

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN GESTIÓN PÚBLICA**

**DESEMPEÑO TÉCNICO DE LAS EMPRESAS QUE
PROVEEN LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL
PERÚ NO ADMINISTRADAS POR OTASS**

Autor: Bach. Charles Antonio Inga Santillán

Asesora: PhD. Ligia Magali García Rosero

Co - Asesor: Dr. Erick Stevinsom Arellanos Carrión

Registro: (...)

**CHACHAPOYAS – PERÚ
2024**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 6

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes):

INGA SANTILLAN CHARLES ANTONIO

DNI N°: 45374978

Correo electrónico: charles.antonio31@gmail.com

Nombre de la Maestría (X)/Doctorado ():

GESTIÓN PÚBLICA

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes):

DNI N°: _____

Correo electrónico: _____

Nombre de la Maestría ()/Doctorado ():

2. Título de la tesis para obtener el grado académico de Maestro (X) / Doctor ()

Desempeño Técnico de las empresas que proveen los servicios de
Saneamiento en el Perú no administradas por OTASS

3. Datos de Asesor

Apellidos y nombres: GARCIA ROSERO LIGIA MAGALI

DNI, Pasaporte, C.E N°: 001691738

ORCID: 0000-0001-7508-7536

Datos de Co-Asesor

Apellidos y nombres: Avellanos Cañón, Erick Stevinsonn

DNI, Pasaporte, C.E N°: 44542645

ORCID: 0000-0003-4665-7262

4. Campo del conocimiento según Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos-OCDE, por favor ingresar al siguiente link

https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html

(5.00.00- Ciencias Sociales, 5.02.00- Economía, Negocios,
5.02.02- Econometría)

5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el autor o autores señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.





6. Autorización de publicación

Los titulares de los derechos de autor otorgan a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

En caso de que el trabajo haya terminado en la obtención de patente, los titulares autorizan la publicación solamente del resumen o abstract de la patente, por un periodo de _____ al término de dicho periodo, se autoriza la publicación total del trabajo.

Chachapoyas, 06 de mayo de 2024



AUTOR 1

AUTOR 2

ASESOR

CO-ASESOR



DEDICATORIA

Toda dedicación, esfuerzo, sacrificio son dedicados a la
gloria de mi hijo Fernando Antonio.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

PhD. Jorge Luis Maicelo Quintana

RECTOR

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. María Nelly Luján Espinoza

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



MG. MANUEL ANTONIO MORANTE DÁVILA

PRESIDENTE



MG. SEGUNDO GRIMALDO CHAVEZ QUINTANA

SECRETARIO



MG. DINER MORI MESTANZA

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

Reglamento del Proceso de Graduación en la
Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional
Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

ANEXO 3

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis ()/Tesis (X) Tesis en Formato de Artículo Científico () titulado:

Desempeño técnico de las empresas que proveen los servicios de
Sanearamiento en el Perú no administrados por OTASS
presentado por el Aspirante Charles Antonio Inga Santillán
para obtener el Grado Académico de Maestro (X)/Doctor () en
Gestión Pública

de la Escuela de Posgrado de la UNTRM, hacemos constar que después de revisar la originalidad del Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/Tesis en formato de artículo científico () con el software de prevención de plagio **Turnitin**, verificamos:

- a) De acuerdo con el informe de originalidad (adjunto), el Proyecto de Tesis ()/Tesis (X)/ Tesis en formato de artículo científico () tiene 11 % de similitud, que es menor al 25% permitido en la UNTRM.

- b) La persona responsable de someter el trabajo al software de prevención de plagio

Turnitin fue:

Mg. Manuel Antonio Morante Dávila, y
pertenece al área ()/ oficina ()/ dependencia (X) de Instituto de
Investigación de Economía y Desarrollo de FACEA
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.



Chachapoyas, 14 de febrero del 2024

SECRETARIO

PRESIDENTE

VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la UNTRM - Chachapoyas, el día 22 de Febrero del año 2024, siendo las 15:00 horas, el Aspirante Charca Antonio Inga Santillón, cuyo asesor es Ph.D. Liza Mayra García Rivera, defiende en sesión pública presencial la Tesis titulada: Desempeño técnico de las empresas que proveen los servicios de saneamiento en el Perú no administrados por OTRAS para obtener el Grado Académico de Maestro () / Doctor () en Gestión Pública, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, conformado por:

Presidente: Mp. Manuel Antonio Morante Dávila
Secretario: Mp. Segundo Grimaldo Chavez Quintana
Vocal: Mp. Dina Mori Mestanza

Luego de la sustentación y absueltas las preguntas del Jurado Evaluador se procedió a la calificación individual y secreta, teniendo el resultado de:

Aprobada () / Desaprobada () por Unanimidad () / Mayoría () .

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación, se levanta la sesión.

Siendo las 16:10 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis.



PRÉSIDENTE
Nombres y apellidos: Manuel Antonio Morante Dávila
DNI: 16718481

VOCAL
Nombres y apellidos: Dina Mori Mestanza
DNI: 43817906

SECRETARIO
Nombres y apellidos: Segundo Grimaldo Chavez Quintana
DNI: 44011631

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM	ii
DEDICATORIA	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.....	v
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vi
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	vii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	15
II. MATERIAL Y MÉTODOS	18
2.1. Diseño de la investigación.....	18
2.2. Población, muestra y muestreo.....	18
2.2.1. Población.....	18
2.2.2. Muestra	19
2.3. Variables de estudio	19
2.4. Métodos	19
2.5. Técnicas e instrumentos	20
2.5.1. Análisis documental	20
2.6. Procedimiento	20
2.6.1. Determinación de la eficiencia técnica de las Empresas que proveen los servicios de saneamiento en el Perú no administradas por OTASS	20
2.6.2. Identificación de las brechas a optimizar de las EP no administradas por OTASS para lograr la eficiencia técnica con base en el análisis Benchmarking	23
2.7. Análisis de datos	24
III. RESULTADOS.....	25
3.1. Eficiencia técnica de las EP no administradas por OTASS	26
3.1.1. EP ineficientes.....	28
3.1.2. EP eficientes.....	32
3.1.3. Ranking de EP de acuerdo al score de eficiencia técnica.....	34
3.1.4. Cambios en la eficiencia técnica en el quinquenio 2017-2021	36
3.2. Brechas a optimizar de las EP no administradas por OTASS para incrementar la eficiencia técnica.....	38

IV. DISCUSIÓN	42
V. CONCLUSIONES	44
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
VII. ANEXOS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tipos de Empresas prestadoras de servicios de saneamiento	18
Tabla 2.	Eficiencia relativa de las EP	22
Tabla 3.	Estadísticas descriptivas de los inputs y outputs que participan en el modelo	25
Tabla 4.	Resultados del modelo DEA de las EP no administradas por OTASS para el año 2021 .	27
Tabla 5.	Ranking de eficiencia técnica de las EP en el año 2021	35
Tabla 6.	Evolución de la eficiencia técnica de las EP en el quinquenio 2017-2021	36
Tabla 7.	Proyección de mejora de la EP no administradas por la OTASS.....	38
Tabla 8.	Datos de las variables incluidas en el modelo DEA para el año 2021	49
Tabla 9.	Resultados del modelo DEA de las EP no administradas por OTASS para el año 2020 .	50
Tabla 10.	Resultados del modelo DEA de las EP no administradas por OTASS para el año 2019 .	51
Tabla 11.	Resultados del modelo DEA de las EP no administradas por OTASS para el año 2018 .	52
Tabla 12.	Resultados del modelo DEA de las EP no administradas por OTASS para el año 2017 .	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Curva de eficiencia.....	21
Figura 2.	Modelo productivo de los inputs y outputs a analizar de las EP no administradas por OTASS.	22
Figura 3.	Fases de implementación del Benchmarking.....	23

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño técnico de las Empresas que proveen los servicios de saneamiento en el Perú no administradas por OTASS mediante el modelo de Análisis Envoltante de Datos (DEA). La metodología empleada involucró la recolección de datos financieros y operativos de 30 empresas durante el período 2017-2021, seguido de un análisis de eficiencia utilizando el DEA. Los principales resultados revelaron variaciones significativas en la eficiencia técnica entre las empresas evaluadas, identificando a las más eficientes y destacando las características distintivas de su desempeño. Asimismo, se elaboró un ranking de empresas según su eficiencia técnica y super-eficiencia, proporcionando una herramienta de referencia para la gestión y toma de decisiones en el sector de agua y saneamiento. Además, se analizaron los cambios en la eficiencia a lo largo del tiempo y se identificaron áreas específicas de mejora. En conclusión, este estudio contribuye al conocimiento del desempeño del sector de saneamiento en el Perú y destaca la importancia de abordar la eficiencia como factor clave para la sostenibilidad y calidad de los servicios. Los resultados obtenidos pueden tener un impacto significativo al guiar políticas y estrategias que promuevan la mejora continua y el bienestar de la población a través de un acceso eficiente y sostenible a servicios de saneamiento de calidad.

Palabras clave: Eficiencia técnica, agua, saneamiento, Análisis Envoltante de Datos, Perú.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the technical performance of the companies that provide sanitation services in Peru not managed by OTASS using the Data Envelopment Analysis (DEA) model. The methodology employed involved the collection of financial and operational data from 30 companies during the period 2017-2021, followed by an efficiency analysis using DEA. The main results revealed significant variations in technical efficiency among the companies evaluated, identifying the most efficient and highlighting the distinctive characteristics of their performance. A ranking of companies according to their technical efficiency and super-efficiency was also prepared, providing a reference tool for management and decision-making in the water and sanitation sector. In addition, changes in efficiency over time were analyzed and specific areas for improvement were identified. In conclusion, this study contributes to the knowledge of the performance of the sanitation sector in Peru and highlights the importance of addressing efficiency as a key factor for the sustainability and quality of services. The results obtained can have a significant impact in guiding policies and strategies that promote continuous improvement and the well-being of the population through efficient and sustainable access to quality sanitation services.

Keywords: Technical Efficiency, water, sanitation, Data Envelopment Analysis, Peru.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país con grandes problemas en el sector hídrico debido a problemas como elevado nivel de agua no contabilizada, mantenimiento inadecuado de los sistemas, exceso de mano de obra, deficientes tasas de medición y una calidad reducida del agua (Berg & Lin, 2008). En las últimas décadas las actividades de suministro del recurso hídrico son administradas por los gobiernos estatales (See, 2015), algunos de estos operan con un bajo rendimiento (Berg & Lin, 2008).

En el Perú se hace necesario el análisis del funcionamiento de las Empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EP) debido a que cada una de estas operan en un contexto diferente y se vuelve complicado hacer una comparación objetiva (Urrunaga & Jara, 2013). Las comparaciones válidas pueden ser de mucha ayuda en el mejoramiento del funcionamiento de las EPs, ya que son de mucha ayuda para los profesionales como para los reguladores (Tourinho et al., 2022), pero la existencia de artículos que examinan la sensibilidad de la eficiencia son escasas (Berg & Lin, 2008), y el que no se refleje mejoras de resultados en las EP evita que potenciales inversores disminuyan. Administrar bien los recursos permitirá el acceso a beneficios de cambios tecnológicos y operativos, es por esto que se hace indispensable elevar las investigaciones sobre el funcionamiento y sus deficiencias de las EP en el Perú (Urrunaga & Jara, 2013).

Se debe tomar en cuenta de los efectos potenciales ocasionados en la actualidad por el cambio climático en la disponibilidad y calidad del recurso hídrico que afectara a todos los sectores de la economía, debido a que es un tema actual que influye en factores como: efectos de suministro, demanda de agua en cuencas fluviales específicas y la capacidad de adaptación para mitigar dichos impactos (Olmstead, 2014). De igual manera, la recopilación y análisis de datos de las empresas prestadoras de servicio de agua potable (EP) son herramientas importantes (Corton & Berg, 2009) para establecer puntos de referencia, evaluar y hacer comparaciones de la eficiencia (Berg & Lin, 2008), pero muchos de estas empresas limitaran el acceso a su información disponible, debido a que estos reflejan las capacidades de los administradores (Berg & Lin, 2008). La importancia de los resultados de las comparaciones posibles de dichos análisis puede ser objeto de cambios de conductas de la empresa como el aumento de eficiencia operativa, o los beneficios externos que estos reciben (Covelli et al., 2010).

El suministro de agua está asociado con las esferas económicas, ambiental social del desarrollo sostenible, y la promoción de mejoras en el desempeño estos sistemas son esenciales para garantizar la disponibilidad confiable de agua costos asequibles (Nogueira Vilanova et al., 2014). En el mundo se establecieron Objetivos de desarrollo sostenible (ODS) proteger el planeta y para acabar con la pobreza, uno de los diversos puntos importantes siendo el de “Agua limpia y saneamiento” (ODS 6) (FAO & UN Water, 2021). Para medir el progreso del ODS 6 desarrollaron indicadores importantes como el de “Cambio en la eficiencia del uso de agua a lo largo del tiempo” (Hellegers & van Halsema, 2021), esto fomenta la documentación de datos necesarios de todas las empresas del mundo para la implementación de buenas políticas de funcionamiento (Berg & Lin, 2008). Esto resulta importante la medición de la eficiencia o ineficiencia en las que operan las EP (Urrunaga & Jara, 2013) ya que permitirá dirigir los esfuerzos a maximizar la producción (Peña, 2008).

