

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERU

Facultad de Ciencias Sociales



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS ENVOLVENTE DE
DATOS PARA LA COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS
PRESTADORAS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EN EL PERÚ**

Informe profesional para optar por el título de Licenciada en Economía que
presenta:

Yessi Patricia Conislla Arteaga

Asesora: Dra. Janina León Castillo

Junio, 2013

ÍNDICE

Índice de Tablas.....	IV
Introducción	I
1. El servicio de agua potable, algunas consideraciones	2
1.1 El acceso a agua potable a nivel internacional.....	3
1.2 Perú en el contexto regional.....	6
1.3 El servicio de agua potable en el Perú	8
1.4.1 El agua potable en el área rural	10
1.4.2 El servicio de agua potable en el área urbana	12
1.4 Las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPSS)	15
1.5 Principales Indicadores de gestión de las EPSS	18
1.6 La producción del servicio de agua potable	26
2. Marco conceptual	29
2.1 Eficiencia: definición.....	29
2.2 Orientación de la frontera.....	33
2.3 Metodologías de estimación	34
2.4 El Análisis Envolvente de Datos (DEA)	35
2.4.1 Modelo DEA con retornos constantes a escala.....	37
2.4.2 Modelo DEA con retornos variables de escala.....	38
2.5 Descomposición de la eficiencia técnica	39
2.6 Eficiencia y regulación	40
3. Experiencia empírica.....	42
3.1 DEA revisión internacional	42

3.2	Estudios DEA en el Perú.....	49
4.	Aspectos metodológicos	53
4.1	Base de datos	54
4.2	Medición de la eficiencia de las EPSS.....	54
4.3	Selección de variables	55
4.4	Metodología Seleccionada	59
4.5	Lineamientos metodológicos sobre el modelo de eficiencia	63
4.6	Escenarios	64
5.	Resultados	66
5.1	Sobre la eficiencia en costos, sus componentes, principales resultados.....	74
6.	Conclusiones	81
	Referencia	85
	Anexo 1 Empresas prestadoras, año 2011	91
	Anexo 2 Cobertura de los servicios de saneamiento, año 2011	93
	Anexo 3 Tratamiento de aguas residuales	94
	Anexo 4 Resumen de variables utilizadas en modelos DEA aplicados a servicios de saneamiento	95
	Anexo 5 Estimación costo de producción agua potable, año 2011	96
	Anexo 6 Agua no facturada, año 2011	98
	Anexo 7 Variables seleccionadas DEA, cifras año 2011	99

Índice de Tablas

Tabla 1. Indicadores, servicio de agua potable en Holanda (2010).....	5
Tabla 2. Hogares según tipo de abastecimiento de agua en el ámbito rural...12	
Tabla 3. EPSS según tipo de prestador	13
Tabla 4. Principales indicadores de gestión de las EPSS	19
Tabla 5. Definición de variables asociadas al cálculo de indicadores.....	20
Tabla 6. <i>Ranking</i> de las EPSS con mayor número de conexiones, año 2011	21
Tabla 7. Ranking de las EPSS con menor número de conexiones, año 2011 .	23
Tabla 8. EPSS con resultado neto positivo, año 2011	24
Tabla 9. Las 10 EPSS con mayor pérdida neta del ejercicio, año 2011	25
Tabla 10. Estudios DEA en el sector de agua potable y saneamiento, referencia internacional.....	48
Tabla 11. Variables <i>input</i> y <i>output</i> seleccionadas.....	60
Tabla 12. Estadísticas básicas de las variables del Modelo DEA	62
Tabla 13. Estadísticas básicas de las variables, sin incluir Sedapal S.A.	62
Tabla 14. Escenarios propuestos	64
Tabla 15. Índices de Eficiencia DEA, según escenarios estimados.....	67
Tabla 16. Correlación entre variables	70
Tabla 17. Coeficiente de Correlación de Spearman	73
Tabla 18. Eficiencia Técnica, Eficiencia Técnica Pura, Eficiencia de Escala ..	75
Tabla 19. EPSS eficientes y sus indicadores de Gestión, año 2011	78

Índices de Gráficos

Figura 1. Población con acceso a una fuente mejorada de agua, año 2010.....	4
Figura 2. Viviendas con servicio de agua potable por conexión, año 2010 (cifras en porcentajes)	7
Figura 3. Población que utiliza fuentes mejoradas de agua, año 2010	7
Figura 4. Abastecimiento de Agua en el área urbana, año 2011	14
Figura 5. Población bajo ámbito de administración de las EPSS, año 2011 ...	16
Figura 6. Evolución de la cobertura los servicios de saneamiento (1996-2011)	18
Figura 7. Proceso de producción de agua potable	28
Figura 8. Medidas de eficiencia	31
Figura 9. Eficiencia Técnica de las EPSS, según ranking	68
Figura 10. Eficiencia Técnica, sus componentes	77

Introducción

El presente Informe Profesional tiene por objetivo analizar y medir la eficiencia de la prestación del servicio de agua potable en el Perú, provisto por las Empresas Prestadoras de Saneamiento (EPSS). Siguiendo dicho objetivo, se ha estimado el grado de la Eficiencia Técnica, sus componentes y principales factores que influyen sobre la eficiencia de las empresas que proveen el servicio de agua potable dentro del área urbana.

Estudiar la eficiencia de las EPSS es relevante, dada la problemática actual, déficit de acceso al agua potable como consecuencia de los problemas de gestión y sostenibilidad financiera que atraviesan la mayoría de EPSS para renovar e incluso mantener operativos los deteriorados sistemas de producción de agua potable. En ese contexto resulta importante investigar si las EPSS están operando eficientemente. O por el contrario hay una ineficiencia en el uso de los recursos que disponen, lo cual estaría influyendo en forma negativa en la capacidad de producción, por consiguiente en su desempeño.

Como afirma la teoría económica, la eficiencia técnica de una firma se traduce en su habilidad para producir más con la menor cantidad de recursos, es decir al menor costo, sin disminuir la calidad del bien o servicio producido. En el caso de las EPSS las ganancias en eficiencia se traducirían en una mayor capacidad de producción del servicio de agua potable, dado los recursos que disponen. De otro lado, el presente trabajo proporciona una mirada diferente a la problemática descrita, que generalmente es abordada planteando la necesidad de mayores inversiones, dejando de lado un aspecto primordial que es cómo utilizan las empresas sus recursos. Al respecto, en el Perú los estudios de eficiencia son escasos en el sector saneamiento.

La importancia de la prestación del servicio de agua potable se debe a que el agua es indispensable para la vida y realización de distintas actividades económicas. El consumo de agua no potabilizada pone en riesgo la salud, ya que se convierte en un vehículo de propagación de enfermedades. Como afirma el Informe del Banco Mundial sobre el Desarrollo Humano (2006) la carencia de acceso a agua potable frena el crecimiento humano y relega a la población a vivir en la pobreza. En el Perú, el acceso universal al servicio de agua potable es aún uno de los principales problemas pendientes en la agenda de política social. Según cifras de la Cepal, en el año 2010, la cobertura del servicio de agua potable fue de 89% en la población urbana y 38% en el área rural. Cifras que evidencian que un porcentaje importante de la población no tiene acceso al agua potable. Así también, el agua potable es un elemento

básico para el desarrollo de actividades productivas en una sociedad, sea la producción de alimentos, bienes, prestación de servicio de salud, etc.

Por otra parte, considerando en que la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado en el área urbana se caracteriza por ser un monopolio natural regulado. El estudio de la eficiencia de las EPSS resulta de utilidad por las siguientes razones: i) estudiar la eficiencia permitiría al regulador reducir las asimetrías de información respecto a la eficiencia en la producción de las empresas de saneamiento y orientar los incentivos para que las empresas reporten sus costos verdaderos y mejoren su gestión, ii) las empresas podrían compartir información respecto de cuál de las tecnologías de producción es menos costosa y si es posible poder replicarlas, iii) las empresas tendrían incentivos para mejorar su desempeño a fin de evitar ser caracterizadas como ineficientes, iv) los usuarios son beneficiados cuando mejora el desempeño y eficiencia de las empresas proveedoras del servicio de agua potable a través de la cobertura, calidad del servicio y tarifas que responden a una óptima combinación y asignación de recursos. Debemos añadir que el presente trabajo no se refiere a la estimación de la eficiencia desde una perspectiva de eficiencia social, que involucre aspectos de demanda de agua potable del país y su nivel de satisfacción, costos y beneficios sociales. Sino solamente la eficiencia relativa de las empresas ya existentes.

Entre las metodologías ampliamente utilizadas para estimar la eficiencia en el sector de servicios públicos se encuentra el Análisis Envolvente de Datos

(Data envelopment Analysis - DEA). DEA es un método de programación lineal que, a diferencia de los métodos econométricos, no requiere la especificación de una función de producción para estimar las medidas de eficiencia, característica que se convierte en su principal ventaja, pues en la mayoría de los casos es difícil conocer a priori la forma de la función producción. Tampoco requiere supuestos relativos a la distribución del término de error, con lo cual se evita que los resultados estén influidos por una mala especificación por supuestos respecto la distribución del término de error y forma de la función producción. Asimismo, la literatura empírica muestra que la metodología DEA ha sido un instrumento efectivo para conocer y promover la eficiencia en el sector saneamiento.

La hipótesis del presente Informe Profesional es que las EPSS presentan un bajo índice de eficiencia. Dada la disponibilidad de información el análisis de eficiencia se delimita a la estimación de la Eficiencia Técnica respecto la prestación del servicio de agua potable para un conjunto de 39 EPSS. La metodología empleada es el Análisis Envolvente de Datos (DEA), la orientación de la frontera eficiente sigue una orientación a *input*, es decir frontera está determinada por la aquellas unidades productivas (EPSS) que utilizan la menor cantidad de insumos para producir una determinado nivel de producción.

El aporte del presente estudio es que estima los componentes de la eficiencia técnica (eficiencia técnica pura y eficiencia en escala), lo cual permite identificar el grado de ineficiencia que responde a la gestión de las EPSS y en qué medida el tamaño de la producción afecta la eficiencia. Finalmente, a partir de los resultados se sugieren algunas recomendaciones a fin que los estudios de eficiencia puedan ser utilizados como parte de la política regulatoria.

El presente trabajo se ha organizado en 6 capítulos. En el capítulo 1, se presentan las características generales del servicio de agua potable e indicadores que muestran la actual situación del sector. En el capítulo 2, se presentan brevemente los conceptos teóricos relacionados con el estudio de eficiencia económica. En el capítulo 3, se ofrece una revisión de la evidencia empírica. En el capítulo 4, se presenta la metodología de análisis del modelo propuesto. El capítulo 5 contiene los resultados. Por último, en el capítulo 6, se presentan las conclusiones.

1. El servicio de agua potable, algunas consideraciones

El agua es un recurso fundamental para la vida y funcionamiento apropiado de la naturaleza. Del total de agua en la Tierra, el 2,5% es dulce¹, la cual es esencial para la salud humana y para conservar muchos de los ecosistemas que nos suministran alimentos.

Todas las personas necesitan agua para vivir, por tanto el acceso al agua potable es un derecho humano fundamental para garantizar la vida y la salud de la población. Por ello, la provisión del servicio de agua potable es considerada esencial, puesto que la salud de la población se encuentra en riesgo cuando consume agua insalubre porque está expuesta a contraer enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales que pueden provocar incluso la mortalidad en la población infantil (PNUD 2006). Los informes de desarrollo humano del Banco Mundial ponen de manifiesto que son las poblaciones pobres las que presentan mayor déficit de acceso del servicio de agua potable y/o

¹ Unesco (2003 :8)

alguna fuente de agua mejorada², lo que refleja la desigualdad e inequidad al interior de cada sociedad. Asimismo sostiene que la carencia de dicho servicio se explica por la ineficacia en la gestión de operadores y actores relacionados con la provisión del servicio de agua potable, y no necesariamente con el problema de estrés hídrico que afecta a algunas poblaciones en forma específica. Según cifras de la Unicef (2012:5), en el año 2010, más de 780 millones de personas en el mundo carecen de acceso agua salubre.

