad</b>	<b>Micromedición</b>
Costos de operación	1.0000						
Longitud de red	0.9877	1.0000					
Número de empleados	0.9753	0.9782	1.0000				
Población atendida	0.9977	0.9908	0.9847	1.0000			
Volumen Facturado	0.9991	0.9889	0.9763	0.9973	1.0000		
Continuidad	0.0918	0.0800	0.0528	0.0879	0.1031	1.0000	
Micromedición	0.1962	0.1822	0.2391	0.2005	0.1920	0.4109	1.0000

FUENTE: DEA- Solver LV 8.0

Es por ello, que en el escenario 3, las EPS que tienen puntaje de eficiencia técnica igual a 1, no significa que cumpla adecuadamente con los estándares de calidad deseados que son 24 horas al día de continuidad de servicio, bajos niveles de agua no facturada y micromedición mayor al 90 por ciento.

## V. CONCLUSIONES

1. El estudio de la eficiencia en la dotación de servicio de agua potable en el Perú por parte de las EPS es un tema de gran relevancia debido a que el seis por ciento de la población urbana no cuentan con acceso de agua potable.
2. El 24 por ciento de las EPS en estudio, obtuvieron índice de eficiencia a escala por debajo de 0.9. Este indicador muestra que los niveles de producción no son los óptimos por parte de las EPS en el año 2018.
3. El 82 por ciento de las EPS en estudio, obtuvieron índice de eficiencia técnica por debajo de 0.9. Este indicador muestra la ineficiencia en la utilización de sus recursos por parte de las EPS en el año 2018.
4. De las EPS en estudio, 3 EPS Grandes y 5 EPS Pequeñas obtuvieron puntaje de eficiencia a escala igual a 1; asimismo, en promedio los índices de eficiencia a escala de las EPS Pequeñas es mayor que las EPS Grandes en un 10.4 por ciento. Esto se explica, ya que las EPS Grandes con un mayor nivel de producción tienen más dificultad para alcanzar la eficiencia a escala debido a la dispersión geográfica, poca concentración de su población atendida y los altos costos de operación.
5. La variable número de empleados es básica para definir la eficiencia técnica. El promedio de eficiencia técnica del escenario 1 disminuyó en un 8 por ciento con el escenario donde la variable número de empleados fue excluida.
6. La inclusión de las variables de calidad de servicio continuidad y micromedición no son determinantes para definir la eficiencia por presentar menor correlación con las demás.