Una técnica muy reconocida para el análisis de datos en varios países y sectores es la técnica de Análisis envolvente de datos (DEA) (Nogueira Vilanova et al., 2014) y que se viene utilizando en otros sectores aparte del hídrico (Villarreal & Tohmé, 2017). El DEA es una técnica de programación lineal que mide la eficiencia técnica o relativa de un conjunto de unidades organizacionales o también llamados unidades de decisión (DMU) (Sarra et al., 2017). Esta metodología cuenta con entradas (inputs) y salidas (outputs) que deben ser minuciosamente elegidas para obtener un resultado coherente para el conjunto a estudiar (Berg & Lin, 2008). Existen pocos estudios que se centren en el sector del recurso hídrico con DEA (Berg & Lin, 2008), siendo algo alarmante debido que es muy importante para el estudio de la eficiencia (See, 2015). En América Latina, se efectuaron diversas estimaciones econométricas sobre la eficiencia relativa de EP con un uso regulatorios para el periodo 2003-2008 siendo el primer estudio de panel realizado en la región (Covelli et al., 2010), pero a nivel de países solo desarrollaron estudios sobre la eficiencia técnica con DEA en: eficiencia técnica de los proveedores en Chile (Ferro & Mercadier, 2016), evaluación del desempeño de los servicios de agua en Brasil (Tourinho et al., 2022). En el Perú, existen escasos estudios con dicha técnica (Berg & Lin, 2008) y es por esto que el objetivo del presente estudio es evaluar el desempeño técnico de las Empresas que proveen los servicios de agua y saneamiento en el Perú no administradas por OTASS. Por tanto, los objetivos de investigación son:

Objetivo general

- Evaluar el desempeño técnico de las Empresas que proveen los servicios de saneamiento en el Perú no administradas por OTASS.

Objetivo específico

- Determinar la eficiencia técnica de las Empresas que proveen los servicios de saneamiento en el Perú no administradas por OTASS.
- Identificar las brechas a optimizar de las Empresas que proveen los servicios de saneamiento en el Perú no administradas por OTASS para lograr la eficiencia técnica con base en el análisis Benchmarking

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

Este estudio tiene un carácter transversal debido a que se recolectaron datos en un único momento en el tiempo, el año 2021. Sin embargo, se hizo adicionalmente un análisis longitudinal en el periodo 2017-2021. Debido a que las variables no fueron manipuladas, es de carácter no experimental. Por último, considerando que la investigación tiene como objetivo el de estimar únicamente la eficiencia técnica mediante modelos determinísticos, no se estudió asociación de variables por lo que fue de tipo descriptivo.

2.2. Población, muestra y muestreo

2.2.1. Población

En el Perú existen 50 Empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EP), las cuales se distribuyen en cuatro tipos (Tabla 1): 18 son administradas por el Organismo Técnico de la Administración de los Servicios de Saneamiento (OTASS) y 30 no (SUNASS, 2022a). Adicionalmente, 1 EP tiene la modalidad de unidad ejecutora, y otra EP, específicamente SEDAPAL, no tiene clasificación dado que es considerado un caso excepcional por su envergadura. La población lo constituyen todas las EP que no están administradas por el OTASS debido a que la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) encargada de “garantizar la prestación de los servicios de saneamiento, en el ámbito urbano y rural, en condiciones de calidad, a fin de contribuir a la salud de la población y a la preservación del medioambiente” en el Perú (SUNASS, n.d.) identificó que 25 EP tienen causales para ingresar al Régimen de Apoyo Transitorio (RAT) que está a cargo de OTASS (SUNASS, 2022b), por tal motivo, se analizará la eficiencia de las 30 EP no administradas por OTASS.

Tabla 1. Tipos de Empresas prestadoras de servicios de saneamiento

N°	No administradas por OTASS	Administradas por OTASS	Modalidad Unidad Ejecutora	Sin clasificación
1	EMSA PUNO S.A.	EMUSAP S.A.	AGUA TUMBES S.A.	SEDAPAL
2	EMAPA PASCO S.A.	EPS SEDA HUANUCO S.A.	---	---
3	EPS SEDACAJ S.A.	EMAPACOP S.A.	---	---
4	EPS TACNA S.A.	EPS SEDALORETO S.A.	---	---
5	SEDA CHIMBOTE S.A.	EPS EMAPA CAÑETE S.A.	---	---
6	SEDA AYACUCHO S.A.	EPSSMU S.A.	---	---
7	EPS EMAPAT S.A.	EMAPISCO S.A.	---	---
8	EPS SELVA CENTRAL S.A.	EMAPAVIGS S.A.	---	---

9	EMAPA HUANCVELICA S.A.	EMAPA SAN MARTÍN S.A.	---	---
10	EPS MOQUEGUA S.A.	EPS SEMAPACH S.A.	---	---
11	EMAPA - Y S.R.L.	EPS MOYOBAMBA S.A.	---	---
12	EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	EMAPA HUARAL S.A.	---	---
13	SEDALIB S.A.	EPS ILO S.A.	---	---
14	SEDAPAR S.A.	EPSEL S.A.	---	---
15	EPS SEDACUSCO S.A.	EMAPAB S.A.	---	---
16	EPS GRAU S.A.	EPS BARRANCA S.A.	---	---
17	EPS CHAVIN S.A.	EPS EMAPICA S.A.	---	---
18	EPS EMAQ S.R.L.	EPS MARAÑÓN S.A.	---	---
19	EPS EMPSSAPAL S.A.	---	---	---
20	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	---	---	---
21	EPS NOR PUNO S.A.	---	---	---
22	EPS SEDA JULIACA S.A.	---	---	---
23	EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	---	---	---
24	EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C.	---	---	---
25	EPS EMSAP CHANKA S.A.	---	---	---
26	EPS SEDAM HUANCAYO S.A.	---	---	---
27	EPS EMSAPA CALCA S.A.	---	---	---
28	EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.	---	---	---
29	EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L.	---	---	---
30	EPS RIOJA S.A.	---	---	---

Fuente: elaborado con base en OTASS (2023).

2.2.2. Muestra

Debido a las causales de mal funcionamiento identificadas por SUNASS sobre 25 EP no administradas por el OTASS se eligió la muestra del estudio por criterio de conveniencia al conjunto de 30 EP que no están bajo el régimen.

2.3. Variables de estudio

- Eficiencia Técnica
- Inputs
- Outputs

2.4. Métodos

En la investigación se aplicó los siguientes métodos de investigación:

- Método Deductivo: En este método se plantea las conclusiones generales para explicaciones particulares
- Método de la medición: con base en el análisis de datos registrados por las EP.

2.5. Técnicas e instrumentos

2.5.1. Análisis documental

Mediante reportes oficiales, artículos de investigación, memorias anuales de las EP del Perú de la base de datos de SUNASS y/o los portales en la red de cada EP se facilitó el análisis de contenido de documentos y datos recolectados. De esta manera se desarrolló el uso de la técnica de recolección de datos “análisis documental” (Ñaupas et al., 2018). Este proceso permitió identificar los mejores inputs y outputs para el desarrollo del proyecto.

2.6. Procedimiento

2.6.1. Determinación de la eficiencia técnica de las Empresas que proveen los servicios de saneamiento en el Perú no administradas por OTASS

Se seleccionó y se recolectó los datos de las EP del Perú que no están administradas por OTASS. Teniendo identificado la lista de las 18 EP bajo el cargo de OTASS y también a SEDAPAL para evitar deseconomías de escala (Liu & Fukushige, 2020), solo se tomó como Unidades de toma de decisión (DMU) a las 30 EP fuera del régimen.

Se recolectaron los datos operacionales de las EP para cada variable input y output por la plataforma de SUNASS, que es el ente que supervisa las acciones de cada EP (<https://www.sunass.gob.pe/>).

Inputs:

- Costo operativo por volumen producido
- Trabajadores por mil conexiones

Outputs:

- Conexiones activas de agua potable
- Volumen facturado unitario
- Continuidad

La cantidad de inputs y outputs que se determinaron para el estudio se condicionaron en la ecuación aplicada de Sinuany-Stern et al. (1994):

$$n^{\circ} \text{ inputs} + n^{\circ} \text{ outputs} \leq \left(\frac{n^{\circ} \text{ DMU}}{3} \right)$$

Los datos resultantes de cada DMU se graficaron para obtener la “Curva de Eficiencia”. En este sentido, como lo observado en la Figura 1, la curva que va de I a I’ representa las DMU eficientes tales como los puntos A y C, en cambio los que estén fuera de esta curva que va de I a I’ son las DMU ineficientes en la cantidad de inputs consumidos para el determinado output:

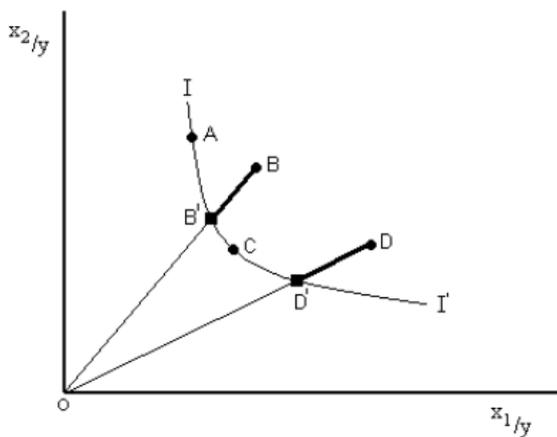


Figura 1. Curva de eficiencia

Fuente: Coll & Blasco (2006).

En este caso, para “B” se obtendrá el grado de eficiencia relativa de manera numérica mediante la relación entre la distancia de la línea de origen al punto proyectado (OB’) sobre la isocuanta considerada eficiente proyectada en la unidad considerada (OB’). Entonces la fórmula para obtener la eficiencia de “B” es:

$$\text{Eficiencia Técnica de B} = ET_B = \frac{OB'}{OB}$$

El esquema de la Figura 2 presentan los recursos consumidos en la entrada (inputs) y el producto resultante en la salida (outputs) de las unidades de toma de decisión que representan las EPs.



Figura 2. Modelo productivo de los inputs y outputs a analizar de las EP no administradas por OTASS.

Para evaluar un conjunto de DMUs con una serie homogénea de diversos inputs “m” y outputs “s”, el Análisis Envolvente de Datos (DEA) suele representarse como indica Cubbin & Tzanidakis (1998):

$$\text{Eficiencia de los productos} = \frac{\text{suma ponderada de las salidas}}{\text{suma ponderada de las entradas}} = \frac{\sum_{k=1}^s v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} x_{ij}}$$

Se denota: X_{ij} a la suma numérica de entrada del recurso “i” utilizado por el DMU denotado como “j”, y como Y_{kj} a la suma numérica de salida resultante “k” que produce la DMU “j”. En este caso, existen pesos relativos correspondientes a cada input y output, U_{ij} y V_{kj} respectivamente, y estos pueden fijarse por criterios técnicos o por la metodología DEA.

La metodología DEA proporcionó los pesos relativos más apropiados para cada sistema “j”, de esta manera se evita el sesgo subjetivo. DEA estimó los pesos relativos U_i y V_k a partir de los datos disponibles, esta forma de asignar estos pesos relativos para las entradas y salidas resulta objetiva para el desarrollo de un buen estudio (Villarreal & Tohmé, 2017).

Tabla 2. Eficiencia relativa de las EP

DMU	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3	Eficiencia	Eficiencia (%)
EP ₁	$x_{1,1}$	$x_{2,1}$	$x_{3,1}$	y_{11}	y_{21}	y_{31}	$\frac{\sum_{k=1}^3 v_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^3 u_{ij} x_{ij}}$	$\frac{\text{eficiencia}_{EP1}}{\text{eficiencia}_{(Max.)}}$

EP ₂	$x_{1,2}$	$x_{2,2}$	$x_{3,2}$	$y_{1,2}$	$y_{2,2}$	$y_{3,2}$	$\frac{\sum_{k=1}^3 v_{kj}y_{kj}}{\sum_{i=1}^3 u_{ij}x_{ij}}$	$\frac{eficiencia_{EP2}}{eficiencia_{(Max.)}}$
EP ₃	$x_{1,3}$	$x_{2,3}$	$x_{3,3}$	$y_{1,3}$	$y_{2,3}$	$y_{3,3}$	$\frac{\sum_{k=1}^3 v_{kj}y_{kj}}{\sum_{i=1}^3 u_{ij}x_{ij}}$	$\frac{eficiencia_{EP3}}{eficiencia_{(Max.)}}$
...
EP ₃₀	$x_{1,30}$	$x_{1,30}$	$x_{1,30}$	$y_{1,30}$	$y_{1,30}$	$y_{1,30}$	$\frac{\sum_{k=1}^3 v_{kj}y_{kj}}{\sum_{i=1}^3 u_{ij}x_{ij}}$	$\frac{eficiencia_{EP30}}{eficiencia_{(Max.)}}$

Según Coll & Blasco (2006) se pueden clasificar en función a: a) orientación del modelo (input-output orientado, input orientado, output orientado), b) la tipología de los rendimientos a escala variables o constantes, y c) el tipo de medida de eficiencia que proporcionan (modelos no radiales y radiales).

2.6.2. Identificación de las brechas a optimizar de las EP no administradas por OTASS para lograr la eficiencia técnica con base en el análisis Benchmarking

Mediante el Benchmarking se identificaron las fortalezas o debilidades que se tiene en relación con el conjunto comparado. Por lo tanto, el desarrollo del Benchmarking se ha utilizado como una herramienta de mejora. Las etapas empeladas fueron:

- Definir las funciones a evaluar
- Identificar las empresas con mejor desempeño
- Identificar las practicas utilizadas que ocasionan su mejor desempeño
- Adaptación de sus prácticas de acuerdo con la situación

La base para aplicar el modelo es que se haya identificado la necesidad de hacer las evaluaciones comparativas. Se tiene dos fases principales para el desarrollo del benchmarking:

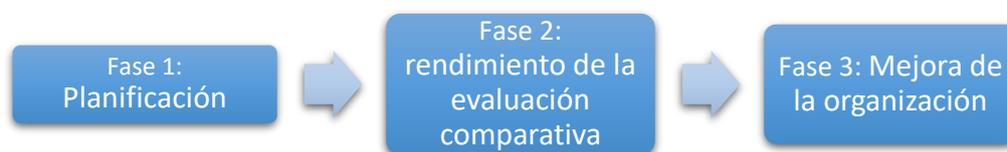


Figura 3. Fases de implementación del Benchmarking

Fuente: Stapenhurst (2009).