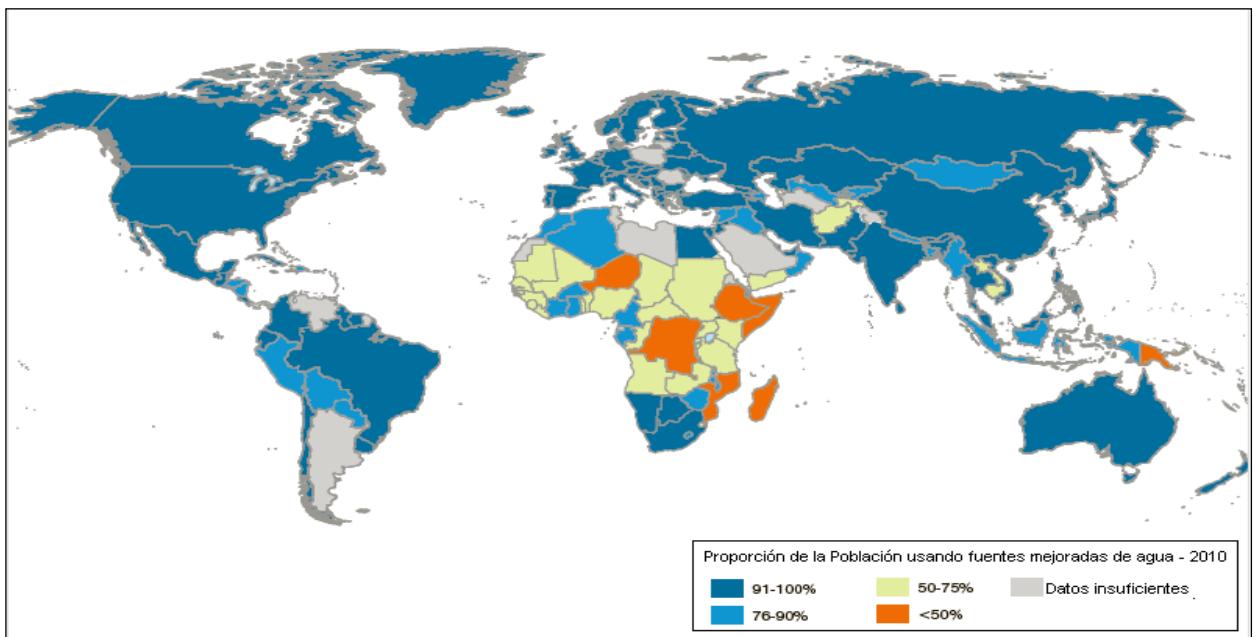
1.1 El acceso a agua potable a nivel internacional

A nivel internacional, los países desarrollados han logrado la cobertura universal, y la calidad en la provisión del servicio de agua potable y saneamiento. De otro lado, la región de África, algunos países de Asia y el Pacífico, América Latina y el Caribe todavía afrontan la problemática del déficit de acceso a agua potable y saneamiento³ (ver figura 1).

² Una fuente mejorada de agua potable se define como aquella que, por la naturaleza de su construcción, está protegida de contaminación (Unicef 2012:4). El término de acceso a una fuente mejorada de agua ha sido adoptado por el Programa Conjunto de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del saneamiento – Organización Mundial de la Salud y Unicef, con el objetivo de medir el avance de los "Objetivos de Desarrollo del Milenio" para combatir la pobreza, la hambruna, las enfermedades, el analfabetismo, la degradación del ambiente y la discriminación contra la mujer.

³ África es la región con mayor déficit de acceso del servicio de agua potable por tubería y/o acceso mediante una fuente mejorada de agua. Menos del 50% de la población de Nigeria, República Democrática del Congo, Uganda, Etiopía, Mozambique y Madagascar usan una fuente mejorada de agua. En la región de Asia y el Pacífico, la problemática del acceso al agua es un tema complejo debido a que es la región con menor disponibilidad de recursos hídricos, alta exposición al cambio climático y a desastres relacionados con el agua. Para una mayor ampliación del tema, puede visitar <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/asia.shtml>

Figura 1. Población con acceso a una fuente mejorada de agua, año 2010



Fuente: Unicef (2012: 9).

La experiencia internacional señala que la adopción de estrategias e instrumentos dirigidos a incentivar la eficiencia de las empresas prestadoras de los servicios de agua potable y saneamiento ha favorecido el desarrollo de la infraestructura, y la calidad de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento. Esto ha sido posible a través de esquemas de regulación, acuerdos y/o normativas del sector.

Dentro de las experiencias que pueden servir como referencia, respecto al uso de instrumentos para promover la eficiencia, consideramos que vale la pena destacar la experiencia de Holanda, ya que la iniciativa de mejorar el desempeño y eficiencia de la industria de agua potable y saneamiento partió de las empresas públicas de agua potable (Ver recuadro 1).

Recuadro 1
La Experiencia de Holanda

Hasta 1950 en Holanda existían más de 150 empresas de agua, pese a ello había un déficit de oferta y calidad de agua potable. Ante aquella problemática, 198 empresas de agua decidieron formar la Asociación de Compañías de Agua de Holanda (Vewin, por sus siglas en holandés)¹ con el objetivo de promover políticas dirigidas a mejorar el servicio de agua potable. El proceso de desarrollo del sector fue paulatino e implicó la definición de objetivos específicos. Entre los años cincuenta y sesenta, el objetivo principal fue la expansión de los sistemas de agua. Más adelante, en los años setenta y ochenta, las estrategias estuvieron dirigidas a mejorar el tratamiento y calidad de agua, y se dio impulso a las fusiones de las empresas mediante planes de reorganización provinciales, con el objeto de aprovechar las economías de escala. En los años noventa, continuaron los planes de fusiones, por entonces el número de empresas se había reducido a 52.

En 1997, dada la discusión de privatizar el sector, las compañías decidieron realizar *benchmarking* voluntario para comparar la eficiencia de las empresas del sector y demostrar transparencia. La práctica de *benchmarking* permitió compartir experiencias, conocimientos y uso de tecnologías entre las empresas de agua potable, esto contribuyó en forma positiva a producir con menores costos, sin sacrificar la calidad de agua y sostenibilidad del servicio. Actualmente en Holanda operan 10 compañías públicas de responsabilidad limitada que proveen agua potable las 24 horas del día con altos estándares de calidad (Vewin 2012). A continuación se muestra algunos indicadores del servicio de agua potable.

Tabla 1. Indicadores, servicio de agua potable en Holanda (2010)

	1990	2000	2005	2010
Número de compañías	52	24	16	10
Número de empleados	8 422	6 803	4 991	5 228
Conexiones de agua	5 674	7 042	7 349	7 701
Producción (millones m ³)	1 227	1 183	1 137	1 136
Continuidad	-	-	-	24
Precio m ³	-	1.43	-	1.53
Promedio Litros por persona día	-	-	-	120
Inversiones (millones de euros)	263	419	459	458
Pérdidas de distribución				4% - 5%

Elaboración: propia.

Fuente: datos obtenidos de Vewin (2012) y <http://www.vewin.nl/english/Pages/default.aspx> (Consulta: 15 de febrero de 2013).

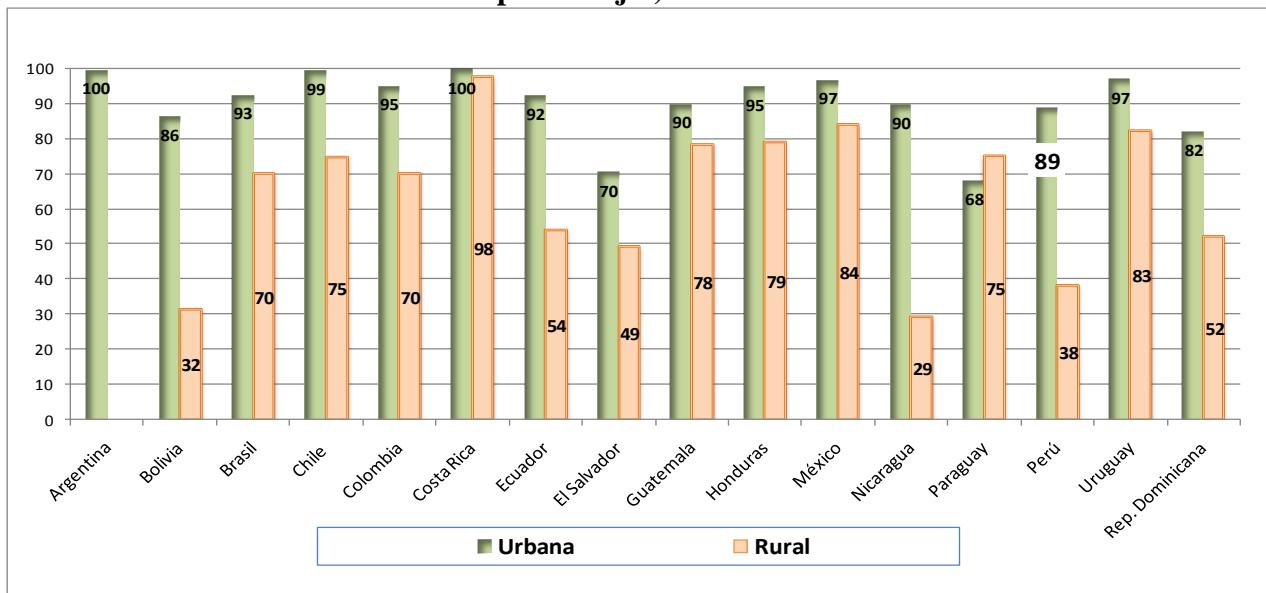
1.2 Perú en el contexto regional

Según información del Banco Mundial, la región de América Latina y el Caribe tiene la mayor disponibilidad promedio de agua en el mundo, aproximadamente 24 400 metros cúbicos por persona. A pesar de ello, no todas las personas tienen acceso al servicio de agua potable y existen brechas de acceso en la población urbana y rural, básicamente en la población de menores recursos económicos, lo cual evidencia la desigualdad social que existe a nivel de la región y al interior de cada país (Cepal 2012).

El estudio de la Cepal (2012) muestra que en el año 2010, a nivel de la región de América Latina y el Caribe, Brasil, Uruguay, Chile y Colombia habían alcanzado una cobertura del servicio de agua potable mediante conexión superior al 90% en el área urbana y en el área rural 74%, en promedio. En tanto Perú presentaba una de las tasas más bajas de cobertura (38%) (Ver figura 2).

Adicionalmente, se muestra la figura 3, donde se considera el acceso a agua potable ya sea por conexión u otra alternativa, es decir, mediante una fuente mejorada. Así vemos que en el año 2010, Perú solo logró superar a Haití, ya que únicamente el 65% de la población rural tuvo acceso a alguna fuente de agua potable mejorada.

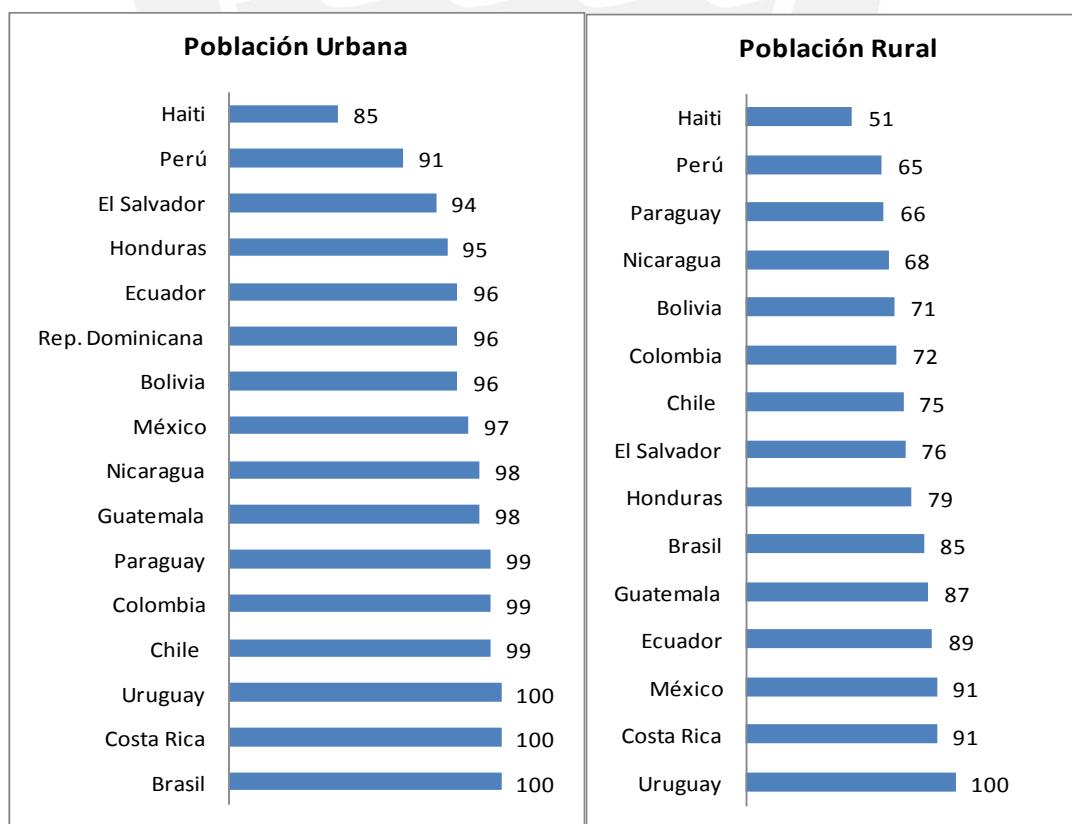
Figura 2. Viviendas con servicio de agua potable por conexión, año 2010 (cifras en porcentajes)



Elaboración Propia

Fuente: Cepal (2012: 63).

Figura 3. Población que utiliza fuentes mejoradas de agua, año 2010



Fuente: Cepal (2012: 64).

1.3 El servicio de agua potable en el Perú

En el Perú, el servicio de agua potable forma parte de los servicios públicos de saneamiento⁴. El uso de agua para fines de consumo a nivel nacional representa, aproximadamente, el 4,15% de los recursos hídricos disponibles en el Perú. El resto es aprovechado por otros sectores económicos, como el agrícola, energético, minero, industrial (Arana 2013:122)⁵.