7. Las EPS que obtuvieron puntaje de eficiencia técnica igual a 1, no satisfacen adecuadamente con los estándares de calidad requeridos que son 24 horas al día de continuidad del servicio de agua potable y micromedición mayor al 90%; por lo que no existe una relación *trade off* entre eficiencia técnica y calidad de servicio.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. La aplicación de la metodología DEA y los resultados obtenidos deberían ser considerados por la Gerencia de Supervisión y Fiscalización de la SUNASS, dentro de su análisis de eficiencia y política de regulación de las EPS. El regulador podrá realizar una comparación con los resultados obtenidos en el Benchmarking Regulatorio y los encontrados en esta investigación.
2. Para un estudio posterior, el análisis de la eficiencia de las EPS mediante un modelo econométrico podría complementar los resultados de este trabajo de investigación. Obtener una consistencia de las medidas de eficiencia a nivel inter modelos, ofrecería una robustez mayor a los resultados.
3. Una mayor información sobre la situación de la infraestructura de las EPS, si se encuentra muy deteriorada o en buenas condiciones, será necesaria incorporarla, debido a que, se da el caso de empresas con costos bajos que resultan eficientes, no estarían invirtiendo en el mantenimiento y renovación de su infraestructura, lo que se ve reflejado en los indicadores de calidad del servicio.
4. El Viceministerio de Construcción y Saneamiento deberá incentivar a las EPS para que inviertan en nuevos proyectos, adquisición de tecnología, capacitación al personal y un mejor manejo de información, con el fin de mejorar la eficiencia en uso de los recursos sin dejar de lado la calidad en el servicio de agua potable.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Anwandter, L.; Ozuna, T.J. (2002). Can Public Sector Reforms Improve the Efficiency of Public Water Utilities? *Environment J Development Economics*, 7(4), 687- 700. doi: [10.1017/S1355770X02000414](https://doi.org/10.1017/S1355770X02000414)
- Aponte, D.; Beltrán, L. (2010). Análisis de la calidad en la prestación del servicio de agua potable de los municipios de Cundinamarca y Bogotá para el año 2007. (Tesis de Pregrado, Universidad de La Salle). Recuperada de <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1139&context=economia>
- Berg, S. (2007). Conflict Resolution: Benchmarking Water Utility Performance. *Public Administration and Development*, 27, 1-11. doi: 10.1002/pad.437
- Chen, L.; Sanford, B. (2008). Incorporating Service Quality into Yardstick Regulation: An Application to the Peru Water Sector. *Review of Industrial Organization*, 32, 53- 75. doi: 10.1007/s11151-008-9160-5
- Coelli, T.; Prasada, D.S.; Battese, G.E. (1998). An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Recuperado de <http://dl.icdst.org/pdfs/files/3a67240be4e2274e4c95655ec16931de.pdf>
- Coelli, T.; Walding, S. (2005). Performance measurement in the Australian water supply industry. Recuperado de <https://economics.uq.edu.au/files/5325/WP012005.pdf>
- Coll, V.; Blasco, O. (2006). Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Recuperado de [www.eumed.net/libros/2006c/197/](http://www.eumed.net/libros/2006c/197/)

- Consilla , Y.P. (2013). Aplicación de la Metodología de Análisis Envoltante de Datos para la comparación de la eficiencia de las empresas prestadoras del servicio de agua potable en el Perú. (Tesis pregrado, Universidad Católica del Perú). Recuperada de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5416>
- Corton, M. (2003). Benchmarking in the Latin American Water Sector: The Case of Peru. *Utilities Policy*, 11, 133- 142. doi: 10.1016/S0957-1787(03)00035-3
- De Witte, K.; Marques, R. (2010). Designing performance incentives, an international benchmark study in the water sector. *Central European Journal of Operations*, 18, 189-200. doi: 10.1007/s10100-009-0108-0
- Durán, L. (2014). Plan de acción para la reducción de pérdidas comerciales de agua no contabilizada en el Acueducto metropolitano de Bucaramanga SA ESP. (Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander). Recuperada de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2014/155626.pdf>
- Estache, A.; Kouassi, E. (2002). Sector Organization, Governance and inefficiency of African water utilities. World Bank Policy Research Working Paper 2890. Recuperado de <http://ssrn.com/abstract=636253>
- Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120 (3), 253– 281. doi: 10.2307/2343100
- Ferro, G.; Covelli, P.; Romero, C.A. (2010). Estimación de frontera de producción para el sector de agua y saneamiento en América Latina. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00468068>.
- Ferro, G.; Lentini, E.; Romero, CA. (2011). Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado. CEPAL - Colección Documentos de proyectos. Recuperado de <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/lcw0385s.PDF>

- Ferro, G. (2017). América Latina y el Caribe hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible en agua y saneamiento. Series Recursos Naturales e Infraestructura. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/41136>
- Ford, J.L.; Warford, J.J. (1969). Cost Functions for the Water Industry. *Journal of Industrial Economics*, 18, 53- 63. doi: 10.2307/2097706
- García, T.; Thomas, A. (2001). The Structure of Municipal Water Supply Costs: Application to a Panel of French Local Communities. *Journal of Productivity Analysis*, 16, 5-29. doi: 10.1023/A:1011142901799
- García, M.A. (2009). La medición de la productividad y la eficiencia en los servicios de abastecimiento de agua de las ciudades andaluzas. (Tesis doctoral, Universidad de Granada). Recuperada de <https://www.researchgate.net/publication/46591035>
- Mendoza, M. (2009). Una mirada a las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (eps). *Debates en Sociología* (34). Recuperada de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/debatesensociologia/article/view/2536>
- Monge Portillo, C.E. (2014). Desempeño de las empresas prestadoras del servicio de agua y saneamiento en el Perú. (Tesis pregrado, Universidad Católica del Perú). Recuperada de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5937?show=full>
- Oblitas, L. (2010). Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú. *CEPAL - Colección Documentos de proyectos*. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3819/1/lcw355.pdf>
- Picazo, A.J.; Gonzáles, F.; Saez, F.J. (2009). Accounting for operating environments in measuring water utilities managerial efficiency. *The Service Industries Journal*, 29, 761-773. doi: 10.1080/02642060802190300