2.6.2.1. Fase 1: Planificación

En esta fase se definió lo que se va a investigar, teniendo que ser un objetivo viable y factible para evitar los márgenes de errores. Se identificaron datos: inputs y outputs. Luego se identificará los DMUs referentes o de mejor desempeño. Por último, se registraron los datos de diversas formas:

- Información interna
- Información que es de dominio público
- Investigaciones propias
- Otros métodos fidedignos

2.6.2.2. Fase 2: Evaluación comparativa del rendimiento

En esta fase se implementó el estudio con los DMUs analizados y está comprendida por dos etapas:

- Recopilación y validación de datos

Una vez acordado los datos (inputs y outputs objetivos), se determinó la forma de capturar los datos en una hoja de cálculo de una manera detallada para tenerlos de manera clara y concisa.

- Análisis e informes

Luego de la recopilación y validación de datos se dio paso a un análisis de comparación, con la empresa de mejor desempeño, como en la comparación del nivel de desempeño, análisis de brechas en el desempeño, comprobación de teorías, evaluación de prácticas y las recomendaciones para mejorar.

2.7. Análisis de datos

Para el primer objetivo específico se utilizó estadística descriptiva para ordenar las EP en función a la magnitud de sus inputs y outputs. La eficiencia se evaluó bajo el modelo desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (CCR) o el modelo desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (BCC) de acuerdo con la naturaleza de los datos. Para el segundo objetivo específico, con base en el modelo de eficiencia elegido, se aplicó la técnica benchmarking y los resultados se ordenaron utilizando estadística descriptiva.

III. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de investigación sobre la eficiencia técnica de las EP del Perú no administradas por OTASS. Los variables seleccionadas y sus estadísticos descriptivos básicos se muestran en la Tabla 3. Como se aprecia, se seleccionaron dos inputs y cuatro outputs, y dado que el número de DMU son 30 EP no administradas por OTASS, se cumple la restricción de Bandeira (2000), en el cual, $N^{\circ}inputs + N^{\circ}outputs \leq \frac{DMU}{3}$. De esta forma, se garantiza un correcto modelo DEA.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de los inputs y outputs que participan en el modelo

Variables	Nombre abreviado	Unidad	Obs.	Prom.	Std. Dev.	Mín.	Máx.
Inputs							
Costo operativo por volumen producido	Costo	S/m ³	30	1.43	0.77	0.15	3.09
Trabajadores por mil conexiones	Trabajadores	Trabajadores / 1000 conex	30	3.68	1.51	0.81	6.98
Outputs							
Conexiones activas de agua potable	Conexiones	%	30	89.84	4.62	75.78	97.00
Volumen facturado unitario	Volumen	l/habitante/día	30	159.85	74.19	69.69	480.11
Continuidad	Continuidad	h/día	30	17.69	5.97	1.40	24.00
Presión	Presión	m.c.a.	30	21.61	9.49	3.78	39.62

m.c.a.: metros de columna de agua.

Fuente: elaborado con base en datos de SUNASS (2022).

La Tabla 3 muestra que casi todas las variables tienen alta desviación estándar. Esto se debe a que la EP son de distinto tamaño y tienen diferentes niveles de desempeño; además, existen otras condicionantes técnicas como la disponibilidad de recursos y el tipo de tecnología, entre otros. Por tanto, es esperable la variabilidad de datos observados entre EP.

Los resultados de investigación se agruparon en dos secciones. La primera sección presenta los resultados de eficiencia técnica de las EP no administradas por OTASS, y la segunda, con base en los resultados de eficiencia, muestra las brechas sobre inputs y outputs que las EP pueden optimizar sin empeorar su nivel actual de eficiencia. Estas secciones presentan, además, un análisis comparativo en el quinquenio 2017-2021 entre EP y la comparación mediante la observación de los Benchmarks.

3.1. Eficiencia técnica de las EP no administradas por OTASS

Para estimar la eficiencia técnica, se seleccionaron cuidadosamente los inputs y outputs pertinentes, los cuales fueron modelados mediante la aplicación de la metodología DEA. En este proceso, se siguió una estructura convexa con retornos a escala constantes y una distancia radial para la evaluación de la eficiencia. La orientación seguida fue la de input, enfocándose en medir la eficiencia en el uso de los recursos disponibles. Este enfoque riguroso y bien fundamentado permitió obtener resultados sólidos y confiables en la medición de la eficiencia técnica. Se siguió la orientación input dado que en las instituciones públicas se persigue una maximización de los recursos públicos para una mejor gestión del dinero de los contribuyentes. Por tanto, la posibilidad de reducir inputs por las EP mediante el análisis de la eficiencia técnica permitirá a los tomadores de decisión herramientas para incrementar el desempeño.

El estudio de la eficiencia técnica de las EP no administradas por OTASS, permite a su vez a los tomadores de decisión, identificar las EP que requieren mayor atención, y qué inputs son los que necesitan reducir. En ese contexto, el estudio de la eficiencia técnica se realizó con base en el último año, 2021, el último en el que SUNASS tiene datos consolidados. Los resultados se presentan en la Tabla 4. Sumado a ello, y con la finalidad de evaluar la variación de la eficiencia se ha estimado este indicador en el periodo 2017-2021, lo que permite un panorama para estudiar el desempeño de las EP en el tiempo.

El estudio de la eficiencia técnica para el año 2021, permite identificar dos tipos de EP: a) EP eficientes, y b) EP ineficientes. De acuerdo a la Tabla 4, y según el score, aquellas con puntuación de 100% son EP eficientes. En cambio, aquellas con puntuación menor a 100% son EP ineficientes. De estas últimas, si el score es más cercano al 100%, son más eficientes, por el contrario, mientras son más cercanos a 0%, son menos eficientes, o más ineficientes. Además, de la Tabla 4 se desprende la siguiente leyenda:

- DMU: relación de EP no administradas por OTASS
- {I}: Inputs (entradas)
- {O}: Output (salidas)
- {V}: Pesos virtuales
- {S}: Slack (holguras)
- Score: Puntuación de eficiencia
- Benchmarks: Puntos de referencia

Tabla 4. Resultados del modelo DEA de las EP no administradas por OTASS para el año 2021

DMU	Score	Cost {I}{V}	Trab {I}{V}	Cone {O}{V}	Volu {O}{V}	Cont {O}{V}	Pres {O}{V}	Benchmarks	{S} Cost {I}	{S} Trab {I}	{S} Cone {O}	{S} Volu {O}	{S} Cont {O}	{S} Pres {O}
EMSA PUNO S.A.	77.87%	0.29	0.71	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.74) 23 (0.22)	0.00	0.00	0.00	31.98	12.46	6.68
EMAPA PASCO S.A.	48.35%	0.18	0.82	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.25) 23 (0.72)	0.00	0.00	0.00	95.90	20.27	6.12
EPS SEDACAJ S.A.	46.15%	0.27	0.73	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.68) 23 (0.30)	0.00	0.00	0.00	32.26	4.76	1.41
EPS TACNA S.A.	95.61%	0.00	1.00	0.80	0.20	0.00	0.00	14 (0.77) 18 (0.16)	0.35	0.00	0.00	0.00	2.77	13.11
SEDA CHIMBOTE S.A.	63.93%	0.19	0.81	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.31) 23 (0.75)	0.00	0.00	0.00	50.13	11.82	6.26
SEDA AYACUCHO S.A.	81.44%	0.21	0.79	0.96	0.00	0.00	0.04	14 (0.43) 18 (0.12) 23 (0.53)	0.00	0.00	0.00	56.80	3.19	0.00
EPS EMAPAT S.A.	37.14%	0.22	0.78	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.47) 23 (0.61)	0.00	0.00	0.00	22.85	0.42	6.71
EPS SELVA CENTRAL S.A.	93.53%	0.98	0.02	1.00	0.00	0.00	0.00	11 (0.00) 18 (1.02)	0.00	0.00	0.00	235.93	5.55	21.77
EMAPA HUANCVELICA S.A.	26.86%	1.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.76	11 (0.30) 18 (0.82)	0.00	0.51	0.00	245.36	1.29	0.00
EPS MOQUEGUA S.A.	65.51%	0.22	0.78	0.00	0.00	1.00	0.00	14 (0.71) 18 (0.20) 23 (0.12)	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	1.83
EMAPA - Y S.R.L.	100.00%	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	5						
EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	37.70%	0.19	0.81	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.29) 23 (0.70)	0.00	0.00	0.00	43.84	8.13	7.59
SEDALIB S.A.	75.26%	0.30	0.70	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.87) 23 (0.16)	0.00	0.00	0.00	45.26	13.05	21.16
SEDAPAR S.A.	100.00%	0.00	1.00	0.52	0.00	0.00	0.48	20						
EPS SEDACUSCO S.A.	70.05%	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (1.01)	0.19	0.00	0.00	47.46	2.20	0.83
EPS GRAU S.A.	81.94%	0.29	0.71	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.73) 23 (0.21)	0.00	0.00	0.00	7.28	8.89	20.10
EPS CHAVIN S.A.	67.93%	0.16	0.84	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.57) 23 (0.52)	0.00	0.00	0.00	213.45	0.86	7.23
EPS EMAQ S.R.L.	100.00%	0.72	0.28	0.00	0.00	0.00	1.00	13						
EPS EMPSSAPAL S.A.	96.40%	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	14 (0.97)	0.61	0.00	4.89	25.17	0.00	9.04
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	58.95%	0.98	0.02	1.00	0.00	0.00	0.00	11 (0.01) 18 (1.10)	0.00	0.00	0.00	380.74	4.53	21.47
EPS NOR PUNO S.A.	93.84%	0.26	0.74	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.65) 23 (0.32)	0.00	0.00	0.00	30.66	10.69	13.51
EPS SEDAJULIACA S.A.	90.17%	0.28	0.72	0.98	0.02	0.00	0.00	14 (0.78) 18 (0.11) 23 (0.05)	0.00	0.00	0.00	0.00	14.08	26.89
EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	100.00%	0.13	0.87	1.00	0.00	0.00	0.00	18						
EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C.	67.92%	0.14	0.86	0.00	0.00	0.99	0.01	14 (0.32) 18 (0.64) 23 (0.07)	0.00	0.00	1.65	206.13	0.00	0.00
EPS EMSAP CHANKA S.A.	54.95%	0.14	0.86	0.96	0.00	0.00	0.04	14 (0.11) 18 (0.25) 23 (0.72)	0.00	0.00	0.00	121.14	6.71	0.00
EPS SEDAM HUANCAYO S.A.	92.56%	0.16	0.84	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.16) 23 (0.87)	0.00	0.00	0.00	3.43	5.40	6.79
EPS EMSAPA CALCA S.A.	85.21%	0.97	0.03	1.00	0.00	0.00	0.00	11 (0.02) 18 (1.00)	0.00	0.00	0.00	264.30	6.50	22.12
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.	42.87%	0.76	0.24	1.00	0.00	0.00	0.00	11 (0.47) 18 (0.58)	0.00	0.00	0.00	157.71	12.50	21.57
EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L.	84.40%	0.13	0.87	0.00	0.00	0.99	0.01	14 (0.26) 18 (0.57) 23 (0.21)	0.00	0.00	6.92	238.97	0.00	0.00
EPS RIOJA S.A.	61.64%	0.15	0.85	1.00	0.00	0.00	0.00	14 (0.15) 23 (0.88)	0.00	0.00	0.00	50.27	2.85	3.78

A continuación, se muestra el análisis para EP ineficientes y eficientes.

3.1.1. EP ineficientes

Las EP ineficientes son aquellas que no logran un score de 100%, esto es, si el score es más cercano al 100%, son más eficientes, por el contrario, mientras son más cercanos a 0%, son menos eficientes, o más ineficientes. Sumado a lo descrito, el modelamiento permite analizar los pesos virtuales, los benchmarks y las holguras. Dado que según la Tabla 4, se cuenta con 26 EP ineficientes, en seguida, se realizará una interpretación de los indicadores del modelo para el caso de una EP, la “EPS TACNA S.A”, ubicada en la fila 4. El análisis para las restantes EP ineficientes, será análogo, pero de acuerdo a los valores de los indicadores.

Caso: “EPS TACNA S.A”

Esta Empresa logra una eficiencia técnica del 95.61%, siendo muy eficiente en la utilización de sus recursos.

Pesos virtuales

Para la DMU "EPS TACNA S.A.", los valores de los pesos virtuales son los siguientes:

Inputs

- $\text{Cost } \{I\}\{V\} = 0.00$
- $\text{Trab } \{I\}\{V\} = 1.00$

Los pesos virtuales indican la importancia relativa de cada input en el análisis de eficiencia. Un valor de 0.00 para el peso virtual de "Costo" significa que el Costo operativo por volumen producido (abreviado como Cost) no tiene impacto en la eficiencia de esta DMU en particular. En otras palabras, el modelo determinó que el costo no es un factor relevante para medir la eficiencia de la EP en comparación con las otras empresas.

Por otro lado, el valor de 1.00 para el peso virtual de "Trabajadores" (Trab) indica que la cantidad de trabajadores/1000 conexiones de agua de la empresa tienen un papel significativo en la eficiencia de la "EPS TACNA S.A.". Esto implica que la empresa es altamente sensible a la cantidad de trabajadores por cada 1000 conexiones de agua que emplea. La cantidad de

trabajadores es un factor crucial para medir la eficiencia de la EP en relación con las otras empresas de agua potable.