La estructura vigente del sector de agua potable y saneamiento es producto de las reformas iniciadas en la década de los noventa, las cuales tuvieron impacto en la prestación del servicio de agua potable en el área urbana y rural. Hasta 1980, la provisión del servicio de agua potable y alcantarillado fue manejada en forma centralizada por el Estado. En 1981, se creó el Servicio Nacional de Agua Potable y Alcantarillado (Senapa), conformado por alrededor de 15 empresas filiales (entre ellas, Sedapal) para que administren la provisión de los servicios de saneamiento en el área urbana, mientras que el ámbito rural se dejó a cargo del Ministerio de Salud⁶.

Posteriormente, en la década de 1990, dado el contexto del deterioro en la provisión de los servicios de saneamiento, problemas de subprovisión y baja

⁴ Artículo 2 de la Ley General de Servicios de Saneamiento (Ley N° 26338) establece que los servicios de saneamiento comprenden la prestación en forma regular de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial, y disposición sanitaria de excretas.

⁵ Arana cita el estudio de Ministerio de Agricultura del año 2010 “Uso y Manejo del Agua” y señala que los recursos hídricos son usados en las siguientes proporciones: 54.57% con fines agrícolas, 36.55% actividad energética, 3.79% actividad industrial, 0.68% minera, 0.26% pecuaria y 4.15% para fines de uso de consumo poblacional.

⁶ Ver www.sunass.gob.pe/antecedentes_urbaro.php.

calidad del servicio de agua potable y alcantarillado⁷, el Estado decide realizar reformas que incluyen la creación de un organismo regulador, la Superintendencia de Servicios de Saneamiento (Sunass)⁸, con el objetivo de que fiscalice la prestación de los servicios de saneamiento dentro del ámbito urbano. Paralelamente se liquidó la empresa Senapa⁹ y se formaron las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPSS).

En el ámbito rural, la infraestructura de saneamiento básico construida por la Dirección de Saneamiento Básico Rural del Ministerio de Salud (Disabar) fue entregada a las Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS), para que estas se encarguen de la gestión, operación y mantenimiento. Dada su dispersión y limitada capacidad, las JASS no fueron comprendidas dentro del ámbito de regulación de la Sunass¹⁰. Actualmente, en el ámbito rural operan las JASS y organizaciones comunales para repartirse el derecho de uso de agua.

⁷ La crisis del sector saneamiento llegó a un punto extremo con la epidemia del cólera. En 1991, esta puso de manifiesto la precariedad de los servicios de saneamiento y tuvo implicancias tanto a nivel social y económico. Aproximadamente el 1.5% de la población fue afectada, y los países importadores de los productos marinos y vegetales impusieron mayores exigencias sanitarias, inclusive prohibiciones para el ingreso de productos peruanos (Jauralev 2004:24).

⁸ Creada por Decreto Ley N° 25965, publicado el 19 de diciembre de 1992.

⁹ La liquidación de Senapa estableció la transferencia de sus activos a las municipalidades provinciales y/o distritales que formaban parte de cada unidad operativa. Decreto Ley N°25973, publicado 12 de diciembre de 1992.

¹⁰ En: http://www.sunass.gob.pe/antecedentes_rural.php. Consultado: 1 de diciembre de 2012.

1.4.1 El agua potable en el área rural

La Ley General de Servicios de Saneamiento (Ley 26338) y modificatorias a su reglamento¹¹ establece una normatividad diferenciada entre el sector urbano y rural. Para efectos de la prestación de los servicios de saneamiento en el área rural se considera los centros poblados rurales con una población que no sobrepasa los 2 000 habitantes y pequeñas ciudades, aquellas con población entre 2 001 y 15 000 habitantes.

En el área rural la población tiene acceso al agua potable básicamente mediante las JASS, que son organizaciones comunales que operan bajo el principio de autogestión para mantener en operación de los sistemas de agua de la comunidad. Según Arana (2013:72), en el área rural existen 5 084 JASS. No obstante el alto número de JASS, hay un déficit de la cobertura del servicio de agua potable y formas alternativas de acceso a agua potable. Según la Cepal (2012:64), en el 2010, el abastecimiento mediante una fuente mejorada solo alcanzó al 65% de la población. Es decir, un 35% de la población consumió agua sin que sea garantizada la condición de salubridad.

Investigaciones sobre las condiciones operacionales del conjunto de JASS existentes u otras organizacionales comunales que administran y operan los servicios de saneamiento en el ámbito rural son escasas, lo cual se puede explicar por la limitada información estadística pública oficial. La mayor parte de

¹¹ El Decreto Supremo N°31-2008-VIVIENDA modifica el reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento en lo referente al ámbito de intervención de los prestadores de servicio de saneamiento

los estudios analiza la problemática en forma general y concuerda que el déficit de acceso en el área rural es el resultado de la postergación de inversiones, conflictos sociales en torno al uso del agua, y la poca capacidad de gestión de las JASS y de las organizaciones comunales que administran los sistemas de agua potable, Carrasco (2011:17) sostiene que la postergación de inversiones se da debido a que en el área rural se requiere una mayor inversión por habitante dado que la población es dispersa; por lo que la mayoría de proyectos de inversión pública son llevados en el área urbana donde el impacto es mayor, ya que hay una mayor concentración población y por ende la inversión por habitante es menor. Además sostiene que la elección de proyectos no ha considerado las preferencias y necesidades de la población rural, por lo que posterior a la entrega a las comunidades fueron abandonados.

Asimismo, un estudio del Viceministerio de Vivienda (2003) señala que las JASS tienen una baja capacidad de gestión para mantener en operatividad los sistemas de agua con que cuentan las comunidades rurales. De una muestra de 104 sistemas de agua, solo el 12% de los sistemas se encontraba en buen estado, 65,2% en estado regular, 15,2% en malas condiciones y 7,6% estaba no operativo.

Las cifras disponibles del INEI para el año 2011 indican que solo un 35% de los hogares dispone del servicio de agua potable mediante conexión. En el área rural, el abastecimiento principal de agua proviene de ríos, acequias, manantial o similar, las cuales son fuentes de agua que se encuentran expuestas a

contaminación y que pueden ser no aptas para el consumo humano. La tabla 2 muestra la evolución del tipo de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural; como se aprecia entre los años 2000-2011, no hay avances significativos en términos de cobertura mediante red pública de agua, sea dentro o fuera de la vivienda, asimismo la población usa mayoritariamente agua, ríos, acequias, manantiales y pozos.

Tabla 2. Hogares según tipo de abastecimiento de agua en el ámbito rural

	1997	2000	2005	2010	2011
Rural	100	100	100	100	100
Red pública dentro la vivienda	17,7	33,3	29,2	36,3	35,3
Red pública fuera de la vivienda, pero dentro del edificio	0,4	3,0	0,8	2,1	1,1
Pilón de uso público	5,0	6,6	3,5	2,2	1,9
Camión cisterna, otro similar	13,6	16,3	0,6	0,8	0,7
Pozo	0,3	-	10,7	8,9	8,5
Río, acequia, manantial o similar	58,0	37,6	53,2	46,7	48,3
Otra forma	5,0	3,2	2,1	3,1	4,2

Fuente: INEI (2012: 177).

1.4.2 El servicio de agua potable en el área urbana

En el área urbana, la prestación de los servicios saneamiento comprende el servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, los cuales están a cargo de las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento¹² (en adelante, EPSS). Estas, en su mayoría, son empresas públicas, con excepción de la empresa Aguas de Tumbes S.A. - Atusa¹³, concesionada a un operador privado. Como se ilustra en la tabla 3, cuarenta y

¹² Artículo 2 del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento.

¹³ Constituida el 30 de septiembre del 2005, luego de que se otorgara la buena pro de la concesión de los servicios agua potable y saneamiento de las provincias de Tumbes, Contralmirante Villar y Zarumilla.

ocho (48) empresas tienen una administración municipal, una empresa (Sedapal) pertenece al gobierno central y otra empresa fue concesionada a un operador privado en el año 2005.

Tabla 3. EPSS según tipo de prestador

Prestador	48 Empresas administradas por Municipalidades	Capital está suscrito en su totalidad por las municipalidades de los distritos que integran las provincias en las que presta servicios.
	1 Empresa del Gobierno Central (SEDAPAL)	Ámbito de la actividad empresarial del Estado.
	1 Empresa en concesión (ATUSA - operador privado)	Otorgada en concesión en el año 2005, al consorcio internacional Latinaguas-Concyssa. En el año 2011, Aguas de Manizales S.A.E.S.P. adquirió el 80% del capital social de ATUSA y el 20% del capital sigue perteneciendo a Concyssa.

Elaboración: propia.

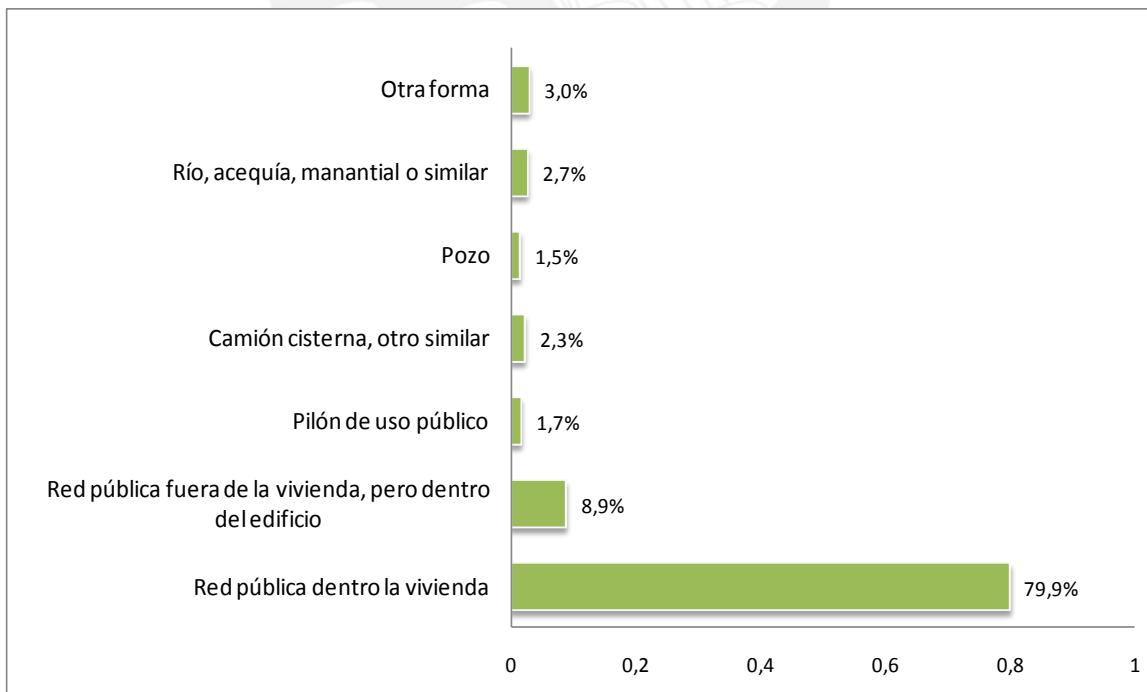
Fuente: Sunass (2012), (2011:14).

El conjunto de las 50 EPSS se encuentra regulado por la Sunass, entidad que tiene, entre sus competencias¹⁴, la facultad para emitir normas de carácter particular y general en materia de su competencia, regular las tarifas, supervisar, fiscalizar, y atender en segunda instancia las controversias y reclamos entre las empresas y los usuarios. El esquema regulatorio vigente establece la regulación de las tarifas que cobran las EPSS como contraprestación por los servicios que prestan.

¹⁴ Título IV del Decreto Supremo N° 017-2001-PCM, Reglamento General de la Sunass.

Según cifras de la Sunass (2012), en el año 2011, las 50 EPSS que operan en el sector urbano proporcionó el servicio de agua potable a 16,4 millones de personas, equivalente a una cobertura promedio del 89% de la población bajo el ámbito de su administración. De otro lado, las cifras del INEI (2012) basadas en la estimación de indicadores provenientes de la Encuesta Nacional de Hogares – ENAHO, señala que el 88,8% de la población urbana tiene el servicio de agua potable mediante una conexión a una red pública fuera o dentro de la vivienda. Y el resto de la población urbana que no cuenta con servicio debido al déficit de oferta por parte de las EPSS, recurre a fuentes alternativas de abastecimiento de agua (pilón de uso público, camión cisterna, ríos, pozo, etc.). (Ver figura 4).

Figura 4. Abastecimiento de Agua en el área urbana, año 2011



Elaboración Propia

Fuente: INEI (2012: 177).

1.4 Las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPSS)

Las EPSS tienen la responsabilidad de suministrar los servicios de saneamiento en el ámbito geográfico determinado en los contratos de explotación celebrados por una o más Municipalidades Provinciales o por el Gobierno Nacional; o mediante contratos de concesión u otro documento¹⁵.