Shih, J.S.; Harrington, W.; Pizer, W.A.; Gillingham, K. (2004). Economies of Scale and Technical Efficiency in Community Water Systems. *Resources for the Future*. doi: 10.22004/ag.econ.10788

SUNASS. (2018). Benchmarking Regulatorio de las Empresas Prestadoras (EPS) 2018. Recuperado de [https://www.sunass.gob.pe/benchmark/bench\\_regulatorio\\_eps\\_info2018.pdf](https://www.sunass.gob.pe/benchmark/bench_regulatorio_eps_info2018.pdf)

Thanassoulis, E. (2000). DEA and its use in the regulation of water companies. *European Journal of Operational Research*, 127, 1- 13. doi: 10.1016/S0377-2217(99)00436-1

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1: Variables *inputs* de las EPS en estudio

	EPS	Variables <i>inputs</i>		
		Costos de operación (S/)	Longitud de red (km)	Número de empleados
1	EMUSAP S.R.L.	4,233,557.00	66.85	35
2	SEDA HUÁNUCO S.A.	20,530,372.00	286.19	224
3	EMAPACOP S.A.	24,093,347.00	405.19	117
4	EPS SEDALORETO S.A.	39,543,514.00	708.07	333
5	EMAPA CAÑETE S.A.	10,446,063.00	258.85	47
6	EMSAPUNO S.A.	15,483,504.00	386.70	263
7	AGUAS DE TUMBES S.A.	16,701,143.95	576.88	79
8	EMAPISCO S.A.	13,054,000.00	277.00	96
9	SEDACAJ S.A.	23,142,973.00	310.98	164
10	EPS TACNA S.A.	40,088,610.00	836.74	215
11	EMAPAVIGS S.A.	5,082,663.00	160.70	39
12	SEDACHIMBOTE S.A.	47,112,642.00	704.82	390
13	SEDA AYACUCHO S.A.	17,778,651.00	407.21	206
14	EMAPA SAN MARTÍN S.A.	21,284,420.75	358.47	330
15	EMAPAT S.A.	13,319,842.00	195.39	119
16	EPS SEMAPACH S.A.	14,812,387.00	410.80	112
17	EPS SELVA CENTRAL S.A.	6,508,444.00	101.00	101
18	EMAPA HUANCAVELICA S.A.	4,554,585.00	73.84	46
19	EPS MOQUEGUA S.A.	11,445,816.00	257.00	78
20	EMAPA - Y S.R.L.	617,097.00	28.27	7
21	EMAPA HUARAL S.A.	7,260,007.00	99.60	83
22	EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	15,517,549.00	174.97	71
23	SEDAPAL	1,635,660,000.00	14,543.50	3067
24	EPS ILO S.A.	16,330,452.00	360.50	115
25	SEDALIB S.A.	115,867,043.00	1,260.65	540
26	EPSEL S.A.	83,016,025.34	963.37	309
27	SEDAPAR S.A.	146,538,591.68	2,083.77	741
28	SEDACUSCO S.A.	56,615,379.00	749.64	112
29	EPS GRAU S.A.	149,455,809.00	2,349.10	398
30	EPS CHAVIN S.A.	10,068,962.00	220.03	143
31	EMAQ S.R.L.	2,486,105.52	62.50	23
32	EMAPAB S.A.	1,781,740.00	45.00	27
33	EPS BARRANCA S.A.	8,248,363.00	191.58	105
34	EMAPICA S.A.	24,611,344.00	508.79	200
35	EMPSSAPAL S.A.	3,618,875.00	134.62	44
36	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	2,145,308.00	88.23	37
37	EPS NOR PUNO S.A.	1,541,783.00	83.53	32
38	EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	4,231,783.00	186.29	54
39	EMUSAP ABANCAY S.A.C.	5,079,953.00	175.00	61
40	EMSAP CHANKA S.A.	1,572,889.00	45.32	26
41	EPS MARAÑON S.A.	5,493,226.00	174.75	23
42	SEDAM HUANCAYO S.A.	26,926,837.66	2,288.95	251
43	EMSAPA CALCA S.A.	716,876.00	49.16	12
44	EMSAPA YAULI S.C.R.L.	590,592.00	19.33	12
45	EPS RIOJA S.A.	2,296,362.67	74.57	38