Outputs

- Cone $\{O\}\{V\} = 0.80$
- Volu $\{O\}\{V\} = 0.20$
- Cont $\{O\}\{V\} = 0.00$
- Pres $\{O\}\{V\} = 0.00$

Los pesos virtuales para los outputs indican la importancia relativa de cada output en el análisis de eficiencia. En este caso:

Cone $\{O\}\{V\} = 0.80$: Esto significa que el output "Conexiones" (Cone) tiene un impacto significativo en la eficiencia de la empresa "EPS TACNA S.A.". La empresa está altamente sensible al porcentaje de conexiones activas de agua potable que atiende. Por lo tanto, para mejorar su eficiencia técnica, "EPS TACNA S.A." debería prestar especial atención a la gestión y optimización del porcentaje de conexiones activas que brinda a la población.

Volu $\{O\}\{V\} = 0.20$: El output "Volumen" (Volu) también tiene un impacto en la eficiencia, pero en menor medida que las conexiones. Esto sugiere que la empresa puede mejorar su eficiencia al aumentar el volumen facturado unitario en litros por habitante al día, pero este aspecto es menos crítico en comparación con las conexiones.

Cont $\{O\}\{V\} = 0.00$: En este caso, el output "Continuidad" (Cont) no afecta la eficiencia de "EPS TACNA S.A.". Esto implica que la empresa está operando eficientemente en términos de la continuidad del servicio de agua en horas por día que ofrece a sus clientes. Sin embargo, es importante recordar que este resultado se basa en el análisis de eficiencia y podría haber oportunidades para mejorar la continuidad del servicio en general.

Pres $\{O\}\{V\} = 0.00$: De manera similar a la continuidad, el output "Presión" (Pres) no afecta la eficiencia de "EPS TACNA S.A.". La empresa opera eficientemente en términos de la presión del agua en las tuberías que llegan a las viviendas.

Benchmarks

Los Benchmarks son puntos de referencia utilizados para comparar el desempeño relativo de una DMU específica con respecto a otras DMUs en el análisis de eficiencia. Los valores de los Benchmarks se expresan en forma de pares, donde el primer número representa el índice de la DMU de referencia y el segundo número es el coeficiente de eficiencia correspondiente a esa DMU de referencia.

En el caso de la DMU "EPS TACNA S.A.", sus Benchmarks son "14 (0.77) 18 (0.16)". Esto significa lo siguiente:

- "14 (0.77)": La DMU número 14 (SEDAPAR S.A.) es utilizada como una de las referencias para comparar la eficiencia de "EPS TACNA S.A.". El valor de eficiencia correspondiente a la DMU número 14 es 0.77, lo que indica que esa empresa alcanza una eficiencia del 77% en comparación con un conjunto de inputs y outputs similares.
- "18 (0.16)": De manera similar, la DMU número 18 (EPS EMAQ S.R.L.) también se utiliza como una referencia para comparar la eficiencia de "EPS TACNA S.A.". El valor de eficiencia correspondiente a la DMU número 18 es 0.16, lo que sugiere que esa empresa alcanza una eficiencia del 16% en comparación con un conjunto de inputs y outputs similares.

Generalmente, los valores de los Benchmarks proporcionan una perspectiva relativa del desempeño de la DMU en cuestión. Si el valor del Benchmark es cercano a 1.00, significa que la empresa está relativamente cerca de la eficiencia óptima en comparación con la DMU de referencia. Por otro lado, si el valor del Benchmark es más bajo, indica que hay margen para mejorar la eficiencia en relación con la DMU de referencia.

Slack (holguras)

Inputs

Para la DMU "EPS TACNA S.A.", los valores de los Slack para los inputs son los siguientes:

- $\{S\} \text{ Cost } \{I\} = 0.35$
- $\{S\} \text{ Trab } \{I\} = 0.00$

Los Slack representan las holguras en los inputs, lo que significa cuánto podría reducirse cada input sin afectar la eficiencia de la empresa. En otras palabras, los Slack indican cuánto margen

de mejora existe para cada input en términos de reducir su uso sin que la empresa pierda eficiencia.

{S} Cost {I} = 0.35: Esto significa que "EPS TACNA S.A." tiene un margen de mejora del 35% en términos de reducir el costo operativo por volumen producido (Soles/m³ de agua) sin afectar su eficiencia técnica. La empresa podría optimizar su uso de recursos financieros y operativos para reducir los costos asociados a la producción de agua sin que afecte su eficiencia en comparación con otras empresas del análisis.

{S} Trab {I} = 0.00: En este caso, el valor de Slack para los trabajadores es 0.00, lo que significa que "EPS TACNA S.A." ya está utilizando de manera óptima la cantidad de trabajadores en relación con el número de conexiones de agua que atiende. No hay margen de mejora en términos de reducir la cantidad de trabajadores sin afectar su eficiencia.

Outputs

Para la DMU "EPS TACNA S.A.", los valores de los Slack para los outputs son los siguientes:

- {S} Cone {O} = 0.00
- {S} Volu {O} = 0.00
- {S} Cont {O} = 2.77
- {S} Pres {O} = 13.11

Los Slack representan las holguras o margen de mejora en los outputs, lo que significa cuánto podrían aumentarse cada output sin afectar la eficiencia de la empresa. En otras palabras, los Slack indican cuánto margen de mejora existe para cada output en términos de incrementar su producción sin que la empresa pierda eficiencia.

S} Cone {O} = 0.00: Esto significa que "EPS TACNA S.A." no tiene margen de mejora en términos de aumentar el porcentaje de conexiones activas de agua potable que atiende sin afectar su eficiencia técnica. La empresa ya está utilizando de manera óptima el porcentaje de conexiones activas de agua potable y no puede incrementar más esta cantidad sin reducir su eficiencia.

{S} Volu {O} = 0.00: Similarmente, el valor de Slack para el output "Volumen" (Volu) es 0.00, lo que indica que "EPS TACNA S.A." está utilizando de manera óptima el volumen

facturado de agua unitario por la empresa (litros/habitante al día) y no puede aumentar más este volumen sin afectar su eficiencia.

{S} Cont {O} = 2.77: En este caso, el valor de Slack para el output "Continuidad" (Cont) es 2.77, lo que sugiere que "EPS TACNA S.A." tiene un margen de mejora del 2.77 horas/día en términos de aumentar la continuidad del servicio de agua ofrecido a la población sin afectar su eficiencia técnica. La empresa podría trabajar para extender las horas de servicio y mejorar la continuidad del agua para los usuarios.

{S} Pres {O} = 13.11: De manera similar, el valor de Slack para el output "Presión" (Pres) es 13.11, lo que significa que "EPS TACNA S.A." tiene un margen de mejora de 13.11 Metros de Columna de Agua (m.c.a.) en términos de aumentar la presión del agua en las tuberías que llegan a las viviendas sin afectar su eficiencia técnica. La empresa podría trabajar para mejorar la presión del agua y así brindar un mejor servicio a los usuarios.

En análisis de los indicadores para las demás EP ineficientes se realiza de forma análoga.

3.1.2. EP eficientes

Las EP eficientes son aquellas que logran un score de 100%. Sumado a ello, se analizan los pesos virtuales y los benchmarks, mas no las holguras, ya que estas EP no tiene posibilidad de mejora ya que tienen buen desempeño. Dado que según la Tabla 4, se cuenta con 4 EP eficientes, en seguida, se realizará una interpretación de los indicadores del modelo para el caso de una EP de referencia, la "EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.", ubicada en la fila 23. El análisis para las restantes EP eficientes, será análogo, pero de acuerdo a los valores de los indicadores.

Caso: "EPS MUNICIPAL MANTARO S.A."

Esta DMU tiene un Score de 100.00% y se considera una DMU eficiente.

Pesos virtuales

Inputs

Cost {I}{V} = 0.13: Esto indica que el input "Cost" (Costo operativo por volumen producido) ha sido ponderado con un peso virtual de 0.13 en el modelo DEA. Esto significa que el costo

tiene una baja importancia relativa en la determinación de la eficiencia técnica de esta empresa en comparación con otros inputs y outputs analizados.

$\text{Trab } \{I\}\{V\} = 0.87$: Indica que el input "Trab" (Número de trabajadores por cada 1000 conexiones de agua) ha sido ponderado con un peso virtual de 0.87 en el modelo DEA. Esto sugiere que el número de trabajadores tiene una mayor importancia relativa en la determinación de la eficiencia técnica de esta empresa en comparación con otros inputs y outputs analizados.

Outputs

$\text{Cone } \{O\}\{V\} = 1.00$: Este valor indica que el output "Cone" (Número de conexiones activas de agua potable) tiene un peso virtual de 1.00 en el modelo DEA. Es decir, el porcentaje de conexiones es el output más relevante en la determinación de la eficiencia técnica de esta empresa en comparación con otros outputs e inputs analizados.

$\text{Volu } \{O\}\{V\} = 0.00$: Esto significa que el output "Volu" (Volumen de agua facturado por la empresa) no tiene relevancia en la determinación de la eficiencia técnica de esta empresa, ya que su peso virtual es 0.00 en el modelo DEA.

$\text{Cont } \{O\}\{V\} = 0.00$: De manera similar al output anterior, el resultado de 0.00 indica que el output "Cont" (Continuidad del servicio de agua ofrecido) no tiene relevancia en la determinación de la eficiencia técnica de esta empresa.

$\text{Pres } \{O\}\{V\} = 0.00$: Indica que el output "Pres" (Presión del agua en las tuberías) tampoco tiene relevancia en la determinación de la eficiencia técnica de esta empresa, ya que su peso virtual es 0.00 en el modelo DEA.

Benchmarks

Para el caso de la "EPS MUNICIPAL MANTARO S.A." el valor del Benchmark es "18". Esto significa que esta empresa se ha comparado con otras empresas similares y ha sido clasificada en el puesto número 18 en términos de eficiencia técnica. Al obtener una puntuación de 100.00%, "EPS MUNICIPAL MANTARO S.A." ha alcanzado el máximo nivel de eficiencia técnica entre todas las empresas analizadas, y por lo tanto, se encuentra en el primer lugar de la clasificación, junto con otras 3 EP que también lograron el 100.00%.

Slacks (holguras)

No existen valores slacks ni para inputs ni outputs en esta DMU eficiente. Esto significa que esta empresa ha utilizado sus recursos de manera óptima y ha alcanzado su máxima eficiencia técnica en relación con sus inputs y outputs específicos. No hay margen de mejora en la utilización de sus recursos ni en la producción de los outputs analizados. Es decir, ha logrado el mejor rendimiento posible con la cantidad de recursos que tiene y la cantidad de outputs que produce.

Resumidamente, la DMU "EPS MUNICIPAL MANTARO S.A." ha demostrado ser completamente eficiente en el uso de sus recursos y en la producción de sus outputs, alcanzando el máximo nivel de eficiencia técnica posible entre todas las empresas analizadas en el estudio. Sus pesos virtuales indican qué inputs y outputs tienen mayor o menor relevancia en la determinación de su eficiencia, y los valores de Benchmarks y la ausencia de Slacks muestran su posición de liderazgo en términos de eficiencia comparada con las demás empresas del análisis.

3.1.3. Ranking de EP de acuerdo al score de eficiencia técnica

En la Tabla 5, se presenta un ranking de las EP de acuerdo con su eficiencia técnica calculada a partir de los scores de eficiencia ($1/\phi$) obtenidos con el programa Efficiency Measurement System (EMS). Las Empresas están ordenadas en orden descendente, lo que significa que las que se encuentran en la parte superior de la lista son más eficientes que las que están en la parte inferior.

Las primeras cuatro EP de la lista, EPS EMAQ S.R.L., EMAPA - Y S.R.L., SEDAPAR S.A. y EPS MUNICIPAL MANTARO S.A., han alcanzado el nivel máximo de eficiencia técnica, ya que su score es igual a 1. Esto indica que estas Empresas están utilizando sus recursos de manera óptima y han logrado producir la cantidad máxima de outputs con la mínima cantidad de inputs.

Además, se ha calculado la super-eficiencia para estas cuatro Empresas eficientes, que es un indicador que mide su desempeño en relación con el Benchmark más eficiente. Las Empresas con una super-eficiencia mayor que 1.00 están por encima del Benchmark más eficiente y, por lo tanto, están logrando un rendimiento superior al de las demás Empresas. En este caso, EPS

EMAQ S.R.L. obtiene una super-eficiencia de 2.3319, lo que significa que está produciendo outputs más eficientemente que la Empresa más eficiente en el conjunto de datos.

Por otro lado, las Empresas que aparecen más abajo en la lista tienen puntajes de eficiencia técnica por debajo de 1.00, lo que indica que tienen margen de mejora en la utilización de sus recursos y en la producción de sus outputs en comparación con las Empresas más eficientes.

Tabla 5. Ranking de eficiencia técnica de las EP en el año 2021

DMU	Eficiencia (1/φ)	Super-eficiencia	Ranking
EPS EMAQ S.R.L.	1	2.3319	1
EMAPA - Y S.R.L.	1	2.2064	2
SEDAPAR S.A.	1	1.2423	3
EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	1	1.025	4
EPS EMPSSAPAL S.A.	0.964	---	5
EPS TACNA S.A.	0.9561	---	6
EPS NOR PUNO S.A.	0.9384	---	7
EPS SELVA CENTRAL S.A.	0.9353	---	8
EPS SEDAM HUANCAYO S.A.	0.9256	---	9
EPS SEDA JULIACA S.A.	0.9017	---	10
EPS EMSAPA CALCA S.A.	0.8521	---	11
EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L.	0.844	---	12
EPS GRAU S.A.	0.8194	---	13
SEDA AYACUCHO S.A.	0.8144	---	14
EMSA PUNO S.A.	0.7787	---	15
SEDALIB S.A.	0.7526	---	16
EPS SEDACUSCO S.A.	0.7005	---	17
EPS CHAVIN S.A.	0.6793	---	18
EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C.	0.6792	---	19
EPS MOQUEGUA S.A.	0.6551	---	20
SEDA CHIMBOTE S.A.	0.6393	---	21
EPS RIOJA S.A.	0.6164	---	22
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	0.5895	---	23
EPS EMSAP CHANKA S.A.	0.5495	---	24
EMAPA PASCO S.A.	0.4835	---	25
EPS SEDACAJ S.A.	0.4615	---	26
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.	0.4287	---	27
EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	0.377	---	28
EPS EMAPAT S.A.	0.3714	---	29
EMAPA HUANCAVELICA S.A.	0.2686	---	30

En conclusión, la Tabla 5 proporciona una visión general del nivel de eficiencia técnica de las EP no administradas por OTASS en el Perú. Las Empresas con puntajes más altos son consideradas más eficientes en términos de la utilización de sus recursos y producción de outputs, mientras que las que tienen puntajes más bajos tienen áreas de mejora para aumentar su eficiencia. Además, la super-eficiencia brinda información adicional sobre qué Empresas están superando el Benchmark más eficiente y destacando en términos de rendimiento.