Asimismo, el reglamento de la Ley de Saneamiento¹⁶ clasifica a las EPSS de acuerdo a la población urbana dentro de su ámbito de responsabilidad bajo el criterio que las normas y los esquemas de regulación económica que sean aplicados a éstas consideren la responsabilidad potencial que tienen sobre el tamaño de población que administran. De esta manera las EPSS son clasificadas en:

- Empresa de Saneamiento de mayor tamaño cuando la población urbana sea mayor a cuarenta mil (60 000) habitantes.
- Empresa de Saneamiento de menor tamaño cuando la población urbana esté entre cuarenta mil uno (40 001) y sesenta mil (60 000) habitantes.
- Pequeña empresa de saneamiento cuando la población urbana esté entre quince mil uno (15 001) y cuarenta mil (40 000) habitantes.

A diciembre del 2012, existen trece (13) Pequeñas empresas de saneamiento, cinco (5) empresas de menor tamaño, y treinta y dos (32)

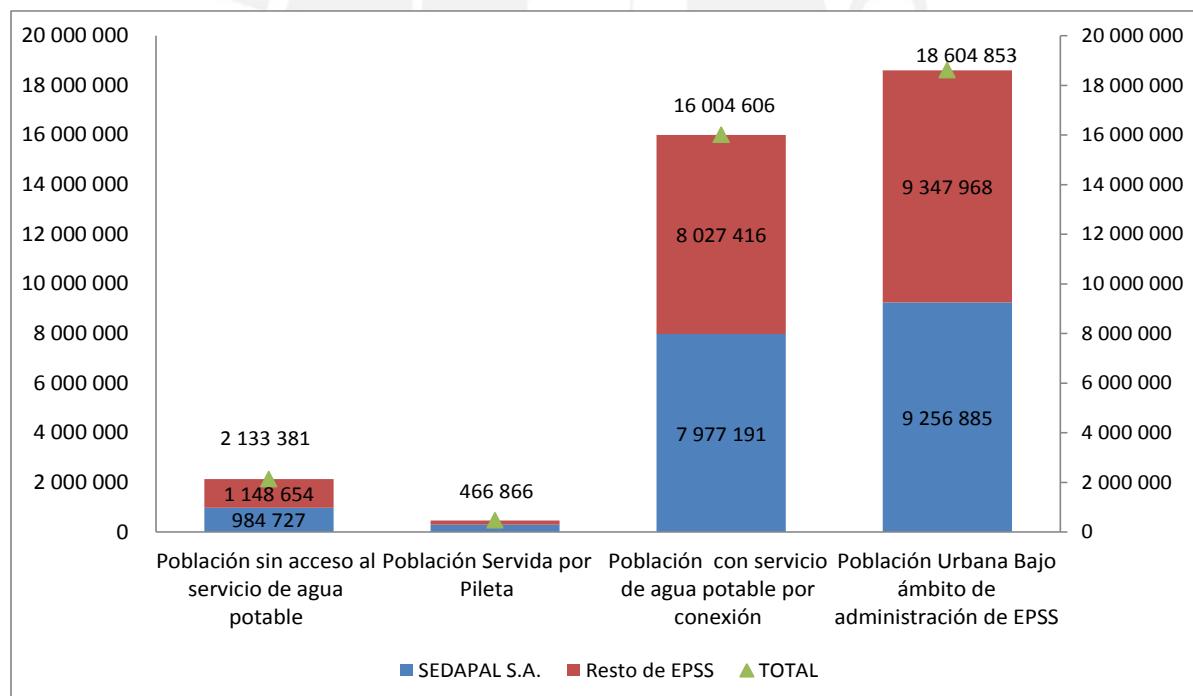
¹⁵ Artículo 4 del Decreto Supremo N° 031-2008- VIVIENDA.

¹⁶ Articulo 24 y 26 del Decreto Supremo N° 031-2008- VIVIENDA.

empresas de mayor tamaño. En el anexo 1 se muestra la clasificación de las EPSS según el tamaño de la población bajo administración.

Según cifras de la Sunass, en el año 2011, la población administrada por las EPSS fue de 18,6 millones de habitantes, aproximadamente el 63%¹⁷ de la población a nivel nacional. Cabe señalar que la empresa de servicios de saneamiento y alcantarillado de Lima (Sedapal)¹⁸ es la empresa más grande del sector, con 9,2 millones de personas bajo el ámbito de su administración.

Figura 5. Población bajo ámbito de administración de las EPSS, año 2011



Elaboración: propia.

Fuente: Sunass (2012).

¹⁷ Porcentaje calculado con referencia a la población estimada por el INEI para el año 2011: 29 797 694 habitantes.

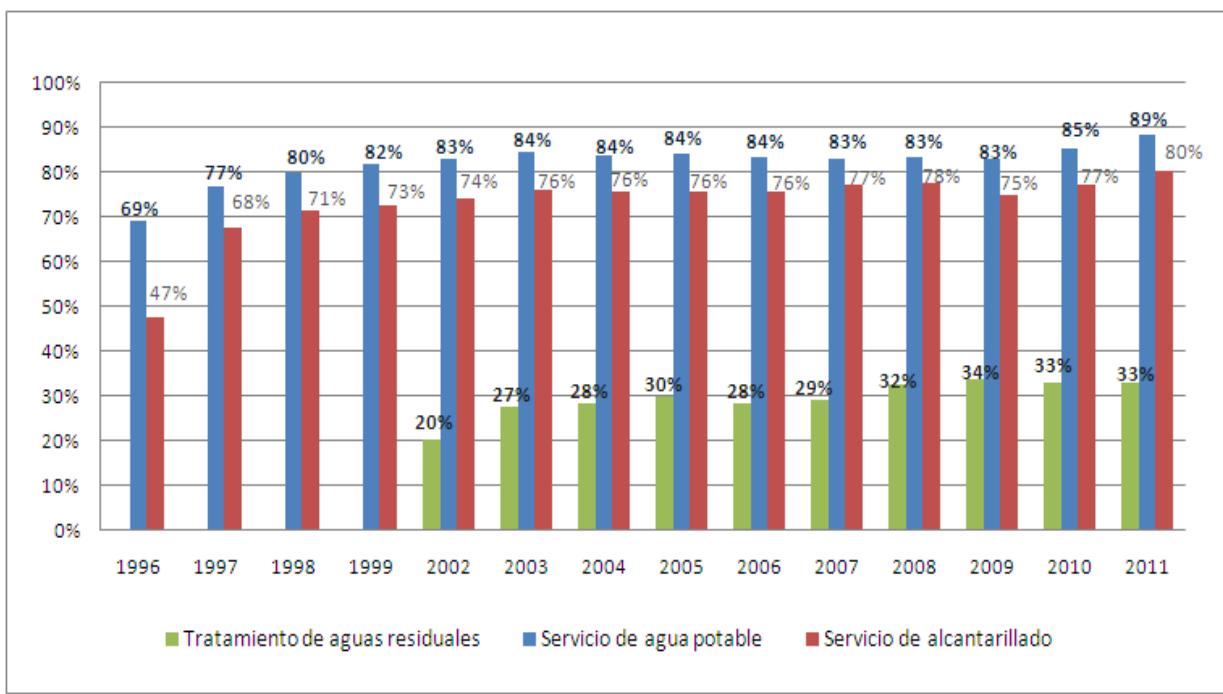
¹⁸ Sedapal administra los servicios de agua potable y saneamiento en 46 de los 49 distritos de la Provincia de Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao.

Las Empresas Prestadoras de Servicios Públicos de Saneamiento en las últimas dos décadas han incrementado la cobertura del servicio de agua potable, es así que la cobertura promedio del servicio de agua potable pasó de 69%, en el año 1996, a 89%, en el año 2011.

En forma similar, el servicio de alcantarillado presenta un crecimiento, pero su cobertura es menor comparado con el servicio de agua potable. Como se observa en la figura 6, la cobertura del servicio de alcantarillado era 60% en el año 1996 y para el año 2011 fue de 80%. En el caso del tratamiento de aguas residuales, el nivel de tratamiento es bastante bajo, así, según las cifras del año 2011, solo un 33% de las aguas residuales recibe tratamiento; es decir, el 67% de las aguas recolectadas por las redes de alcantarillado no recibe tratamiento antes de su evacuación al mar y/o ríos (Sunass 2012)¹⁹.

¹⁹ La figura 6 no contiene cifras respecto el nivel de tratamiento de aguas residuales para el periodo 1996-2001 debido a que no se encontró información oficial disponible. El anexo 2 y 3 detalla el porcentaje de cobertura del servicio de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para cada una de las 50 EPSS alcanzado en el año 2011.

Figura 6. Evolución de la cobertura los servicios de saneamiento (1996-2011)



Elaboración Propia

Fuente: Sunass (2012), Sunass (2008), Sunass (2006), Sunass (1996), Sunass (1997), Sunass (1998), Sunass (1999),

1.5 Principales Indicadores de gestión de las EPSS

Las cifras de cobertura mostradas en el punto anterior muestran una evolución positiva a nivel general. Sin embargo, las EPSS se caracterizan por ser heterogéneas respecto a su desempeño, capacidad de producción, la calidad del servicio, antigüedad de la infraestructura o situación financiera, debido a las características particulares que enfrenta cada una ellas, tales como disponibilidad hídrica, el número de población administrada, capacidad de pago de los usuarios, dispersión de las viviendas en cada localidad, capacidad gerencial de las EPSS, condiciones climáticas, etc.

Los principales indicadores de gestión, frecuentemente utilizados para analizar el desempeño en la prestación del servicio de agua potable son, la

cobertura del servicio de agua potable, el agua no facturada, la continuidad, la micromedición y la relación de trabajo. Generalmente, una EPSS presenta un desempeño aceptable cuando tiene un alto nivel de cobertura, bajo porcentaje de agua no facturada, 24 horas diarias de continuidad y una relación de trabajo inferior a 100%. La tabla 4 presenta brevemente las definiciones de los principales indicadores de gestión para facilitar su interpretación.

Tabla 4. Principales indicadores de gestión de las EPSS

Indicador	Descripción
Cobertura del servicio de agua potable	Proporción de la población que habita en las zonas administradas por la empresa prestadora, que tiene acceso al servicio de agua potable, ya sea mediante una conexión domiciliaria o pileta pública.
Agua no facturada, agua no contabilizada (%)	Es el porcentaje de agua producida pero no comercializada, debido a pérdidas técnicas como fugas en el transporte, almacenamiento, tratamiento, conducción, y por pérdidas por consumo no autorizado (ejemplo conexiones clandestinas) o imprecisiones en la medida.
Continuidad (horas al día)	Es el promedio ponderado del número de horas de servicio de agua potable que la EPSS brinda al usuario. Este indicador varía entre 0 y 24 horas.
Micromedición (%)	Conexiones que cuentan con medidor
Relación de trabajo	El indicador de trabajo es un indicador usado para evaluar la sostenibilidad de la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado. Cuando es mayor a 1 representa los costos de operación, sin considerar los gastos por depreciación y cobranza dudosa, son mayores que los ingresos de producción. Usualmente se recomienda que se ubique en un rango menor al 0,75.

Fuente: Sunass (2012).

Cabe anotar que, la construcción de los indicadores de gestión se realiza a través de la información de variables que envían las EPSS a la Sunass²⁰. La

²⁰ De acuerdo con la legislación vigente, las EPSS se encuentran obligadas a remitir información a la Sunass, según lo establecido en el artículo 29 del TUO del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento y del Reglamento General de la Sunass.

tabla 5 contiene la definición de algunas de las principales variables asociadas al cálculo de indicadores de gestión.

Tabla 5. Definición de variables asociadas al cálculo de indicadores

Variable	Descripción
Conexiones de agua potable	Una conexión comprende, el empalme a la red de distribución, tuberías y accesorios, que permiten la llegada del agua potable a la caja de medidor de la vivienda del usuario. El número de conexiones totales incluye el número de conexiones activas e inactivas.
Kilómetros de red de agua potable	Es la longitud en kilómetros de la red de distribución de agua potable (líneas primarias y secundarias) durante un período determinado
Número de empleados	Número de trabajadores (contratados y permanentes) que realizan las labores de operación y mantenimiento del sistema de acueducto y alcantarillado. No considera el personal contratado bajo “servicios tercerizados” a entidades privadas.
Gastos de ventas y administración	Son los gastos de ventas y administrativos de las EPSS para la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, incluye la depreciación, amortización y provisión por cobranza dudosa.
Costos operativos totales (S/.)	Incluye los costos de operación, los gastos administrativos y los gastos de ventas de todos los servicios producidos por las EPSS, sin diferenciar entre tipo de servicio, ya que no existe aún contabilidad regulatoria.
Volumen de agua producido	Volumen producido destinado a la población que cuenta con el servicio de agua potable.
Volumen facturado	Volumen facturado por el servicio de agua potable, ya sea bajo la modalidad de diferencia de lecturas, promedio de consumos o asignación de consumo, expresado en metros cúbicos (m^3).

Elaboración Propia

Fuente: Sunass (2012) y SUNASS (2006).