FUENTE: SUNASS (2018)

## Anexo 2: Variables *outputs* de las EPS en estudio

	EPS	Variables <i>outputs</i>			
		Número de consumidores	Volumen facturado (m3)	Continuidad (horas/día)	Micromedición (%)
1	EMUSAP S.R.L.	31,542.75	1,630.00	23.20	94.93
2	SEDA HUÁNUCO S.A.	212,999.00	11,295.00	23.19	87.80
3	EMAPACOP S.A.	155,423.76	8,373.00	18.09	22.34
4	EPS SEDALORETO S.A.	449,679.99	14,276.00	8.47	36.19
5	EMAPA CAÑETE S.A.	144,470.01	6,935.00	17.01	34.78
6	EMSAPUNO S.A.	130,830.22	5,083.00	8.85	62.52
7	AGUAS DE TUMBES S.A.	170,750.36	5,700.00	11.46	35.27
8	EMAPISCO S.A.	95,106.35	4,656.00	14.25	21.03
9	SEDACAJ S.A.	171,203.37	7,292.00	15.33	86.33
10	EPS TACNA S.A.	270,702.00	16,379.00	16.70	66.36
11	EMAPAVIGS S.A.	35,309.82	1,875.00	3.37	0.89
12	SEDACHIMBOTE S.A.	397,331.85	18,395.00	12.24	74.14
13	SEDA AYACUCHO S.A.	207,392.12	12,443.00	20.70	84.93
14	EMAPA SAN MARTÍN S.A.	180,999.94	9,737.00	12.73	82.16
15	EMAPAT S.A.	71,232.04	3,649.00	24.00	81.64
16	EPS SEMAPACH S.A.	171,744.33	8,045.00	17.12	5.63
17	EPS SELVA CENTRAL S.A.	90,976.83	7,952.00	19.39	52.13
18	EMAPA HUANCAVELICA S.A.	32,426.15	2,310.00	22.26	75.26
19	EPS MOQUEGUA S.A.	59,950.20	4,439.00	23.33	72.10
20	EMAPA - Y S.R.L.	11,687.63	473.00	17.55	2.03
21	EMAPA HUARAL S.A.	79,544.41	4,237.00	10.23	30.76
22	EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	119,854.49	5,009.00	14.18	84.48
23	SEDAPAL	8,848,193.25	526,635.00	20.93	89.41
24	EPS ILO S.A.	71,670.92	3,501.00	15.39	76.02
25	SEDALIB S.A.	862,024.31	27,892.00	10.57	79.73
26	EPSEL S.A.	762,615.60	28,139.00	16.75	40.64
27	SEDAPAR S.A.	1,231,092.03	54,265.00	23.20	82.59
28	SEDACUSCO S.A.	416,810.23	14,938.00	20.55	86.50
29	EPS GRAU S.A.	920,344.95	40,588.00	12.72	57.91
30	EPS CHAVIN S.A.	127,551.75	6,976.00	22.87	78.16
31	EMAQ S.R.L.	20,230.18	3,080.00	22.88	38.08
32	EMAPAB S.A.	17,091.85	1,314.00	3.67	15.46
33	EPS BARRANCA S.A.	72,247.27	4,057.00	15.77	17.11
34	EMAPICA S.A.	208,702.68	14,886.00	15.70	40.86
35	EMPSSAPAL S.A.	57,473.98	2,029.00	21.38	77.46
36	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	38,957.15	2,026.00	20.92	29.90
37	EPS NOR PUNO S.A.	28,248.14	1,014.00	13.32	52.31
38	EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	70,209.50	4,331.00	21.05	23.61
39	EMUSAP ABANCAY S.A.C.	58,000.89	3,169.00	23.52	78.48
40	EMSAP CHANKA S.A.	21,987.61	1,094.00	12.27	92.14
41	EPS MARAÑON S.A.	73,024.12	4,668.00	22.61	88.78
42	SEDAM HUANCAYO S.A.	337,059.73	19,831.00	17.67	34.52
43	EMSAPA CALCA S.A.	11,643.60	875.00	18.45	9.64
44	EMSAPA YAULI S.C.R.L.	11,118.90	425.00	24.00	90.65
45	EPS RIOJA S.A.	23,245.40	998.00	20.00	69.12