3.1.4. Cambios en la eficiencia técnica en el quinquenio 2017-2021

En la Tabla 6, se muestra la evolución de la eficiencia técnica de las EP no administradas por OTASS en el periodo de cinco años comprendido entre 2017 y 2021. Cada fila corresponde a una DMU, que representa una Empresa que presta servicios de agua potable. Los datos están ordenados en orden decreciente según el promedio de eficiencia técnica alcanzado por cada Empresa durante el quinquenio.

Tabla 6. Evolución de la eficiencia técnica de las EP en el quinquenio 2017-2021

DMU	2017	2018	2019	2020	2021	Promedio
EPS EMAQ S.R.L.	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	97.48%	92.83%	92.08%	82.60%	100.00%	93.00%
EPS SELVA CENTRAL S.A.	78.18%	100.00%	83.82%	100.00%	93.53%	91.11%
SEDAPAR S.A.	79.20%	100.00%	76.11%	100.00%	100.00%	91.06%
EPS EMPSSAPAL S.A.	79.28%	95.99%	87.74%	90.55%	96.40%	89.99%
EPS EMSAPA CALCA S.A.	100.00%	83.52%	78.88%	100.00%	85.21%	89.52%
EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L.	69.92%	83.47%	85.67%	100.00%	84.40%	84.69%
EMAPA - Y S.R.L.	100.00%	68.98%	76.50%	73.39%	100.00%	83.77%
EPS SEDAM HUANCAYO S.A.	64.17%	77.71%	80.35%	76.04%	92.56%	78.17%
EPS SEDA JIULIACA S.A.	18.94%	100.00%	100.00%	78.37%	90.17%	77.50%
EPS TACNA S.A.	71.44%	85.34%	68.24%	65.88%	95.61%	77.30%
EPS SEDACUSCO S.A.	100.00%	74.15%	64.68%	61.40%	70.05%	74.06%
SEDA AYACUCHO S.A.	72.55%	74.71%	68.13%	69.87%	81.44%	73.34%
EMSA PUNO S.A.	44.03%	70.96%	100.00%	60.00%	77.87%	70.57%
EPS RIOJA S.A.	42.03%	52.38%	92.70%	100.00%	61.64%	69.75%
EPS MOQUEGUA S.A.	84.08%	71.45%	60.56%	66.61%	65.51%	69.64%
EPS NOR PUNO S.A.	57.69%	66.24%	72.67%	57.54%	93.84%	69.60%
EPS GRAU S.A.	73.46%	63.41%	68.43%	54.10%	81.94%	68.27%
EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C.	75.53%	64.07%	63.76%	69.29%	67.92%	68.11%
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.	40.70%	84.83%	58.06%	100.00%	42.87%	65.29%
EPS CHAVIN S.A.	61.11%	62.53%	66.12%	64.91%	67.93%	64.52%
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	77.60%	69.62%	54.89%	60.40%	58.95%	64.29%
EMAPA HUANCABELICA S.A.	68.20%	79.16%	100.00%	46.94%	26.86%	64.23%
SEDALIB S.A.	52.57%	57.74%	54.12%	34.05%	75.26%	54.75%
EMAPA PASCO S.A.	57.40%	65.11%	62.43%	36.84%	48.35%	54.03%
EPS EMSAP CHANKA S.A.	48.87%	49.20%	52.58%	53.68%	54.95%	51.86%
SEDA CHIMBOTE S.A.	43.00%	53.24%	48.23%	39.90%	63.93%	49.66%
EPS SEDACAJ S.A.	44.16%	54.01%	46.23%	39.91%	46.15%	46.09%
EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	58.96%	40.69%	58.83%	29.07%	37.70%	45.05%
EPS EMAPAT S.A.	30.93%	34.81%	32.79%	35.26%	37.14%	34.19%

Se puede observar que la Empresa EPS EMAQ S.R.L. mantuvo una eficiencia técnica del 100% durante todos los años, lo que indica que ha logrado utilizar sus recursos de manera óptima y producir la cantidad máxima de outputs con la mínima cantidad de inputs a lo largo de todo el periodo.

Por otro lado, la Empresa EPS MUNICIPAL MANTARO S.A. muestra una variación en su eficiencia técnica a lo largo de los años. Comenzó con una eficiencia del 97.48% en 2017, disminuyó en 2018 y 2019, alcanzando un mínimo de 82.60% en 2020, para luego recuperarse y llegar al 100% en 2021. Esto sugiere que la Empresa enfrentó desafíos en la utilización de sus recursos en ciertos años, pero logró mejorar su eficiencia para finalizar el periodo con un rendimiento óptimo.

Otras Empresas que también destacan en términos de eficiencia técnica son EPS SELVA CENTRAL S.A. y SEDAPAR S.A., que han mantenido niveles de eficiencia consistentemente altos a lo largo de los años, con promedios del 91.11% y 91.06%, respectivamente.

En contraste, hay Empresas que han experimentado variaciones significativas en su eficiencia técnica. Por ejemplo, EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L. muestra un aumento en su eficiencia desde el 69.92% en 2017 hasta el 100% en 2020, y luego baja ligeramente al 84.40% en 2021. EPS TACNA S.A. también ha tenido fluctuaciones en su eficiencia a lo largo de los años.

Es importante destacar que algunas Empresas enfrentan desafíos significativos en términos de eficiencia técnica. Por ejemplo, EMAPA HUANCAVELICA S.A. comienza con una eficiencia del 68.20% en 2017, se incrementa hasta 100% en 2020, pero disminuye drásticamente hasta 26.86% al llegar el año 2021. Esto sugiere que esta Empresa ha tenido dificultades para optimizar el uso de sus recursos y mejorar su rendimiento.

Resumidamente, la Tabla 6 proporciona una visión detallada de cómo ha evolucionado la eficiencia técnica de diferentes Empresas durante el quinquenio 2017-2021. Muestra cómo algunas EP han logrado mantener niveles de eficiencia consistentemente altos, mientras que otras han enfrentado desafíos y variaciones en su rendimiento. El análisis de estos datos puede ser útil para identificar áreas de mejora y tomar decisiones estratégicas para aumentar la eficiencia en la prestación de servicios de agua potable.

3.2. Brechas a optimizar de las EP no administradas por OTASS para incrementar la eficiencia técnica

La Tabla 7 presenta los resultados de proyección de mejora para las 30 EP no administradas por OTASS utilizando el modelo de eficiencia técnica para el año 2021. Para cada DMU, se muestran los valores observados de costos y outputs, así como los valores objetivo, que representan el nivel de eficiencia máximo que podrían alcanzar sin cambiar sus inputs. La diferencia entre los valores objetivo y observados indica el margen de mejora potencial. Los resultados muestran que, en general, todas las empresas tienen espacio para mejorar su eficiencia técnica.

En cuanto a los inputs, se observa que algunas empresas podrían reducir sus costos (proyección de mejora negativa) para lograr mayor eficiencia. Por otro lado, en el caso de los outputs, las proyecciones de mejora son positivas, lo que indica que las empresas podrían aumentar la producción de estos sin incurrir en un aumento significativo de costos.

Al analizar las proyecciones de mejora en porcentaje, se destacan algunos casos donde el potencial de mejora es significativo, llegando incluso a superar el 1000% en algunos outputs. Esto sugiere que ciertas empresas podrían mejorar drásticamente su producción sin requerir grandes incrementos en sus inputs.

En resumen, la Tabla 7 revela que la mayoría de las empresas tienen oportunidades de mejorar su eficiencia técnica, tanto reduciendo costos como aumentando su producción de outputs. Estos hallazgos podrían ser de gran utilidad para las empresas y las autoridades encargadas de la regulación, ya que permiten identificar áreas específicas donde se pueden implementar medidas para mejorar el desempeño y la competitividad del sector.

Tabla 7. Proyección de mejora de la EP no administradas por la OTASS

N°	DMU	Inputs		Outputs			
		Costo	Trabajadores	Conexiones	Volumen	Continuidad	Presión
1	EMSA PUNO S.A.						
	Valores observados	1.78	2.77	88.12	105.41	9.59	21.58
	Valores objetivos	1.78	2.77	88.12	137.39	22.05	28.26
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	31.98	12.46	6.68
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	30.3%	129.9%	31.0%
2	EMAPA PASCO S.A.						
	Valores observados	1.73	4.96	85.03	69.69	1.40	16.07
	Valores objetivos	1.73	4.96	85.03	165.59	21.67	22.19
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	95.90	20.27	6.12
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	137.6%	1444.6%	38.1%
3	EPS SEDACAJ S.A.						
	Valores observados	2.86	4.83	89.01	111.54	17.57	26.37

	Valores objetivos	2.86	4.83	89.01	143.80	22.33	27.78
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	32.26	4.76	1.41
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	28.9%	27.1%	5.3%
4	EPS TACNA S.A.						
	Valores observados	1.80	2.19	85.54	174.83	18.71	17.91
	Valores objetivos	1.17	2.19	85.54	174.83	21.48	31.02
	Diferencia	-0.63	0.00	0.00	0.00	2.77	13.11
	Proyección de mejora (%)	-35.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.8%	73.2%
5	SEDA CHIMBOTE S.A.						
	Valores observados	1.50	4.09	93.72	129.83	12.04	18.59
	Valores objetivos	1.50	4.09	93.72	179.96	23.86	24.85
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	50.13	11.82	6.26
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	38.6%	98.2%	33.7%
6	SEDA AYACUCHO S.A.						
	Valores observados	1.32	3.23	95.83	152.78	21.20	28.87
	Valores objetivos	1.32	3.23	95.83	209.58	24.39	28.87
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	56.80	3.19	0.00
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	37.2%	15.0%	0.0%
7	EPS EMAPAT S.A.						
	Valores observados	3.09	6.98	96.44	151.61	24.00	20.51
	Valores objetivos	3.09	6.98	96.44	174.46	24.42	27.22
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	22.85	0.42	6.71
	Proyección de mejora	0.0%	0.0%	0.0%	15.1%	1.8%	32.7%
8	EPS SELVA CENTRAL S.A.						
	Valores observados	0.42	3.27	90.13	256.06	18.42	18.82
	Valores objetivos	0.42	3.27	90.13	491.99	23.97	40.59
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	235.93	5.55	21.77
	Proyección de mejora	0.0%	0.0%	0.0%	92.1%	30.1%	115.7%
9	EMAPA HUANCAMELICA S.A.						
	Valores observados	1.31	94.20	94.20	199.04	22.90	35.49
	Valores objetivos	1.31	46.16	94.20	444.40	24.19	35.49
	Diferencia	0.00	-48.04	0.00	245.36	1.29	0.00
	Proyección de mejora	0.0%	-51.0%	0.0%	123.3%	5.6%	0.0%
10	EPS MOQUEGUA S.A.						
	Valores observados	2.06	3.69	92.86	212.15	23.86	31.50
	Valores objetivos	2.06	3.69	94.46	212.15	23.86	33.33
	Diferencia	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	1.83
	Proyección de mejora	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	5.8%
11	EMAPA - Y S.R.L.						
	Valores observados	0.15	75.78	75.78	177.03	17.23	10.62
	Valores objetivos	0.15	75.78	75.78	177.03	17.23	10.62
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Proyección de mejora	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
12	EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.						
	Valores observados	2.34	6.43	86.62	122.82	13.92	15.33
	Valores objetivos	2.34	6.43	86.62	166.66	22.05	22.92
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	43.84	8.13	7.59
	Proyección de mejora	0.0%	0.0%	0.0%	35.7%	58.4%	49.5%
13	SEDALIB S.A.						
	Valores observados	2.09	3.03	94.90	97.42	10.64	10.09
	Valores objetivos	2.09	3.03	94.90	142.68	23.69	31.25
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	45.26	13.05	21.16
	Proyección de mejora	0.0%	0.0%	0.0%	46.5%	122.7%	209.6%
14	SEDAPAR S.A.						
	Valores observados	1.70	2.15	93.68	130.77	23.26	32.40
	Valores objetivos	1.70	2.15	93.68	130.77	23.26	32.40
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Proyección de mejora	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
15	EPS SEDACUSCO S.A.						
	Valores observados	2.73	3.11	94.92	85.04	21.37	31.99
	Valores objetivos	2.21	3.11	94.92	132.50	23.57	32.82
	Diferencia	-0.52	0.00	0.00	47.46	2.20	0.83