Con la finalidad de mostrar el desempeño de las EPSS se ha elaborado dos *rankings*. El primero, contiene variables de gestión y ordena a las EPSS por el número de conexiones, dado que las EPSS con mayor número de conexiones tienen una mayor población dentro el ámbito de su administración. El segundo *ranking* muestra algunos indicadores financieros de las EPSS, y ha sido ordenado según la utilidad obtenida en el año 2011.

a. Ranking de las EPSS según indicadores de gestión

Con la finalidad de mostrar la diferencia en el desempeño de las EPSS, se presenta a continuación un *ranking* de las 15 primeras EPSS y 15 últimas según el número de conexiones de agua potable. La tabla 6 muestra las 15 EPSS con mayor número de conexiones e indicadores de micromedición, cobertura, agua no facturada, continuidad y conexiones registrados en el año 2011.

Tabla 6. Ranking de las EPSS con mayor número de conexiones, año 2011

Nro	Empresa	Conexiones Totales de agua potable	Cobertura de Agua	Micromedicion	Aqua no Facturada	Continuidad
1	SEDAPAL S.A.	1 344 403	89.4%	77.3%	35.0%	22
2	SEDAPAR S.A.	233 078	90.0%	76.4%	26.3%	22
3	EPS GRAU S.A.	177 804	90.1%	41.5%	53.9%	11
4	SEDALIB S.A.	158 242	91.3%	72.0%	40.6%	9
5	EPSEL S.A.	149 582	86.5%	24.3%	38.8%	17
6	SEDACHIMBOTE S.A.	78 094	94.9%	53.1%	45.2%	11
7	EPS TACNA S.A.	76 704	98.3%	57.6%	20.5%	14
8	EPS SEDALORETO S.A.	76 092	88.9%	34.0%	59.0%	10
9	EPS - SEDACUSCO S.A.	67 533	97.7%	83.8%	34.5%	19
10	SEDAM HUANCAYO S.A.	64 963	89.2%	17.7%	42.4%	19
11	EPSASA	47 609	88.2%	73.0%	37.9%	20
12	EMAPICA S.A.	46 973	81.9%	5.0%	37.2%	12
13	SEDAJULIACA S.A.	44 286	82.1%	16.3%	8.0%	5
14	SEMAPACH S.A.	41 839	96.0%	3.9%	55.4%	13
15	EMAPA SAN MARTIN S.A.	38 615	96.5%	55.2%	35.3%	12

Elaboración: propia.

Fuente: Sunass (2012)

Como se observa en la tabla 6, el indicador de cobertura más alto es alcanzado por las empresas Semapach S.A. y Emapa San Martín; pero sus indicadores de micromedición, agua no facturada y continuidad son inferiores a otras EPSS que tienen menor cobertura, lo cual indica que una mayor cobertura no se relaciona necesariamente con una mayor calidad en la prestación del

servicio. La micromedición del servicio de agua potable es importante porque influye positivamente en la disminución del agua no facturada²¹, horas de continuidad del servicio y en la recuperación de ingresos, dado el volumen de agua producido. A partir de los indicadores de la EPSS Semapach podemos inferir que el bajo nivel de micromedición (3,9%) está relacionado con el alto porcentaje de agua producida no facturada (55,2%) y pocas horas de continuidad del servicio (13 horas).

El informe de la Sunass (2012) explica que una de las razones que influye en bajo nivel de la micromedición del servicio de agua potable es el rechazo de los usuarios a la instalación de medidores; ello debido a las fallas de medición de los medidores instalados, los cuales sobreestiman el consumo de agua²².

También se observa que Sedalib S.A. es la cuarta EPSS más grande, según número de conexiones, y muestra una cobertura superior al 90%, pero el nivel de agua no facturada es de 40,6% y tiene una continuidad promedio del servicio de 9 horas al día. Lo cual revela problemas en la gestión operativa de la empresa que dependen del mejoramiento de las redes de agua y sistema comercial para disminuir el porcentaje de agua no facturada, y por ende aumentar su capacidad para ofertar agua potable.

²¹ Otros de los factores que influyen en la mejora del agua no facturada es la sectorización de redes, incremento del porcentaje de sistemas de agua catastrados y macromedición de los sistemas (Sunass 2012:35).

²² En promedio, las EPS que presentan un mayor índice de micromedición también presentan un mayor porcentaje de reclamos por consumo elevado (Sunass 2012:85).

La tabla 7 muestra las EPSS con menor número de conexiones, como se observa estas tienen información incompleta de sus indicadores de gestión. En forma general, se observa que las EPSS con menor número de conexiones tienen un desempeño inferior respecto a las más grandes. Epssmu y Emapab ofrecen el servicio de agua con una continuidad promedio de 2 horas diarias, y EMAQ solo factura el 39,8% del agua producida. Emusap Amazonas muestra índices de micromedición y continuidad favorables, aunque su cobertura (86,45%) sea inferior a otras EPSS pequeñas.

Tabla 7. Ranking de las EPSS con menor número de conexiones, año 2011

Nro	Empresa	Conexiones Totales de agua potable	Cobertura de Agua	Micromedicion	Aqua no Facturada	Continuidad
1	EPSSMU S.R.LTDA	6 720	78.3%	S.I.	37.0%	2
2	EMUSAP AMAZONAS	6 246	86.4%	93.1%	33.1%	24
3	EMAQ S.R.LTDA.	6 009	69.5%	S.I.	69.2%	23
4	EPS AGUAS DEL ALTIPLANO	5 775	96.5%	S.I.	S.I.	14
5	SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	5 516	95.8%	59.2%	36.1%	15
6	EMAPAB S.R.LTDA.	4 694	85.0%	2.5%	62.6%	2
7	EMAPA Y	4 312	89.8%	S.I.	58.8%	18
8	EMSAP CHANKA	4 206	69.3%	83.4%	28.9%	20
9	EMSAPA YAULI	3 089	96.9%	78.3%	13.8%	24
10	EMSAPA CALCA	2 843	89.4%	S.I.	39.1%	6

Elaboración: propia.

Fuente: Sunass (2012)

b. *Ranking de las EPSS según indicadores financieros*

Respecto al desempeño económico y financiero de las EPSS, los indicadores financieros muestran que estas presentan problemas de sostenibilidad financiera.

Según cifras del 2011 (Sunass 2012), 21 de las 50 EPSS lograron un resultado operativo positivo (ver tabla 8). Sedapal S.A. fue la empresa que reportó la mayor utilidad neta: 55 mil millones de nuevos soles; no obstante, EPS Tacna S.A. tuvo el mayor rendimiento sobre sus activos y patrimonio (ROA 13,7% y ROE 34,3%).

Tabla 8. EPSS con resultado neto positivo, año 2011

Nro	Empresa	Utilidad Neta	Relación de Trabajo	Cobertura de Intereses	Endeudamiento	ROA	ROE
1	SEDAPAL S.A.	55 273 605	0.67	-3.00	0.83	0.9%	1.5%
2	EPS TACNA S.A.	16 458 019	0.62	S.I	1.83	13.7%	34.3%
3	SEDALIB S.A.	11 973 455	0.70	-5.52	1.43	3.3%	7.6%
4	SEDAPAR S.A.	11 893 069	0.63	-103.28	0.56	3.3%	4.9%
5	SEDAM HUANCAYO S.A.	3 004 801	0.69	-814.52	0.43	6.8%	8.7%
6	EPS - SEDACUSCO S.A.	2 629 930	0.66	-11.46	0.22	1.4%	1.9%
7	EPSEL S.A.	2 292 975	0.85	-5.59	0.58	0.6%	1.0%
8	EMAPAT S.R.LTDA.	877 925	0.92	-2 914.58	1.67	2.8%	7.0%
9	EPS SELVA CENTRAL S.A.	378 936	0.81	S.I	0.38	1.0%	2.6%
10	EMAPA HUARAL S.A.	332 869	0.83	-40.58	0.98	4.2%	8.5%
11	EMUSAP ABANCAY	157 776	0.69	-1 087.29	0.06	1.4%	1.5%
12	EPS CHAVÍN S.A.	146 930	0.82	-393.24	5.18	0.4%	2.2%
13	EPS MANTARO S.A.	123 519	0.85	-21.99	0.28	1.7%	2.3%
14	EMAQ S.R.LTDA.	75 035	0.86	-467.81	0.09	3.1%	3.2%
15	SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	48 884	0.97	-340.09	0.02	1.9%	2.0%
16	EPS AGUAS DEL ALTIPLANO	27 729	1.15	-4 790.23	0.52	5.2%	6.6%
17	SEDAJULIACA S.A.	12 268	0.78	-95.66	7.47	0.0%	0.2%
18	EMSAPA CALCA	9 945	0.88	S.I	0.11	2.6%	2.3%
19	EMSAP CHANKA	9 537	0.75	S.I	1.02	0.4%	0.7%
20	EMSAPA YAULI	7 993	0.86	-116.91	0.08	1.5%	1.3%
21	EMAPA Y	2 465	0.81	S.I	0.04	0.3%	0.4%

Elaboración: propia.

Fuente: Sunass (2012)

Por otra parte, las empresas EPS Chavín S.A. y Sedajuliaca, si bien obtuvieron un resultado positivo, tienen índices de endeudamiento que representan más de 5 y 7 veces el patrimonio de la empresa, lo cual revela un sobreendeudamiento.

En el caso de la empresa Aguas del Altiplano, el indicador relación de trabajo (1,15) muestra problemas de sostenibilidad, los costos operativos equivalen a 1,15 del ingreso operativo, es decir, la empresa no tiene margen alguno para la ejecución de inversiones con recursos propios. No obstante, muestra un resultado neto positivo, lo cual puede explicarse por ingresos externos a la producción de los servicios de saneamiento que produce la empresa.

De otro lado, la tabla 9 muestra el *ranking* de las 10 EPSS con mayor pérdida neta del ejercicio del año 2011. De éstas Emsa Puno S.A. presenta el índice más elevado de endeudamiento del sector: 88,52.

Tabla 9. Las 10 EPSS con mayor pérdida neta del ejercicio, año 2011

Nro	Empresa	Pérdida Neta	Relación de Trabajo	Cobertura de Intereses	Endeudamiento	ROA	ROE
1	EMUSAP AMAZONAS	-2 015 361	0.80	-1.48	1.76	-17.3%	-14.0%
2	EMAPA SAN MARTIN S.A.	-2 463 506	0.79	-4.71	-40.65	-10.0%	-42.6%
3	EMSA PUNO S.A.	-2 521 000	0.77	-3.44	88.52	-5.4%	-284.7%
4	SEMAPACH S.A.	-2 688 337	0.83	-50.19	1.63	-4.0%	-6.2%
5	EMAPISCO S.A.	-2 730 809	0.97	-24.26	1.68	-4.5%	-11.5%
6	EPS SEDALORETO S.A.	-4 376 544	0.89	-158.23	5.91	-2.3%	-16.4%
7	EMAPICA S.A.	-4 823 238	1.11	-316.08	1.68	-4.5%	-14.7%
8	EPS GRAU S.A.	-13 884 576	0.92	-6 281.34	7.44	-3.5%	-20.7%
9	EPS ILO S.A.	-22 099 224	0.78	-361.75	2.44	-35.4%	-82.8%
10	EMAPA PASCO S.A.	S.I.	0.96	S.I.	0.46	S.I.	S.I.

Elaboración: propia.

Fuente: Sunass (2012)

EPS Ilo fue una de las empresas con mayor pérdida neta en el ejercicio 2011, con 22 millones de soles. No obstante, su indicador relación de trabajo fue de 0,78, por lo que aún tiene un margen para asegurar la operación del servicio de agua potable. Por otra parte, la empresa Emapica se encuentra entre las

empresas con mayor dificultad financiera, tiene pérdidas netas, su relación de trabajo es mayor a 1 y muestra una cobertura de intereses negativa.

A partir de los indicadores mostrados, podemos concluir que las EPSS son empresas que tienen problemas de gestión tanto de la calidad del servicio como de los recursos económicos. No obstante, los incrementos tarifarios que han sido aprobados en el sector durante el periodo 2006-2011²³, las EPSS evidencian problemas de sostenibilidad económica. Solo 21 empresas del sector muestran algún grado de rentabilidad sin superar el 10% (a excepción de la EPS Tacna S.A.), tienen limitada capacidad para cumplir con el pago de los intereses de sus obligaciones financieras y poseen márgenes reducidos para llevar a cabo inversiones con recursos propios. Los problemas de sostenibilidad financiera que aún afrontan las EPSS ponen en relieve la necesidad de incentivar un mejor desempeño por parte de ellas, de tal manera que destinen en forma más eficiente los recursos que disponen.

1.6 La producción del servicio de agua potable

En el Perú, la producción del servicio de agua potable es un proceso que comprende²⁴:

²³ La SUNASS ha aprobado 5 reajustes tarifarios automáticos por efecto de la inflación entre los años 2007-2011. 3.681% en septiembre de 2007, 3.98% en abril de 2008, 3.19% en agosto de 2008, 3.77% en octubre de 2008 y 3.45% en septiembre de 2011. Asimismo, durante dicho periodo se han realizado más de 30 procesos de aprobación de fórmulas tarifarias, lo cual ha implicado el reajuste de las tarifas de las EPSS.