FUENTE: SUNASS (2018)

### Anexo 3: Relación número de empleados por cada 1000 conexiones

Nombre de EPS	Tamaño	Número de empleados por cada 1000 conexiones
EMUSAP S.R.L.	P	4.33
SEDA HUÁNUCO S.A.	G	5.03
EMAPACOP S.A.	M	3.90
EPS SEDALORETO S.A.	G	3.53
EMAPA CAÑETE S.A.	M	1.27
EMSAPUNO S.A.	G	6.18
AGUAS DE TUMBES S.A.	G	1.71
EMAPISCO S.A.	M	3.86
SEDACAJ S.A.	G	3.70
EPS TACNA S.A.	G	2.25
EMAPAVIGS S.A.	P	4.10
SEDACHIMBOTE S.A.	G	4.28
SEDA AYACUCHO S.A.	G	3.35
EMAPA SAN MARTÍN S.A.	G	7.19
EMAPAT S.A.	M	6.37
EPS SEMAPACH S.A.	G	2.28
EPS SELVA CENTRAL S.A.	M	3.91
EMAPA HUANCANELICA S.A.	P	4.34
EPS MOQUEGUA S.A.	M	3.42
EMAPA - Y S.R.L.	P	1.29
EMAPA HUARAL S.A.	M	4.57
EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	M	2.42
SEDAPAL	S	1.99
EPS ILO S.A.	M	4.37
SEDALIB S.A.	G	2.92
EPSEL S.A.	G	1.72
SEDAPAR S.A.	G	2.35
SEDACUSCO S.A.	G	1.24
EPS GRAU S.A.	G	2.05
EPS CHAVIN S.A.	M	4.52
EMAQ S.R.L.	P	2.84
EMAPAB S.A.	P	4.88
EPS BARRANCA S.A.	M	5.66
EMAPICA S.A.	G	3.54
EMPSSAPAL S.A.	M	2.61
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	P	3.80
EPS NOR PUNO S.A.	P	3.05
EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	M	2.62
EMUSAP ABANCAY S.A.C.	M	3.76
EMSAP CHANKA S.A.	P	4.72
EPS MARAÑON S.A.	M	1.12
SEDAM HUANCAYO S.A.	G	3.01
EMSAPA CALCA S.A.	P	3.05
EMSAPA YAULI S.C.R.L.	P	3.49
EPS RIOJA S.A.	P	5.50
<b>Promedio</b>		<b>3.51</b>
<b>Máximo</b>		<b>7.19</b>
<b>Mínimo</b>		<b>1.12</b>

FUENTE: SUNASS (2018)