	Proyección de mejora (%)	-19.0%	0.0%	0.0%	55.8%	10.3%	2.6%
16	EPS GRAU S.A.						
	Valores observados	1.67	2.60	86.81	127.89	12.83	7.77
	Valores objetivos	1.67	2.60	86.81	135.17	21.72	27.87
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	7.28	8.89	20.10
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	5.7%	69.3%	258.7%
17	EPS CHAVIN S.A.						
	Valores observados	0.75	4.39	94.76	156.62	23.96	25.54
	Valores objetivos	0.75	4.39	94.76	370.07	24.82	32.77
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	213.45	0.86	7.23
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	136.3%	3.6%	28.3%
18	EPS EMAQ S.R.L.						
	Valores observados	0.38	2.87	87.89	480.11	23.37	39.62
	Valores objetivos	0.38	2.87	87.89	480.11	23.37	39.62
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
19	EPS EMPSSAPAL S.A.						
	Valores observados	2.34	2.17	85.99	101.70	22.57	22.39
	Valores objetivos	0.91	2.17	90.88	126.87	22.57	31.43
	Diferencia	-1.43	0.00	4.89	25.17	0.00	9.04
	Proyección de mejora (%)	-61.0%	0.0%	5.7%	24.7%	0.0%	40.4%
20	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.						
	Valores observados	0.71	6.55	97.00	146.91	21.24	22.03
	Valores objetivos	0.71	6.55	97.00	527.65	25.77	43.50
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	380.74	4.53	21.47
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	259.2%	21.3%	97.4%
21	EPS NOR PUNO S.A.						
	Valores observados	1.37	2.37	88.33	113.63	11.49	13.81
	Valores objetivos	1.37	2.37	88.33	144.29	22.18	27.32
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	30.66	10.69	13.51
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	27.0%	93.0%	97.8%
22	EPS SEDAJULIACA S.A.						
	Valores observados	1.55	2.35	87.02	164.24	7.74	3.78
	Valores objetivos	1.55	2.35	87.02	164.24	21.82	30.67
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	0.00	14.08	26.89
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	182.0%	712.2%
23	EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.						
	Valores observados	0.57	2.59	85.74	185.26	22.07	19.56
	Valores objetivos	0.57	2.59	85.74	185.26	22.07	19.56
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
24	EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C.						
	Valores observados	1.23	3.99	90.80	155.45	24.00	37.15
	Valores objetivos	1.23	3.99	92.45	361.58	24.00	37.15
	Diferencia	0.00	0.00	1.65	206.13	0.00	0.00
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	1.8%	132.6%	0.0%	0.0%
25	EPS EMSAP CHANKA S.A.						
	Valores observados	1.26	5.12	93.85	145.74	17.54	27.54
	Valores objetivos	1.26	5.12	93.85	266.88	24.25	27.54
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	121.14	6.71	0.00
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	83.1%	38.3%	0.0%
26	EPS SEDAM HUANCAYO S.A.						
	Valores observados	0.83	2.81	89.68	178.75	17.54	15.45
	Valores objetivos	0.83	2.81	89.68	182.18	22.94	22.24
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	3.43	5.40	6.79
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%	30.8%	43.9%
27	EPS EMSAPA CALCA S.A.						
	Valores observados	0.45	4.79	88.85	217.27	17.08	17.56
	Valores objetivos	0.45	4.79	88.85	481.57	23.58	39.68
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	264.30	6.50	22.12

	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	121.6%	38.0%	126.0%
28	EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.						
	Valores observados	0.68	86.98	86.98	206.08	9.26	6.57
	Valores objetivos	0.68	86.98	86.98	363.79	21.76	28.14
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	157.71	12.50	21.57
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	76.5%	135.0%	328.1%
29	EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L.						
	Valores observados	0.92	3.25	85.52	107.82	24.00	35.13
	Valores objetivos	0.92	3.25	92.44	346.79	24.00	35.13
	Diferencia	0.00	0.00	6.92	238.97	0.00	0.00
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	8.1%	221.6%	0.0%	0.0%
30	EPS RIOJA S.A.						
	Valores observados	1.21	4.21	89.26	132.01	20.00	18.21
	Valores objetivos	1.21	4.21	89.26	182.28	22.85	21.99
	Diferencia	0.00	0.00	0.00	50.27	2.85	3.78
	Proyección de mejora (%)	0.0%	0.0%	0.0%	38.1%	14.3%	20.8%

IV. DISCUSIÓN

En este estudio, se empleó el modelo de Análisis Envolvente de Datos para estimar la eficiencia técnica de las 30 empresas que ofrecen servicios de agua y saneamiento en el Perú, no administradas por OTASS. Los resultados proporcionan un panorama técnico del desempeño de estas empresas durante el quinquenio 2017-2021, y específicamente se analizan las oportunidades de mejora con base en el último año con reportes oficiales completos, 2021. Los hallazgos revelaron una variabilidad significativa en la eficiencia entre las empresas, lo que está en línea con investigaciones relacionadas para el caso peruano (Conislla, 2013). Esta heterogeneidad sugiere que existen oportunidades para mejorar la gestión de recursos en algunas empresas para alcanzar niveles óptimos de eficiencia.

Al analizar las características de las empresas eficientes e ineficientes, se observó que son muy susceptibles a cambios recursos disponibles, como costos y trabajadores. Sin embargo, existen otras variables que podrían afectar los niveles de eficiencia como la tecnología, inversión, geografía, entre otros, que podrían ser estudiados en posteriores investigaciones. Los resultados sugieren estudiar el nivel tecnológico y posibles cambios de mejora, y una gestión adecuada de recursos son factores clave para mejorar la eficiencia en el sector de agua y saneamiento (Li et al., 2020).

Para elaborar un ranking de empresas basado en sus scores de eficiencia técnica y super-eficiencia, se aplicaron técnicas de clasificación que permitieron identificar a las empresas líderes en términos de eficiencia. Este ranking puede ser una herramienta útil para guiar las decisiones de política y gestión en el sector de agua y saneamiento (Chen et al., 2022). Asimismo, proporciona a las empresas ineficientes un referente para mejorar su desempeño, lo que puede conducir a una mayor competitividad en el mercado (Wang et al., 2019).

El análisis de los cambios en la eficiencia técnica durante el período 2017-2021 indica que algunas empresas experimentaron mejoras significativas en su eficiencia, mientras que otras mantuvieron una eficiencia relativamente estable. Estos resultados sugieren que algunas empresas han adoptado medidas efectivas para aumentar su eficiencia, mientras que otras podrían beneficiarse de la implementación de prácticas exitosas de sus pares. La mejora continua en la eficiencia es un objetivo deseable para todas las empresas y debe ser una prioridad en sus estrategias de gestión (García et al., 2020). También, el estudio de la eficiencia

brinda datos útiles para los tomadores de decisión en las EP y en las empresas relacionadas con la vigilancia del servicio como SUNASS y OTASS.

Por último, el análisis de los porcentajes de mejora para inputs y outputs de las empresas proporcionó información valiosa sobre las áreas específicas donde se podrían lograr aumentos significativos en la eficiencia técnica. La identificación de insumos y outputs que presentan margen de mejora ofrece una guía para la asignación óptima de recursos y la optimización de los procesos operativos (Shin et al., 2017). Estos resultados destacan la importancia de la gestión eficiente de recursos para mejorar el rendimiento.

Este estudio proporciona un análisis exhaustivo de la eficiencia técnica de las empresas de agua y saneamiento en el Perú. Los resultados obtenidos permiten identificar áreas de mejora y brindan recomendaciones importantes para aumentar la eficiencia para las EP no administradas por OTASS. El ranking desarrollado en este estudio puede servir como un marco de referencia para la toma de decisiones y contribuir al desarrollo sostenible del sector de agua y saneamiento en el país.

V. CONCLUSIONES

En este estudio, se ha evaluado en forma exhaustiva la eficiencia técnica de las empresas que prestan servicios de agua y saneamiento en el Perú no administradas por OTASS utilizando el modelo Análisis Envoltante de Datos. Los objetivos de investigación han sido abordados, lo que ha permitido obtener una visión integral del desempeño de las EP en el período 2017-2021, con énfasis en el año 2021 que es el último con datos completos reportados oficialmente.

Se logró estimar la eficiencia técnica de las EP en el Perú. Los resultados revelaron variaciones significativas en la eficiencia entre las EP evaluadas. Algunas demostraron ser altamente eficientes en la prestación de servicios, mientras que otras operaron por debajo de su capacidad óptima. Estos hallazgos resaltan la relevancia de evaluar y mejorar continuamente la eficiencia de las empresas de este sector para garantizar una provisión sostenible y adecuada de servicios de agua y saneamiento en el país.

En segundo lugar, a través del análisis de los factores que contribuyen a la eficiencia, se pudo interpretar las características distintivas de las empresas eficientes e ineficientes.

El tercer lugar se elaboró un ranking de EP con base en sus scores de eficiencia técnica y super-eficiencia, lo cual proporcionó información valiosa para la toma de decisiones y la gestión en el sector de agua y saneamiento. El ranking identifica a las empresas líderes en términos de eficiencia y brinda una referencia importante para aquellas empresas que buscan mejorar su desempeño y competitividad. Esta herramienta puede ser utilizada por reguladores, tomadores de decisión, autoridades gubernamentales y directivos de las EP para promover la eficiencia y la excelencia en la prestación de servicios de agua y saneamiento.

En cuarto lugar, se analizaron los cambios en la eficiencia técnica durante el quinquenio 2017-2021. Los resultados evidenciaron que algunas empresas experimentaron mejoras significativas en su eficiencia, mientras que otras mantuvieron niveles relativamente estables de eficiencia. Estos hallazgos resaltan la importancia de adoptar estrategias efectivas para aumentar la eficiencia en el sector y fomentar la mejora continua en la prestación de servicios de agua y saneamiento.

Por último, el análisis de los porcentajes de mejora para inputs y outputs de las empresas permitió identificar áreas específicas donde se pueden lograr aumentos significativos en la

eficiencia técnica. Este conocimiento es fundamental para la optimizar los procesos operativos y la asignación eficiente de recursos en las empresas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bandeira, D. L. (2000). *Análise da eficiência relativa de departamentos acadêmicos - O caso da UFRGS* [Universidade Federal do Rio Grande do Sul].
<http://hdl.handle.net/10183/3752>
- Berg, S., & Lin, C. (2008). Consistency in performance rankings: The Peru water sector. *Applied Economics*, 40(6), 793–805. <https://doi.org/10.1080/00036840600749409>
- Coll, V., & Blasco, O. M. (2006). *Evaluación de la Eficiencia mediante el Analisis Envolvente de Datos. Introducción a los modelos básicos*. Universidad de Valencia.
<http://www.eumed.net/libros-gratis/2006c/197/>
- Corton, M. L., & Berg, S. V. (2009). Benchmarking Central American water utilities. *Utilities Policy*, 17(3–4), 267–275. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2008.11.001>
- Covelli, M. P., Ferro, G., & Romero, C. A. (2010). *Estimación de frontera de producción para el sector de agua y saneamiento en América Latina*. 1–23. <https://hal.science/hal-00468068/>
- Cubbin, J., & Tzanidakis, G. (1998). Regression versus data envelopment analysis for efficiency measurement: an application to the England and Wales regulated water industry. *Utilities Policy*, 7(2), 75–85. [https://doi.org/10.1016/S0957-1787\(98\)00007-1](https://doi.org/10.1016/S0957-1787(98)00007-1)
- FAO, (Food and Agriculture Organization of the United Nations), & UN Water, (United Nations Water). (2021). *Progress on change in water-use efficiency. Global status and acceleration needs for SDG indicator 6.4.1*. <https://doi.org/10.4060/cb6413en>
- Ferro, G., & Mercadier, A. C. (2016). Technical efficiency in Chile’s water and sanitation providers. *Utilities Policy*, 43, 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.04.016>
- Hellegers, P., & van Halsema, G. (2021). SDG indicator 6.4.1 “change in water use efficiency over time”: Methodological flaws and suggestions for improvement. *Science of the Total Environment*, 801, 149431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149431>
- Liu, J., & Fukushige, M. (2020). Efficiency and pricing of water supply and sewerage services in Japan. *Utilities Policy*, 62(August 2019), 100984.
<https://doi.org/10.1016/j.jup.2019.100984>
- Ñaupas, H., Valdivia, M. R., Palacios, J. J., & Romero, H. E. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la tesis* (5th ed., Vol. 53, Issue

9). <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>

- Nogueira Vilanova, M. R., Magalhães Filho, P., & Perrella Balestieri, J. A. (2014). Performance measurement and indicators for water supply management: Review and international cases. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.043>
- Olmstead, S. M. (2014). Climate change adaptation and water resource management: A review of the literature. *Energy Economics*, 46, 500–509. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.09.005>
- Peña, C. R. (2008). Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). *Revista de Administração Contemporânea*, 12(1), 83–106. <https://doi.org/10.1590/s1415-65552008000100005>
- Sarra, A., Mazzocchitti, M., & Rapposelli, A. (2017). Evaluating joint environmental and cost performance in municipal waste management systems through data envelopment analysis: Scale effects and policy implications. *Ecological Indicators*, 73, 756–771. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.10.035>
- See, K. F. (2015). Exploring and analysing sources of technical efficiency in water supply services: Some evidence from Southeast Asian public water utilities. *Water Resources and Economics*, 9, 23–44. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2014.11.002>
- Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A., & Barboy, A. (1994). Academic departments efficiency via DEA. *Computers and Operations Research*, 21(5), 543–556. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(94\)90103-1](https://doi.org/10.1016/0305-0548(94)90103-1)
- Stapenhurst, T. (2009). The Benchmarking Book: A How-to-Guide to best practice for managers and practitioners. In *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar* (1st ed., Vol. 6, Issue August). Elsevier Ltd.
- Tourinho, M., Santos, P. R., Pinto, F. T., & Camanho, A. S. (2022). Performance assessment of water services in Brazilian municipalities: An integrated view of efficiency and access. *Socio-Economic Planning Sciences*, 79(May 2021), 101139. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101139>
- Urrunaga, R., & Jara, O. (2013). Fronteras de eficiencia y cambio tecnológico en las empresas proveedoras de agua en Perú. *Atlantic Review of Economics*, 2, 1–38.