²⁴ Sedapal (2010 :9)

- i. El aseguramiento de fuentes disponibles, la captación, tratamiento y conducción de agua cruda
- ii. El almacenamiento, tratamiento y conducción de agua tratada
- iii. Distribución del agua tratada a los hogares, a través de las redes de distribución. Adicionalmente, este proceso puede requerir equipos de bombeo para que el agua potable pueda ser entregada a los usuarios.

La captación de agua puede ser superficial o subterránea, según la disponibilidad hídrica de la localidad donde opera la empresa. Se da por fuente subterránea cuando el agua es captada por pozos, galerías filtrantes o manantiales²⁵.

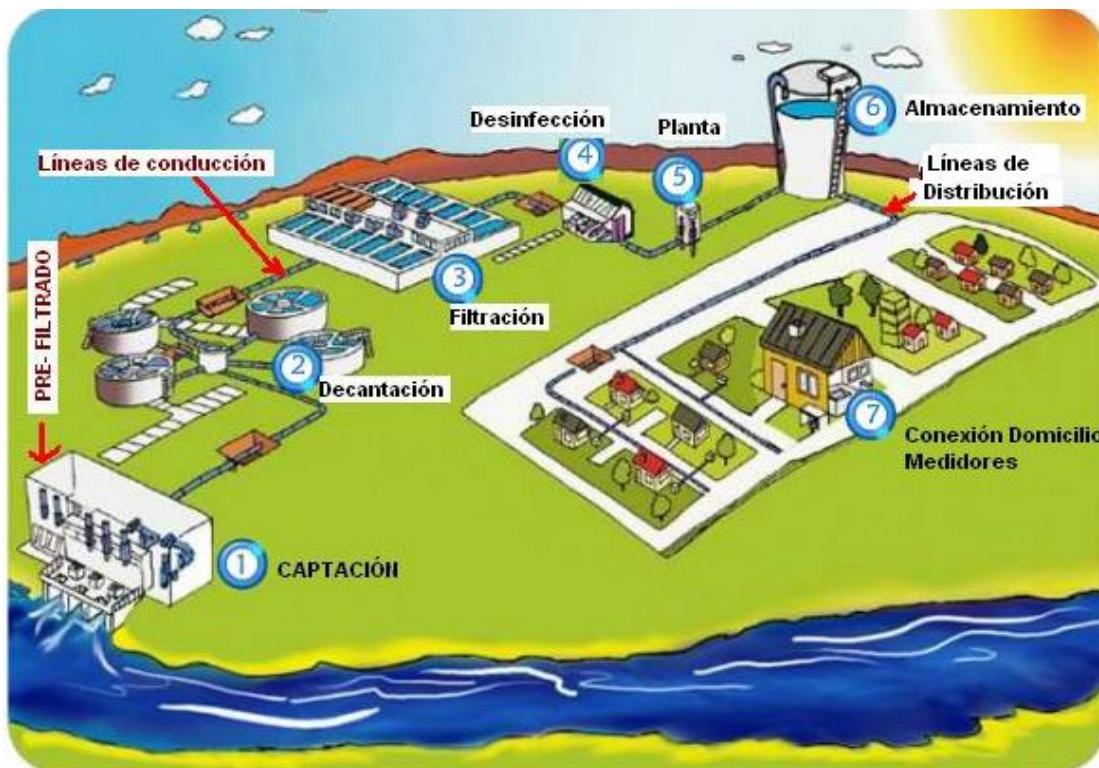
Cabe señalar que el proceso de producción en el Perú no incluye el enfoque de cuenca, con excepción de la EPSS de Moyobamba. Al decir enfoque de cuenca, nos referimos a la explotación planificada y conservación de los recursos hídricos a través de creación de fondos para la conservación de las cuencas²⁶.

²⁵ Las EPSS captan agua principalmente de fuentes superficiales, el uso de aguas subterráneas representó, en el año 2011, el 26% del total del agua captada (Sunass 2011).

²⁶ La Memoria Sunass (2007) señala que el proceso de determinación de tarifas de EPS Moyobamba, mediante el convenio interinstitucional Sunass-Inrena, incluye el esquema de Compensación por Servicios Ecosistémicos (CSE) como un componente para destinar fondos a la conservación de las microcuenca Mishiquiyacu, Rumiyacu y Almendra, las cuales presentaban deterioro debido a las prácticas de explotaciones agrícolas y de la población. Desde el año 2009, los usuarios pagan un nuevo sol por mes de conexión activa como parte del Esquema de Compensación de Servicios Ecosistémicos.

La figura 6 resume de forma gráfica el proceso de producción del servicio de agua potable. La figura hace referencia a la empresa ESSBIO de Chile, la cual tiene un proceso de producción similar a las EPSS del Perú.

Figura 7. Proceso de producción de agua potable



Fuente: Essbioeduca. Fecha de consulta: 15 de febrero 2013

De otro lado, el servicio de alcantarillado es un proceso complementario al servicio de agua potable, el cual, posterior a su consumo, se convierte en aguas residuales (o servidas), que son conducidas a plantas de tratamiento mediante las redes de alcantarillado.

2. Marco conceptual

2.1 Eficiencia: definición

Como explica Lovell (1993), Koopmans en 1951 fue quien proporciona la primera definición formal de eficiencia técnica, que la define como aquel nivel de producción en el cual no es posible disminuir uno de los insumos sin que se requiera aumentar algunos de los otros. Esta definición implica que un productor es técnicamente eficiente si no es posible reducir ningún insumo ni expandir más su producción.

A producer is technically efficient if an increase in any output requires a reduction in at least one other output or an increase in at least one input, and if a reduction in any input requires an increase in at least one other input or a reduction in at least one output (Lovell 1993:12).

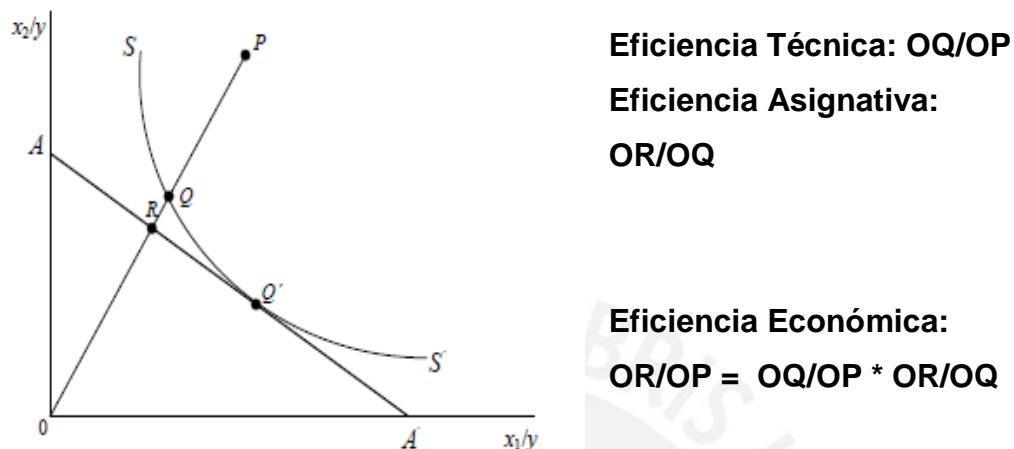
Posteriormente, como señala la literatura económica, Farrell, basándose en los estudios de Koopmans y Debreu, propone que la eficiencia económica de una firma comprende la “eficiencia técnica (*technical efficiency*)” y la “eficiencia asignativa (*price efficiency*)” (Coelli 1997:134).

De esta forma, Farrell (1957) resalta en su estudio la importancia de conocer cómo una industria puede aumentar su producción, solo incrementando

su eficiencia sin la necesidad de absorber futuros recursos. Los conceptos de eficiencia técnica, asignativa y económica son desarrollados en forma ilustrativa a partir de estimaciones del tipo radial con relación a una frontera de producción eficiente y bajo tres supuestos: 1) una firma que emplea dos insumos (x_1 , x_2 respectivamente) para producir una unidad de un bien, 2) la firma produce bajo condiciones de retornos constantes a escala y 3) la función eficiente de producción es conocida. De esta forma, asume que la isocuanta²⁷ eficiente de producción es conocida y la denomina “SS”. Por tanto, los puntos de producción a lo largo de SS' son eficientes, por lo que Q representa una firma eficiente. Los puntos fuera de SS', como el punto P, son ineficientes porque utilizan una mayor cantidad de alguno de los insumos. Entonces, **la eficiencia técnica (TE)**, que mide la capacidad de producir la mayor cantidad de un bien con la menor cantidad de insumos, se define como el ratio OQ/OP, desde que Q produce igual que P, pero con una menor proporción de insumos, tal como se observa en la figura 3. Los valores que puede tomar se encuentran entre cero y uno ($0 \leq OQ/OP \leq 1$), donde el valor 1 indica que la firma es eficiente y el valor 0, que es ineficiente.

²⁷ Farrell (1957) denomina “isocuanta unitaria” a la isocuanta SS', esta muestra las distintas combinaciones mínimas de los dos insumos (x_1 , x_2) para producir una unidad de un bien. Asimismo, la isocuanta SS' debe cumplir con dos condiciones: debe ser convexa y no debe tener ningún punto con pendiente positiva.

Figura 8. Medidas de eficiencia



Fuente: Coelli (1997:135).

Asimismo, define la **eficiencia asignativa** (EA) como la capacidad de usar aquella combinación de insumos que minimiza el costo, dado el precio de los insumos. Gráficamente, la eficiencia técnica es obtenida a partir de la pendiente de la línea de isocoste²⁸ (AA'), que es igual al ratio del precio de los dos insumos. Como se observa en la figura 3, en el punto Q' se produce igual que Q , aunque a un menor costo. En consecuencia, la eficiencia asignativa es calculada por el ratio OR/OQ , considerando que el costo en el punto R es igual que en el punto Q' . Finalmente, si la firma fuese completamente eficiente, tanto en lo técnico y asignativo, alcanzará la **eficiencia económica**, la cual es igual al producto de la eficiencia técnica y asignativa (ratio OR/OP).

²⁸ La línea de isocoste AA' representa la mejor combinación de los factores para producir una cantidad determinada al mínimo coste.

Donde se cumple que:

$$\text{Eficiencia} = \text{Eficiencia económica} * \text{Eficiencia técnica} * \text{Eficiencia asignativa}$$

En tal sentido, la eficiencia técnica definida por Farrell implica que las empresas que se encuentran produciendo por encima de la frontera de producción eficiente (SS') pueden mejorar su eficiencia, siempre que disminuyan la cantidad de algunos de los insumos, sin que varíe el nivel de su producción. Asimismo, como indica Ferro (2009), la medida de eficiencia es una noción relativa porque depende de la muestra de empresas con que sea comparada una firma, pues la frontera de producción eficiente es definida en función a un grupo de empresas determinado. De esta forma, si una empresa es técnicamente eficiente, significa que ninguna otra empresa de la muestra tiene un desempeño superior al suyo.

Es importante señalar que eficiencia y productividad son términos relacionados, pero distintos. Productividad, por un lado, es una medida que involucra los factores de producción, el progreso tecnológico y los cambios en la eficiencia de una firma. Eficiencia, de otro lado, es un concepto que la relaciona el menor empleo de recursos para obtener un nivel máximo de producción, dada la técnica empleada. Entonces, una mejora de productividad no necesariamente es el resultado de mejoras en la eficiencia, sino que puede ser el resultado del

progreso tecnológico, cambios en las economías de escala o la combinación de ambos (Coelli 1997:5).

2.2 Orientación de la frontera

Los conceptos anteriormente descritos han sido desarrollados en torno a la reducción de las cantidades de insumos en un espacio insumo/insumo, esto es generalmente conocido como *input-orientated measures*. Es decir, la frontera eficiente de producción ha seguido una orientación respecto las cantidades de los insumos. Alternativamente, la medida de eficiencia puede ser abordada, en términos de cuánto puede aumentar la producción sin alterar las cantidades de los insumos usados, lo que es denominado como *output-orientated measures* (Coelli 1997: 137).

Como indica Coelli (1997), la elección de la orientación depende de la capacidad de decisión de la empresa, si decide la combinación de insumos que minimiza el costo o el máximo nivel de producción que puede obtener, dada la cantidad de insumos que dispone. Ambas orientaciones (*input* u *output*), proporcionan medidas de eficiencia iguales solo cuando la empresa está operando en su tamaño óptimo, es decir, si su tecnología de producción está en condiciones de retornos constantes de escala. En otros casos, la estimación orientada a *input* u *output* dará resultados distintos de los índices de eficiencia, aunque el ordenamiento de las firmas identificadas como más y menos eficientes podría coincidir en algunos casos.

En el análisis empírico, la literatura económica refiere que cuando las empresas operan en el mercado de servicios públicos regulados, en donde deben proveer los servicios dada una tarifa preestablecida, resulta aconsejable la especificación de la frontera con una orientación *input* porque el nivel de producción es exógeno, pues las empresas no eligen el nivel de producción a ofertar; entonces, maximizan sus beneficios eligiendo la combinación de insumos que minimiza sus costos (Estache 2002: 2).