<https://search-proquest-com.up.idm.oclc.org/docview/1495405639/fulltextPDF/C05D11D5E9784265PQ/1?accountid=41232>

Villarreal, F., & Tohmé, F. (2017). Análisis envolvente de datos. Un caso de estudio para una universidad argentina. *Estudios Gerenciales*, 33(144), 302–308.
<https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.06.004>

VII. ANEXOS

Tabla 8. Datos de las variables incluidas en el modelo DEA para el año 2021

EP no administradas por OTASS	Costos	Trabajadores	Conexiones	Volumen	Continuidad	Presión
EMSA PUNO S.A.	1.7763	2.7748	88.1218	105.4147	9.5887	21.5827
EMAPA PASCO S.A.	1.7275	4.9567	85.0327	69.6898	1.4031	16.0691
EPS SEDACAJ S.A.	2.8633	4.8326	89.0107	111.5366	17.5745	26.3679
EPS TACNA S.A.	1.7980	2.1941	85.5405	174.8280	18.7073	17.9083
SEDA CHIMBOTE S.A.	1.5004	4.0948	93.7217	129.8340	12.0353	18.5947
SEDA AYACUCHO S.A.	1.3214	3.2264	95.8256	152.7823	21.1971	28.8675
EPS EMAPAT S.A.	3.0946	6.9807	96.4381	151.6144	24.0000	20.5148
EPS SELVA CENTRAL S.A.	0.4150	3.2704	90.1342	256.0554	18.4153	18.8227
EMAPA HUANCVELICA S.A.	1.3147	94.2013	94.2013	199.0356	22.8976	35.4933
EPS MOQUEGUA S.A.	2.0615	3.6902	92.8636	212.1481	23.8638	31.4962
EMAPA - Y S.R.L.	0.1480	75.7755	75.7755	177.0313	17.2304	10.6220
EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	2.3386	6.4263	86.6239	122.8206	13.9202	15.3332
SEDALIB S.A.	2.0858	3.0260	94.9039	97.4235	10.6361	10.0931
SEDAPAR S.A.	1.7020	2.1529	93.6810	130.7735	23.2634	32.3987
EPS SEDACUSCO S.A.	2.7308	3.1137	94.9163	85.0353	21.3711	31.9929
EPS GRAU S.A.	1.6662	2.5958	86.8072	127.8947	12.8335	7.7702
EPS CHAVIN S.A.	0.7514	4.3943	94.7557	156.6200	23.9582	25.5411
EPS EMAQ S.R.L.	0.3788	2.8711	87.8910	480.1061	23.3730	39.6217
EPS EMPSSAPAL S.A.	2.3421	2.1666	85.9948	101.7002	22.5692	22.3885
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	0.7063	6.5494	97.0032	146.9059	21.2381	22.0337
EPS NOR PUNO S.A.	1.3715	2.3742	88.3293	113.6324	11.4891	13.8074
EPS SEDA JULIACA S.A.	1.5533	2.3541	87.0250	164.2440	7.7354	3.7755
EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	0.5653	2.5894	85.7382	185.2597	22.0668	19.5609
EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C.	1.2269	3.9914	90.8025	155.4521	24.0000	37.1485
EPS EMSAP CHANKA S.A.	1.2596	5.1160	93.8474	145.7430	17.5372	27.5379
EPS SEDAM HUANCAYO S.A.	0.8282	2.8078	89.6768	178.7511	17.5429	15.4509
EPS EMSAPA CALCA S.A.	0.4460	4.7876	88.8544	217.2652	17.0836	17.5563
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.	0.6787	86.9773	86.9773	206.0849	9.2618	6.5746
EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L.	0.9203	3.2461	85.5217	107.8221	24.0000	35.1273
EPS RIOJA S.A.	1.2146	4.2112	89.2576	132.0134	20.0000	18.2118

Costo: Costo operativo por volumen producido (S/m³); Trabajadores: Trabajadores por mil conexiones (Trabajadores/1000 conex); Conexiones: Conexiones activas de agua potable (%); Volumen: Volumen facturado unitario (l/habitante/día); Continuidad: Continuidad del servicio (h/día); Presión: Presión (metros de columna de agua).

Los datos se muestran utilizando sólo cuatro decimales.

Fuente: SUNASS (2022).

Tabla 9. Resultados del modelo DEA de las EP no administradas por OTASS para el año 2020

DMU	Score	Cost {I}{V}	Trab {I}{V}	Cone {O}{V}	Volu {O}{V}	Cont {O}{V}	Pres {O}{V}	Benchmarks	{S} Cost {I}	{S} Trab {I}	{S} Cone {O}	{S} Volu {O}	{S} Cont {O}	{S} Pres {O}
EMSA PUNO S.A.	60.00%	0.21	0.79	0.20	0.00	0.00	0.80	14 (0.40) 18 (0.19) 28 (0.41)	0.00	0.00	0.00	119.09	7.65	0.00
EMAPA PASCO S.A.	36.84%	0.67	0.33	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.39) 28 (0.63)	0.00	0.00	0.00	249.25	13.37	2.13
EPS SEDACAJ S.A.	39.91%	0.21	0.79	0.19	0.00	0.00	0.81	14 (0.50) 18 (0.21) 28 (0.31)	0.00	0.00	0.00	106.29	2.47	0.00
EPS TACNA S.A.	65.88%	0.27	0.73	0.00	0.00	0.81	0.19	14 (0.13) 18 (0.01) 28 (1.41)	0.00	0.00	45.57	148.37	0.00	0.00
SEDA CHIMBOTE S.A.	39.90%	0.67	0.33	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.40) 28 (0.69)	0.00	0.00	0.00	202.07	3.08	0.50
SEDA AYACUCHO S.A.	69.87%	0.13	0.87	0.17	0.00	0.00	0.83	14 (0.25) 18 (0.61) 28 (0.22)	0.00	0.00	0.00	206.11	0.33	0.00
EPS EMAPAT S.A.	35.26%	0.20	0.80	0.00	0.00	1.00	0.00	18 (0.31) 30 (0.85)	0.00	0.00	7.96	114.93	0.00	7.83
EPS SELVA CENTRAL S.A.	100.00%	0.70	0.30	1.00	0.00	0.00	0.00		1					
EMAPA HUANCVELICA S.A.	46.94%	0.08	0.92	0.00	0.00	0.00	1.00	14 (0.16) 18 (0.96)	0.00	0.00	4.59	261.89	2.37	0.00
EPS MOQUEGUA S.A.	66.61%	0.18	0.82	0.16	0.00	0.00	0.84	14 (0.64) 18 (0.37) 28 (0.02)	0.00	0.00	0.00	42.48	0.27	0.00
EMAPA - Y S.R.L.	73.39%	0.12	0.88	0.00	0.00	1.00	0.00	18 (0.62) 28 (0.14) 30 (0.09)	0.00	0.00	0.00	161.92	0.00	12.69
EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	29.07%	0.66	0.34	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.41) 28 (0.63)	0.00	0.00	0.00	194.36	3.22	5.59
SEDALIB S.A.	34.05%	0.78	0.22	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.12) 28 (0.99)	0.00	0.00	0.00	173.59	1.53	2.98
SEDAPAR S.A.	100.00%	0.00	1.00	0.00	0.00	0.14	0.86		10					
EPS SEDACUSCO S.A.	61.40%	0.24	0.76	0.17	0.00	0.00	0.83	14 (0.85) 18 (0.09) 28 (0.11)	0.00	0.00	0.00	88.83	1.00	0.00
EPS GRAU S.A.	54.10%	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	28 (1.36)	0.05	0.00	28.01	160.94	0.00	3.69
EPS CHAVIN S.A.	64.91%	0.09	0.91	0.00	0.00	1.00	0.00	18 (1.01) 28 (0.00) 30 (0.07)	0.00	0.00	0.00	328.70	0.00	8.38
EPS EMAQ S.R.L.	100.00%	0.36	0.64	0.00	1.00	0.00	0.00		21					
EPS EMPSSAPAL S.A.	90.55%	0.30	0.70	0.00	0.00	0.99	0.01	18 (0.01) 28 (1.36) 30 (0.46)	0.00	0.00	71.20	260.40	0.00	0.00
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	60.40%	0.75	0.25	0.75	0.00	0.25	0.00	8 (0.56) 18 (0.30) 27 (0.24)	0.00	0.00	0.00	172.79	0.00	2.66
EPS NOR PUNO S.A.	57.54%	0.23	0.77	0.29	0.00	0.00	0.71	14 (0.14) 18 (0.08) 28 (0.90)	0.00	0.00	0.00	126.72	1.31	0.00
EPS SEDA JULIACA S.A.	78.37%	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	28 (1.03)	0.44	0.00	0.00	54.87	1.57	5.47
EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	82.60%	0.10	0.90	0.00	0.00	1.00	0.00	18 (0.87) 30 (0.14)	0.00	0.00	3.61	238.64	0.00	11.33
EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C.	69.29%	0.11	0.89	0.00	0.00	0.00	1.00	14 (0.30) 18 (0.76)	0.00	0.00	3.71	234.21	0.12	0.00
EPS EMSAP CHANKA S.A.	53.68%	0.11	0.89	0.18	0.00	0.00	0.82	14 (0.14) 18 (0.67) 28 (0.25)	0.00	0.00	0.00	256.92	1.49	0.00
EPS SEDAM HUANCAYO S.A.	76.04%	0.18	0.82	0.00	0.00	1.00	0.00	18 (0.40) 28 (0.15) 30 (0.38)	0.00	0.00	0.00	94.92	0.00	5.01
EPS EMSAPA CALCA S.A.	100.00%	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00		1					
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L	100.00%	0.55	0.45	1.00	0.00	0.00	0.00		18					
EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L.	100.00%	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		0					
EPS RIOJA S.A.	100.00%	0.25	0.75	0.00	0.00	1.00	0.00		6					

Tabla 10. Resultados del modelo DEA de las EP no administradas por OTASS para el año 2019

DMU	Score	Cost {I}{V}	Trab {I}{V}	Cone {O}{V}	Volu {O}{V}	Cont {O}{V}	Pres {O}{V}	Benchmarks	{S} Cost {I}	{S} Trab {I}	{S} Cone {O}	{S} Volu {O}	{S} Cont {O}	{S} Pres {O}
EMSA PUNO S.A.	100.00%	0.00	1.00	0.72	0.00	0.00	0.28		1					
EMAPA PASCO S.A.	62.43%	0.30	0.70	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.74) 22 (0.30)	0.00	0.00	0.00	353.50	16.69	11.41
EPS SEDACAJ S.A.	46.23%	0.49	0.51	0.90	0.00	0.10	0.00	9 (0.49) 18 (0.16) 22 (0.37)	0.00	0.00	0.00	114.59	0.00	2.40
EPS TACNA S.A.	68.24%	0.52	0.48	0.90	0.00	0.10	0.00	9 (0.61) 18 (0.05) 22 (0.31)	0.00	0.00	0.00	23.65	0.00	5.53
SEDA CHIMBOTE S.A.	48.23%	0.43	0.57	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.50) 22 (0.58)	0.00	0.00	0.00	218.12	2.78	0.91
SEDA AYACUCHO S.A.	68.13%	0.36	0.64	0.89	0.00	0.11	0.00	9 (0.45) 18 (0.46) 22 (0.15)	0.00	0.00	0.00	184.65	0.00	0.85
EPS EMAPAT S.A.	32.79%	0.30	0.70	0.00	0.00	1.00	0.00	9 (0.55) 18 (0.52)	0.00	0.00	1.87	228.03	0.00	13.60
EPS SELVA CENTRAL S.A.	83.82%	0.17	0.83	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.98) 22 (0.05)	0.00	0.00	0.00	216.85	3.33	11.06
EMAPA HUANCVELICA S.A.	100.00%	0.21	0.79	0.00	0.00	0.25	0.75		19					
EPS MOQUEGUA S.A.	60.56%	0.38	0.62	0.00	0.00	1.00	0.00	9 (0.76) 18 (0.25)	0.00	0.00	0.91	72.98	0.00	3.17
EMAPA - Y S.R.L.	76.50%	0.23	0.77	0.88	0.00	0.12	0.00	9 (0.11) 18 (0.63) 22 (0.09)	0.00	0.00	0.00	188.10	0.00	13.54
EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	58.83%	0.55	0.45	0.93	0.00	0.07	0.00	9 (0.33) 18 (0.06) 22 (0.60)	0.00	0.00	0.00	65.34	0.00	2.37
SEDALIB S.A.	54.12%	0.54	0.46	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.29) 22 (0.80)	0.00	0.00	0.00	187.50	0.39	1.68
SEDAPAR S.A.	76.11%	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	9 (1.01)	0.17	0.00	1.22	59.96	0.00	2.82
EPS SEDACUSCO S.A.	64.68%	0.00	1.00	0.54	0.00	0.46	0.00	1 (0.17) 9 (0.85)	0.26	0.00	0.00	105.35	0.00	0.85
EPS GRAU S.A.	68.43%	0.57	0.43	0.92	0.00	0.08	0.00	9 (0.39) 18 (0.01) 22 (0.59)	0.00	0.00	0.00	52.52	0.00	6.87
EPS CHAVIN S.A.	66.12%	0.18	0.82	0.87	0.00	0.13	0.00	9 (0.11) 18 (0.94) 22 (0.03)	0.00	0.00	0.00	344.89	0.00	8.65
EPS EMAQ S.R.L.	100.00%	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00		24					
EPS EMPSSAPAL S.A.	87.74%	0.29	0.71	0.00	0.00	1.00	0.00	9 (0.49) 18 (0.49)	0.00	0.00	1.65	255.86	0.00	10.92
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	54.89%	0.16	0.84	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (1.07) 22 (0.03)	0.00	0.00	0.00	396.38	2.83	11.44
EPS NOR PUNO S.A.	72.67%	0.53	0.47	0.94	0.00	0.00	0.06	9 (0.44) 18 (0.06) 22 (0.32)	0.00	0.00	0.00	46.24	0.66	0.00
EPS SEDA JULIACA S.A.	100.00%	0.00	1.00	0.43	0.57	0.00	0.00		18					
EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	92.08%	0.21	0.79	0.88	0.00	0.12	0.00	9 (0.18) 18 (0.77) 22 (0.04)	0.00	0.00	0.00	247.55	0.00	11.91
EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C.	63.76%	0.27	0.73	0.00	0.00	1.00	0.00	9 (0.46) 18 (0.56)	0.00	0.00	0.96	206.88	0.00	1.74
EPS EMSAP CHANKA S.A.	52.58%	0.25	0.75	0.92	0.00	0.00	0.08	9 (0.07) 18 (0.78) 22 (0.23)	0.00	0.00	0.00	304.51	2.51	0.00
EPS SEDAM HUANCAYO S.A.	80.35%	0.31	0.69	0.90	0.00	0.10	0.00	9 (0.10) 18 (0.62) 22 (0.31)	0.00	0.00	0.00	213.39	0.00	6.87
EPS EMSAPA CALCA S.A.	78.88%	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.93)	0.00	0.44	0.00	258.78	5.50	14.18
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L.	58.06%	0.23	0.77	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.84) 22 (0.16)	0.00	0.00	0.00	245.10	9.16	19.05
EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L.	85.67%	0.23	0.77	0.00	0.00	1.00	0.00	9 (0.35) 18 (0.72)	0.00	0.00	8.10	314.50	0.00	0.74
EPS RIOJA S.A.	92.70%	0.41	0.59	0.88	0.00	0.12	0.00	9 (0.59) 18 (0.27) 22 (0.12)	0.00	0.00	0.00	144.16	0.00	12.51