2.3 Metodologías de estimación

Dentro de las metodologías desarrolladas para la estimación de frontera eficiente se distingue dos enfoques: enfoque paramétrico, que agrupa modelos determinísticos y estocásticos; y el enfoque no paramétrico. Siguiendo a Rodríguez (1999) y Coelli (1995), presentamos brevemente ambos enfoques a continuación.

El enfoque paramétrico realiza la aproximación a la frontera mediante la definición a priori de la forma funcional que relaciona las variables independientes con las dependientes. La técnica empleada principalmente bajo este enfoque es la econométrica, por lo que la distancia entre la observación y la frontera eficiente puede ser explicada por el ruido estadístico y por la ineficiencia de la empresa. No obstante, este enfoque tiene desventajas porque exige supuestos respecto a la distribución del término de error, así como conocer a priori la forma funcional de la frontera. De esta forma, una mala especificación

del modelo puede originar errores de medición, al confundir los efectos de mala especificación funcional con ineficiencia.

En el enfoque no paramétrico, la frontera es construida a partir de las combinaciones lineales de los *inputs*. Entre las principales ventajas del enfoque no paramétrico se encuentra que no necesita que se especifique ninguna forma funcional a priori para describir la frontera eficiente, lo cual representa una ventaja sustantiva con relación al enfoque anterior. Sin embargo, debemos anotar que también tiene desventajas, entre ellas la dificultad de conocer si la medida de eficiencia está influenciada por error un estadístico, ya que no toma en cuenta el error aleatorio, tampoco es posible realizar test de hipótesis. Uno de los métodos más conocidos de este enfoque es el Análisis de la Envoltoriente de Datos (DEA), que es un método que usa la técnica de programación lineal para construir la frontera de producción.

Considerando que ambos enfoques tienen ventajas y desventajas, la elección del modelo a seguir dependerá de la industria a analizar, los datos disponibles y los objetivos que persigue la investigación.

2.4 El Análisis Envolvente de Datos (DEA)

El modelo DEA fue introducido por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), quienes continúan con el enfoque planteado por Farrell y proponen la aplicación de métodos de programación matemática para calcular las medidas de

eficiencia. Enfatizan que es posible el uso de la técnica DEA para la evaluación de programas públicos, incorporan para ello el término DMU (*decision making unit*), que alude a la toma de decisión de una empresa que suministra algún programa público.

El modelo DEA de Charnes, Cooper y Rhodes (1978) asume retornos constantes a escala. Posteriormente, Banker, Cooper y Rhodes, en 1984, realizan una extensión del modelo original y definen el modelo DEA con retornos variables a escala (Coelli 1997:140).

Como explica Cooper (1999), el modelo DEA evalúa la mejor performance de una DMU y todas las performances por la desviación desde la línea de la frontera, entonces todo alejamiento de la frontera se asume como ineficiencia. Las ventajas que ofrece el modelo DEA frente a otros métodos son²⁹:

- DEA no requiere una especificación previa de ponderaciones de cada insumo y producto, tal como lo necesitan los números índices.
- DEA no requiere prescribir una forma funcional previa de la función producción, lo cual es necesario en las aproximaciones econométricas. En los modelos DEA son los propios datos de las unidades de producción los que determinan la forma y la localización de la frontera
- DEA permite trabajar con un número grande de variables.

²⁹ En Cooper (1999) y Coelli (1997).

- DEA no requiere una especificación de la distribución del término de error, ya que no considera errores aleatorios.

Asimismo también presenta algunas desventajas, entre ellas, no permite comprobar si existe una relación estadística entre las variables insumo y las variables producto, toda desviación respecto a la frontera es tomada como una medida de ineficiencia.

En el análisis empírico, el Análisis Envolvente de Datos (DEA) se ha constituido en una importante herramienta para el análisis de la eficiencia y aplicado a un gran número de industrias, debido a su principal ventaja de no requerir una especificación previa para definir las relaciones entre los múltiples insumos e productos involucrados en las distintas actividades de producción (Coelli 2003).

2.4.1 Modelo DEA con retornos constantes a escala

El modelo propuesto por DEA con rendimientos constantes a escala (en adelante CRS) asume que todas las firmas producen en una escala óptima, siguiendo la notación de Coelli (1997), el modelo puede ser denotado como:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\mu, \lambda} \theta \\
 \text{Sujeto:} \\
 & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 & \theta x_i + X\lambda \geq 0 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{aligned}$$

Donde:

- θ es un escalar e indica la puntuación de eficiencia de una unidad productiva (o de la i -ésima firma). θ puede tomar valores entre 0 y 1, si $\theta=1$ significa que es una firma técnicamente eficiente, si $\theta=0$ indica que la firma es ineficiente.
- λ es un vector $N \times 1$ de las ponderaciones entre pares de firmas.
- Mientras que X e Y son las matrices de $M \times N$ de los productos y $K \times N$ insumos.

Charnes, Cooper y Rhodes (1978) asumen el supuesto de que todas las firmas de la muestra operan en una escala eficiente, lo cual resulta ser poco probable. Si asumimos retornos constantes a escala, podemos tomar el riesgo de confundir la medida de eficiencia técnica por la medida de eficiencia en escala. Dicha discusión en la literatura económica llevo la inclusión de modelos que consideren retornos variables de escala.

2.4.2 Modelo DEA con retornos variables de escala

El modelo DEA con retornos variables de escala (en adelante VRS) agrega la restricción de convexidad para asegurar que una firma sea comparada con otra de igual tamaño. De forma tal, podemos distinguir que la eficiencia de una unidad de decisión (DMU) está condicionada no solo por su gestión sino también por la escala en la que opera. Por tanto, la estimación del modelo con

retornos variables a escala da por resultado una medida de eficiencia técnica pura. (Coelli (1997:151)

$$\min_{\mu, \lambda} \theta$$

sujeto:

$$-y_i + Y\lambda \geq 0$$

$$\theta x_i + X\lambda \geq 0$$

$$N\lambda = 1$$

$$\lambda \geq 0$$

El término $N\lambda = 1$ es una restricción de convexidad que asegura que solo las firmas de igual tamaño sean comparadas.

2.5 Descomposición de la eficiencia técnica

Como Cooper (1999:137) explica cuando una DMU es completamente eficiente ($\theta=1$), tanto en una estimación con retornos constantes de escala y variables de escala, significa que está operando en forma óptima y el nivel de producción se encuentra en su punto óptimo. Por lo que, la eficiencia técnica puede ser descompuesta en eficiencia técnica pura y eficiencia en escala a partir de la estimaciones simultáneas CRS y VRS. La *Eficiencia en Escala* expresa la eficiencia que una firma puede alcanzar si operase en la escala adecuada, es decir el tamaño de producción es el óptimo. Mientras que la *Eficiencia Técnica Pura* representa específicamente la habilidad de la firma para producir más con la cantidad de inputs que dispone (o reducir la cantidad de inputs para producir

un determinado nivel de producción) (Coelli 1998). En forma representativa podemos expresar dicha relación como:

$$\text{Eficiencia técnica} = \text{Eficiencia técnica pura} * \text{Eficiencia de escala}$$

O su equivalente:

$$\theta_{\text{CRS}} = \theta_{\text{VRS}} * \text{Eficiencia de escala (SE)}$$

Donde θ_{CRS} es el puntaje de eficiencia técnica, que se obtiene mediante una especificación DEA con retornos constantes a escala, y θ_{VRS} es el de eficiencia técnica pura, el cual resulta de estimación DEA con retornos variables de escala. Por tanto, solo cuando la empresa opera en escala eficiente, los índices de eficiencia θ_{CRS} y θ_{VRS} serán iguales a 1 y SE será igual a 1.

2.6 Eficiencia y regulación

El desarrollo de estudios de medición de la eficiencia en el campo de regulatorio está relacionado con esquemas de regulación por comparación, o más conocido como *Yardstick competition*, y competencia por exposición, *Sunshine competition*. Ambos esquemas comparan el desempeño individual de una firma en relación con las mejores prácticas observadas, con la finalidad de promover la eficiencia productiva a través de incentivos por sus mejoras y compensaciones por sus ahorros, trasladando la ganancia de eficiencia a los

usuarios, ya sea a través de menores tarifas, mejoras de calidad del servicio, etc.

En la práctica regulatoria los estudios de eficiencia han sido adoptados en diversos sectores de servicios públicos, como electricidad, telecomunicaciones, transporte y agua potable (Ferro y Romero 2009:8). En el caso peruano, se utilizan *benchmarks* teóricos (también conocidos como “empresa modelo”) para la regulación de tarifas de distribución en el sector eléctrico.

En el caso de los servicios públicos regulados, la especificación de la frontera sigue generalmente una orientación *input* porque el nivel de producción está determinado exógenamente, es decir las firmas no eligen el nivel de producción sino que están obligadas a satisfacer la demanda. Entonces, las empresas maximizan beneficios mediante la elección de combinación de *inputs* que minimizan sus costos de producción. Sin embargo, la utilización de orientación *input* no deja de estar exenta de algunas limitaciones, entre ellas, la dificultad de disponibilidad de los precios de todos los factores y productos, dificultades de comparación a nivel internacional, es el caso de los precios de los factores que se encuentran en diferentes unidades monetarias, tasas de inflación distintas, reglas de impuestos (Coelli y Perelman 2003).

3. Experiencia empírica

En el campo empírico, la metodología DEA ha sido aplicada en diversos sectores de la industria y servicios públicos regulados, como es el caso del sector eléctrico, aeroportuario y también el de servicios públicos de saneamiento. Los objetivos de estudios han sido diversos: el uso de la metodología DEA como herramienta de regulación y esquemas de incentivos de *benchmarking*, analizar la eficiencia diferenciando la gestión pública de la privada, evaluar los efectos de la regulación sobre la eficiencia de una industria, evaluar el desempeño de una industria a nivel regional, etc.

3.1 DEA revisión internacional

A continuación se realiza una breve revisión de las experiencias internacionales e investigaciones respecto al uso de la metodología DEA en el ámbito de los servicios públicos de saneamiento.

Entre las experiencias de instituciones del sector saneamiento que han utilizado la metodología DEA como instrumento para incentivar la eficiencia, citaremos el caso de Inglaterra y Colombia. La autoridad de servicios de agua de Inglaterra y Gales (OFWAT- The Water Services Regulation Authority)³⁰ emplea el modelo Price Cap para fijar los precios máximos que las empresas pueden cobrar por los servicios de saneamiento, bajo un criterio conocido como RPI-X+Q. Donde RPI es la variación del índice de precios al consumidor, X es el factor de eficiencia y Q es el factor que recoge el aumento de precios necesario para mejoras de la calidad. El factor X es determinado por comparación de la eficiencia de los costos operativos. Los métodos empleados para la estimación del factor X han sido econométricos y modelos no paramétricos, entre ellos el modelo DEA, usado en la revisión tarifaria del año 1994. Actualmente, la OFWAT utiliza en forma conjunta metodologías alternativas para validar los resultados obtenidos, que han sido favorables para la OFWAT, puesto que hay evidencia del incremento de eficiencia e innovación, lo cual se refleja en menores costos, altos estándares de calidad y límites de ingresos permitidos por el Price Cap (Witte 2007:3).

³⁰ El servicio de agua potable y alcantarillado en Inglaterra y Gales comprende 21 empresas privadas: 10 proporcionan el servicio de agua potable y alcantarillado, y 11 solo el servicio de agua potable. Adicionalmente existen empresas que operan con licencias para atender a clientes con grandes consumos, pero estas no se encuentran comprendidas dentro de las empresas sujetas a comparación, que en conjunto proporcionan el servicio de agua potable a más de 54 millones de consumidores anualmente. En: http://www.ofwat.gov.uk/regulating/reporting/rpt_int_08engandwales

En Latinoamérica, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia (CRA)³¹, institución encargada de la regulación de tarifas del sector de los servicios de saneamiento, desde el año 2004, incorporó el uso de la metodología DEA para el cálculo de costos eficientes de administración y producción de los servicios de agua potable (acueducto) y alcantarillado. La metodología empleada para estimación de costos eficientes establece parámetros mínimos que las empresas prestadoras deben tener para que sean incluidas en el modelo de eficiencia, con el objetivo de que sean comparables. Los parámetros mínimos establecidos son continuidad 80%, nivel de micromedición 70%, eficiencia en el recaudo 60% y rezago de conexiones alcantarillado con respecto a acueducto 50%³². Por su parte, el Informe Sectorial de la CRA (2009) señala que el análisis de eficiencia ha contribuido a la reducción de variabilidad de costos y la disminución de las asimetrías de información en el conjunto de empresas evaluadas³³.

De otro lado, las investigaciones del sector saneamiento han utilizado el Análisis Envolvente de Datos (DEA), principalmente, para analizar si el desempeño de los operadores privados es superior a las empresas públicas, pero los resultados obtenidos no han permitido llegar a una respuesta

³¹ Entidad creada en el año 1994.

³² La Resolución 287 de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia contiene la explicación detallada del modelo DEA utilizado para el cálculo de costos eficientes.