Tabla 11. Resultados del modelo DEA de las EP no administradas por OTASS para el año 2018

DMU	Score	Cost {I}{V}	Trab {I}{V}	Cone {O}{V}	Volu {O}{V}	Cont {O}{V}	Pres {O}{V}	Benchmarks			{S} Cost {I}	{S} Trab {I}	{S} Cone {O}	{S} Volu {O}	{S} Cont {O}	{S} Pres {O}
EMSA PUNO S.A.	70.96%	0.08	0.92	0.53	0.00	0.00	0.47	14 (0.46)	18 (0.25)	22 (0.28)	0.00	0.00	0.00	121.24	9.30	0.00
EMAPA PASCO S.A.	65.11%	0.34	0.66	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.60)	22 (0.37)		0.00	0.00	0.00	251.76	14.77	7.57
EPS SEDACAJ S.A.	54.01%	0.08	0.92	0.58	0.00	0.00	0.42	14 (0.29)	18 (0.27)	22 (0.48)	0.00	0.00	0.00	131.31	0.67	0.00
EPS TACNA S.A.	85.34%	0.12	0.88	0.42	0.00	0.58	0.00	14 (0.49)	18 (0.14)	22 (0.34)	0.00	0.00	0.00	11.03	0.00	3.09
SEDA CHIMBOTE S.A.	53.24%	0.35	0.65	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.68)	22 (0.43)		0.00	0.00	0.00	271.69	5.58	4.82
SEDA AYACUCHO S.A.	74.71%	0.04	0.96	0.49	0.00	0.00	0.51	14 (0.09)	18 (0.77)	22 (0.25)	0.00	0.00	0.00	259.19	0.55	0.00
EPS EMAPAT S.A.	34.81%	0.05	0.95	0.36	0.00	0.64	0.00	14 (0.27)	18 (0.76)	22 (0.05)	0.00	0.00	0.00	276.94	0.00	13.61
EPS SELVA CENTRAL S.A.	100.00%	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00				2.00					
EMAPA HUANCVELICA S.A.	79.16%	0.01	0.99	0.00	0.00	0.00	1.00	14 (0.34)	18 (0.92)		0.00	0.00	16.98	293.46	6.09	0.00
EPS MOQUEGUA S.A.	71.45%	0.08	0.92	0.36	0.00	0.64	0.00	14 (0.55)	18 (0.46)	22 (0.02)	0.00	0.00	0.00	88.04	0.00	1.92
EMAPA - Y S.R.L.	68.98%	0.04	0.96	0.37	0.00	0.63	0.00	14 (0.01)	18 (0.73)	22 (0.10)	0.00	0.00	0.00	202.93	0.00	13.46
EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	40.69%	0.39	0.61	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.52)	22 (0.51)		0.00	0.00	0.00	213.57	1.15	4.47
SEDALIB S.A.	57.74%	0.52	0.48	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.27)	22 (0.83)		0.00	0.00	0.00	183.29	0.73	1.89
SEDAPAR S.A.	100.00%	0.00	1.00	0.25	0.00	0.75	0.00				15.00					
EPS SEDACUSCO S.A.	74.15%	0.01	0.99	0.00	0.00	0.00	1.00	14 (0.94)	18 (0.08)		0.00	0.00	1.63	81.19	3.01	0.00
EPS GRAU S.A.	63.41%	0.11	0.89	0.50	0.00	0.50	0.00	14 (0.05)	18 (0.32)	22 (0.69)	0.00	0.00	0.00	146.37	0.00	5.24
EPS CHAVIN S.A.	62.53%	0.18	0.82	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (1.08)	22 (0.04)		0.00	0.00	0.00	378.55	2.04	11.17
EPS EMAQ S.R.L.	100.00%	0.10	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00				26.00					
EPS EMPSSAPAL S.A.	95.99%	0.06	0.94	0.38	0.00	0.62	0.00	14 (0.19)	18 (0.68)	22 (0.21)	0.00	0.00	0.00	297.71	0.00	9.63
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	69.62%	1.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.12	8 (0.98)	18 (0.13)		0.00	0.45	0.00	180.54	0.66	0.00
EPS NOR PUNO S.A.	66.24%	0.06	0.94	0.53	0.00	0.00	0.47	14 (0.16)	18 (0.42)	22 (0.29)	0.00	0.00	0.00	146.48	1.87	0.00
EPS SEDAJULIACA S.A.	100.00%	0.00	1.00	0.96	0.04	0.00	0.00				20					
EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	92.83%	0.21	0.79	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.93)	22 (0.09)		0.00	0.00	0.00	280.28	0.75	12.01
EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C.	64.07%	0.01	0.99	0.00	0.00	0.00	1.00	14 (0.20)	18 (0.85)		0.00	0.00	0.25	284.50	1.05	0.00
EPS EMSAP CHANKA S.A.	49.20%	0.22	0.78	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.98)	22 (0.13)		0.00	0.00	0.00	358.81	10.59	5.07
EPS SEDAM HUANCAYO S.A.	77.71%	0.30	0.70	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.74)	22 (0.31)		0.00	0.00	0.00	243.02	1.36	8.19
EPS EMSAPA CALCA S.A.	83.52%	1.00	0.00	0.67	0.00	0.33	0.00	8 (0.61)	18 (0.29)		0.00	0.19	0.00	58.31	0.00	8.29
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L	84.83%	0.30	0.70	1.00	0.00	0.00	0.00	18 (0.73)	22 (0.30)		0.00	0.00	0.00	193.58	7.58	16.13
EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L.	83.47%	0.05	0.95	0.00	0.00	1.00	0.00	14 (0.42)	18 (0.62)		0.00	0.00	4.42	248.08	0.00	4.95
EPS RIOJA S.A.	52.38%	0.05	0.95	0.38	0.00	0.62	0.00	14 (0.02)	18 (0.79)	22 (0.22)	0.00	0.00	0.00	296.61	0.00	9.04

Tabla 12. Resultados del modelo DEA de las EP no administradas por OTASS para el año 2017

DMU	Score	Cost {I}{V}	Trab {I}{V}	Cone {O}{V}	Volu {O}{V}	Cont {O}{V}	Pres {O}{V}	Benchmarks	{S} Cost {I}	{S} Trab {I}	{S} Cone {O}	{S} Volu {O}	{S} Cont {O}	{S} Pres {O}
EMSA PUNO S.A.	44.03%	0.22	0.78	0.00	0.00	0.00	1.00	15 (0.26) 18 (0.84)	0.00	0.00	16.85	268.19	15.07	0.00
EMAPA PASCO S.A.	57.40%	0.54	0.46	0.99	0.00	0.00	0.01	11 (1.00) 18 (0.03) 27 (0.13)	0.00	0.00	0.00	102.51	19.33	0.00
EPS SEDACAJ S.A.	44.16%	0.39	0.61	0.54	0.00	0.00	0.46	11 (0.88) 15 (0.23) 18 (0.06)	0.00	0.00	0.00	44.80	6.70	0.00
EPS TACNA S.A.	71.44%	0.01	0.99	0.43	0.57	0.00	0.00	11 (0.57) 15 (0.32) 18 (0.15)	0.00	0.00	0.00	0.00	5.43	3.97
SEDA CHIMBOTE S.A.	43.00%	0.29	0.71	0.58	0.00	0.00	0.42	11 (1.12) 15 (0.03) 18 (0.10)	0.00	0.00	0.00	69.48	12.70	0.00
SEDA AYACUCHO S.A.	72.55%	0.24	0.76	0.45	0.00	0.00	0.55	11 (0.29) 15 (0.20) 18 (0.64)	0.00	0.00	0.00	172.54	3.29	0.00
EPS EMAPAT S.A.	30.93%	0.27	0.73	0.54	0.00	0.00	0.46	11 (0.93) 15 (0.06) 18 (0.25)	0.00	0.00	0.00	102.63	0.44	0.00
EPS SELVA CENTRAL S.A.	78.18%	0.25	0.75	0.99	0.00	0.00	0.01	11 (0.03) 18 (0.38) 27 (0.63)	0.00	0.00	0.00	80.41	1.61	0.00
EMAPA HUANCVELICA S.A.	68.20%	0.20	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	15 (0.22) 18 (0.94)	0.00	0.00	7.73	222.01	4.44	0.00
EPS MOQUEGUA S.A.	84.08%	0.31	0.69	0.00	0.00	0.00	1.00	15 (0.48) 18 (0.77)	0.00	0.00	21.45	130.59	5.41	0.00
EMAPA - Y S.R.L.	100.00%	0.21	0.79	0.00	0.00	1.00	0.00	20.00						
EPS AGUAS DE LIMA NORTE S.A.	58.96%	0.17	0.83	1.00	0.00	0.00	0.00	11 (0.89) 15 (0.23)	0.00	0.00	0.00	12.87	7.04	2.96
SEDALIB S.A.	52.57%	0.17	0.83	1.00	0.00	0.00	0.00	11 (0.93) 15 (0.27)	0.00	0.00	0.00	59.90	12.55	8.77
SEDAPAR S.A.	79.20%	0.41	0.59	0.00	0.00	0.41	0.59	11 (0.24) 15 (0.62) 18 (0.27)	0.00	0.00	6.74	55.50	0.00	0.00
EPS SEDACUSCO S.A.	100.00%	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	15.00						
EPS GRAU S.A.	73.46%	0.24	0.76	1.00	0.00	0.00	0.00	11 (0.53) 15 (0.53)	0.00	0.00	0.00	11.09	8.18	12.85
EPS CHAVIN S.A.	61.11%	0.35	0.65	0.98	0.00	0.00	0.02	11 (0.37) 18 (0.67) 27 (0.13)	0.00	0.00	0.00	204.06	1.92	0.00
EPS EMAQ S.R.L.	100.00%	0.87	0.13	0.00	0.00	0.00	1.00	21.00						
EPS EMPSSAPAL S.A.	79.28%	0.50	0.50	0.99	0.00	0.00	0.01	11 (0.93) 18 (0.31) 27 (0.00)	0.00	0.00	0.00	159.97	3.33	0.00
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	77.60%	0.32	0.68	0.98	0.00	0.00	0.02	11 (0.29) 18 (0.61) 27 (0.27)	0.00	0.00	0.00	246.68	3.22	0.00
EPS NOR PUNO S.A.	57.69%	0.29	0.71	0.49	0.00	0.00	0.51	11 (0.51) 15 (0.16) 18 (0.34)	0.00	0.00	0.00	110.47	7.18	0.00
EPS SEDAJULIACA S.A.	18.94%	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	27 (0.95)	0.00	12.79	0.00	125.73	9.77	5.48
EPS MUNICIPAL MANTARO S.A.	97.48%	0.36	0.64	0.99	0.00	0.00	0.01	11 (0.41) 18 (0.42) 27 (0.27)	0.00	0.00	0.00	143.52	0.46	0.00
EPS EMUSAP ABANCAY S.A.C.	75.53%	0.20	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	15 (0.23) 18 (0.91)	0.00	0.00	0.77	209.31	4.18	0.00
EPS EMSAP CHANKA S.A.	48.87%	0.44	0.56	0.99	0.00	0.00	0.01	11 (0.72) 18 (0.22) 27 (0.26)	0.00	0.00	0.00	114.32	13.22	0.00
EPS SEDAM HUANCAYO S.A.	64.17%	0.52	0.48	0.99	0.00	0.00	0.01	11 (1.01) 18 (0.10) 27 (0.17)	0.00	0.00	0.00	47.48	6.16	0.00
EPS EMSAPA CALCA S.A.	100.00%	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	11						
EPS AGUAS DEL ALTIPLANO S.R.L	40.70%	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	27 (0.98)	0.00	31.86	0.00	84.21	4.98	1.68
EMSAPA YAULI LA OROYA S.R.L.	69.92%	0.24	0.76	0.00	0.00	0.43	0.57	11 (0.26) 15 (0.27) 18 (0.59)	0.00	0.00	6.87	187.19	0.00	0.00
EPS RIOJA S.A.	42.03%	0.39	0.61	0.99	0.00	0.00	0.01	11 (0.50) 18 (0.40) 27 (0.20)	0.00	0.00	0.00	140.98	1.94	0.00

Leyenda:

DMU: Decision-making unit (Unidad de toma de decisiones)

{I}: Inputs (entradas)

{O}: Output (salidas)

{V}: Pesos virtuales

{S}: Slack (holguras)

Score: Puntuación de eficiencia

Benchmarks: Puntos de referencia