³³ El sector saneamiento en Colombia se caracteriza por ser atomizado. En el año 2009, en los 1 102 municipios de Colombia, existían 6 453 prestadores de servicios de agua potable y saneamiento. En los municipios con menos de 2 500 habitantes predominan los municipios prestadores directos y organizaciones autorizadas, los cuales representan el 73% de los prestadores. Mientras que en los municipios con más de 2 500 habitantes predominan las empresas de servicios públicas o privadas. En los últimos cuatro años, la CRA ha logrado evaluar en forma continua la información reportadas por 200 empresas del sector (CRA 2010).

concluyente. Ortega (2007:5) resume algunos de los principales resultados de los estudios del sector:

El estudio de Lambert (1993) investiga la eficiencia relativa de empresas de agua a partir de datos de referidos a 1989 de 238 empresas públicas y 33 empresas privadas, concluyendo que la eficiencia de ambos grupos analizados es baja. Bhattacharyya (1994) concluye que las empresas públicas son más eficientes que las empresas privadas y Bruggink (1982) concluye que los mayores niveles de eficiencia son alcanzados por las empresas públicas.

Asimismo, Estache (2002) compara la eficiencia de las empresas públicas y privadas de saneamiento de Asia, basándose en una frontera estocástica de costos. Los resultados que obtiene tampoco son concluyentes, ya que no encuentra diferencias significativas entre empresas públicas y privadas.

De otro lado, Seroa da Motta (2004) estudia el debate en Brasil respecto a si los servicios de agua potable y saneamiento deben ser manejados por el sector privado o público, sin que ello interfiera en los objetivos sociales de la provisión del servicio de agua. El estudio concluye que el tipo de propiedad no define la productividad y eficiencia de las empresas, y encuentra evidencias para afirmar que las variables que afectan directamente el desempeño de las empresas son la jurisdicción de los operadores (públicos y/o privados) y el grado de regulación. Dado que los resultados muestran una mayor ganancia de productividad y eficiencia a nivel local, donde existe mayor regulación, indiferentemente del tipo de propiedad, se observa menor eficiencia donde la regulación es más débil.

Ortega (2007)³⁴ investiga la eficiencia técnica y diferencias entre la gestión pública y privada de un total de 437 municipios de España que brindan el servicio municipal de abastecimiento, saneamiento y depuración de aguas. Concluye que los municipios españoles se caracterizan por niveles reducidos de eficiencia global como consecuencia de la excesiva cantidad de *inputs*, es decir encuentra un alto nivel de ineficiencia técnica pura (en promedio 0,11). Asimismo, parte de la ineficiencia se debe a que no operan en escala óptima, el índice medio de la eficiencia en escala es de 0,32. Aunque no encuentra evidencia para concluir que la gestión privada sea mejor que la pública, los resultados son similares. Un aspecto importante que destaca es que encuentra evidencia de que el tamaño de núcleo atendido y el volumen de agua abastecido tienen un impacto positivo sobre la eficiencia. Cabe señalar que para su estudio utiliza tanto el modelo DEA CCR como el BCC orientado a *inputs*, considerando un total de 8 variables *output* (consumo de agua, longitud de red suministro, longitud de red de alcantarillado, volumen de agua residual, volumen de agua depurado, población con servicio de abastecimiento, población con servicio de tratamiento de aguas residuales, población con servicio de alcantarillado y una sola variable *input* (gastos de explotación generados).

En un estudio más reciente, Picazo (2007) agrega al análisis la variable calidad del servicio, criticando que la mayoría de estudios omite un aspecto relevante de la prestación de servicio: calidad del servicio. Realiza la

³⁴ El modelo propuesto por Ortega (2007) se apoya en los trabajos de Thanassoulis: “DEA and its use in the regulation of water companies” y “The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution”.

investigación para la región sur de Andalucía y usa como variables proxy de la calidad del servicio el “agua no contabilizada” y los “controles sanitarios para verificar idoneidad”. El estudio concluye que las puntuaciones de eficiencia técnica son mayores cuando el modelo considera la dimensión de calidad del servicio, sin que ello afecte el orden de desempeño de las empresas analizadas.

La tabla 10 resume los principales estudios que han evaluado la eficiencia de los servicios de agua potable y saneamiento bajo el análisis envolvente de datos (DEA). Como se observa, la mayor parte de estudios analiza la eficiencia técnica por su facilidad de aplicación a partir de la información estadística respecto las cantidades de insumos, costos y productos producidos por las empresas.

Tabla 10. Estudios DEA en el sector de agua potable y saneamiento, referencia internacional

Autor	País	Años en la muestra	Empresas	Indicador de desempeño	Metodología
Anwandter y Ozuna (2002)	México	1995	110	TE	DEA y Análisis de segunda etapa
Byrnes, et al (1986)	EE.UU.	1976	127 (68 públicas y 59 privadas)	TE	DEA
Coelli y Walding (2006)	Australia	1996-2003	18	TPF, TC	DEA
Cubbin y Tzanidakis (1998)	Reino Unido	1994	29	CE	SFA, DEA
Ezbetta y Cave 2006	Reino Unido	1993-2005	10	TE	DEA
García y Sánchez (2006)	España	1999	24	TE	DEA
Kirkpatrick, et al. (2006)	Países Africanos	2000	110	CE	SFA, DEA
García, Valiñas y Muñoz (2007)	España	1985-2000	3	CE	DEA
Norman y Stoker (1991)	Reino Unido	1987-1988	28	TE	DEA
Lambert, et al (1994)	EE.UU.	1989	271 (238 públicas y 33 privadas)	TE	DEA
Picazo- Tadeo, et al. (2007)	España	2001	34	TE	DEA
Picazo- Tadeo, et al. (2007)	España	2001	38	TE	DEA
Picazo- Tadeo, et al. (2007)	España	2001	34	TE	DEA-SFA
Renzetti y Dupont (2008)	Canadá	1996	64 Públicas	TE	DEA
Sawkins y Accam (1994)	Reino Unido	1984-1985 / 1992-1993	12	TE	DEA
Seroa da Motta y Moreira (2006)	Brasil	1998-2002	104(93 públicas y 11 privadas)	TPF	DEA-SFA
Carmo e Távora (2003)	Brasil	2000	26 (empresas públicas)	CE	DEA
Shih, et al (2004)	EE.UU.	1995-2000	132	TE	DEA
Thanassoulis (2000a)	Reino Unido	1992/93	32	TE	DEA
Thanassoulis (2000b)	Reino Unido	1992/93	32	TE	DEA
Tupper y Resende (2004)	Brasil	1996-2000	20	TE	DEA y Análisis de segunda etapa.
Tupper y Resende (2004)	Australia	1999-2000	73	TE, TPF	DEA y Análisis de segunda etapa.

Elaboración Propia

Fuente: Ferro (2009) y Rebelatto (2006).

Nota

AE: eficiencia asignativa

CE: eficiencia productiva

TPF: productividad total de los factores

TC: cambio tecnológico

TE: eficiencia técnica

SFA: análisis de frontera estocástica

3.2 Estudios DEA en el Perú

En el caso del Perú existen escasos estudios de la metodología DEA aplicada a las compañías de servicios de agua potable y saneamiento, en comparación con otros grupos de empresas dedicadas a actividades como el servicio aeroportuario, portuario, eléctrico, microfinanzas, salud, entre otros.

Entre los estudios DEA aplicados a servicios públicos en el Perú, podemos citar a Chen (2008) que analiza las variables que tienen mayor impacto sobre la eficiencia de las empresas de agua potable y saneamiento en el Perú, De la Torre (2008), quien investiga la eficiencia y productividad de los aeropuertos regionales en el Perú; Tam (2008), que analiza la eficiencia en el gasto público regional en educación; Pérez (2009), que estudia la eficiencia y cambio de la productividad de las compañías de distribución eléctrica en el Perú.

- **Saneamiento**

Chen (2008) utiliza la metodología DEA para analizar cuáles son las variables que tienen mayor impacto para explicar la eficiencia de las empresas de agua potable y saneamiento en el Perú. Para ello construye tres modelos: el primero solo incluye variables de costos y producción; el segundo, variables de calidad (continuidad, cobertura, cloro); y el tercero otorga una ponderación doble a las variables de calidad. Sobre la base de los resultados obtenidos para una muestra de 38 EPSS con datos que corresponden al periodo (1996-2001), concluye que las variables de producción físicas (número de clientes y agua facturada) juegan un rol determinante en la estimación de la eficiencia de las

firmas en comparación con las variables de calidad del servicio (continuidad, cloro). El estudio también calcula el Índice de Productividad Malmquist con el fin de analizar los cambios de eficiencia para el periodo 1998-2001. Al respecto, el autor concluye que hay un crecimiento de la productividad, aunque bastante modesto, y que durante 2000-2001 el índice de Malmquist muestra un menor crecimiento de la calidad del servicio de agua potable, lo cual sugiere que hubo una pérdida de incentivos de las EPSS para mejorar su calidad. Es importante señalar que las conclusiones del estudio son de carácter general, sin establecer comparaciones entre las empresas de la muestra de análisis.

• Aeropuertos

De la Torre (2008) mide la eficiencia y productividad de los aeropuertos regionales del Perú entre los años 2002 y 2006, utilizando el modelo Data Envelopment Analysis Malmquist (DEA Malmquist), porque dicha metodología permite identificar las fuentes que generan la eficiencia y la productividad en los aeropuertos regionales. La especificación del modelo sigue una orientación *input*, considerando que al ser una industria regulada no tiene control sobre su demanda. El trabajo concluye que los aeropuerto de Cusco, Piura, Puerto Maldonado, Tarapoto y Tacna presentan incrementos de la productividad asociados a cambios en la demanda y manejo eficiente de sus factores de producción, pero sin alcanzar eficiencias de escala. En el caso de los aeropuertos de Pucallpa y Trujillo, encuentra que se ubican en la frontera de producción, pero debido a que no experimentaron incremento significativo de la

demandas no se han trasladado a la nueva frontera de producción, es decir, son aeropuertos eficientes pero con baja productividad. El aeropuerto de Tacna es productivo, pero no llega a alcanzar un nivel óptimo de eficiencia. Finalmente, el aeropuerto de Juliaca muestra los resultados más alejados de la frontera de eficiencia y los niveles más bajos de productividad.

- **Educación**

Tam (2008) investiga el nivel de eficiencia técnica del gasto público en educación al interior de las regiones del Perú, para lo cual se utiliza, en una primera etapa, el Data Envelopment Analysis, y, en una segunda, estima los puntajes de eficiencia utilizando un modelo Tobit: aislando el efecto de las variables insumos no discrecionales (estatus socioeconómico y cultural, y el grado de ruralidad de las regiones). El estudio concluye que los resultados de eficiencia están asociados a las condiciones socioeconómicas, asimismo encuentra evidencia estadística significativa entre las variables no discrecionales y el desempeño de las unidades tomadoras de decisión (direcciones regionales). El estudio utiliza un modelo DEA BCC orientado a producto y de forma complementaria DEA orientado a *input*.

- **Electricidad**

Pérez (2009) investiga la evolución de la productividad de las compañías de distribución de electricidad para el periodo 1996-2006, con el propósito de conocer si las reformas de 1993 han tenido impacto positivo sobre el desempeño del sector. Divide su análisis en dos etapas, en la primera aplica el índice de

Malmquist de productividad total de los factores (PTF) y en la segunda descompone el cambio total basándose en el análisis envolvente de datos (DEA) orientado a insumos. El estudio encuentra evidencia de que las reformas de privatización han tenido influencia positiva sobre las empresas del sector durante el periodo de análisis, asimismo se observa cambios positivos en la eficiencia y asignación de recursos de las empresas privadas y públicas.

Finalmente, se puede concluir que los estudios de eficiencia mediante la técnica DEA han sido utilizados ampliamente para empresas del servicio de agua potable y saneamiento. Los resultados son relevantes porque contribuyen a tener una mayor información sobre los factores que afectan la eficiencia, cómo responder las empresas a los esquemas de regulación aplicados y da pautas al diseño de estrategias para promover la eficiencia³⁵,

Cabe mencionar, que la Sunass publica anualmente el denominado *benchmarking regulatorio*, que consiste en establecer un *ranking* de empresas de saneamiento basado en la ponderación de 14 indicadores (indicadores de gestión financiera, comercial, operativa e indicadores que miden aspectos de gobernabilidad y gobernanza). El *benchmarking* regulatorio aplicado por la Sunass no mide la eficiencia sino tiene por finalidad evaluar si la gestión de las EPS sigue las políticas, lineamientos y objetivos estratégicos del sector saneamiento (Sunass 2012).

³⁵ El anexo 4 ofrece un cuadro que resume las variables que son usualmente elegidas en los estudios de eficiencia de servicio de agua potable y saneamiento discutido en el presente capítulo.

4. Aspectos metodológicos

En el presente capítulo describimos los aspectos metodológicos y variables seleccionadas con el propósito de analizar y medir la eficiencia técnica de prestación del servicio de agua potable provisto por las EPSS, así como conocer los factores que influyen en su eficiencia. La metodología elegida es el Análisis Envolvente de Datos (DEA) por las ventajas de aplicación que ofrece con relación a los métodos econométricos. De acuerdo con la metodología DEA, una EPSS será catalogada como eficiente cuando es capaz proveer el servicio de agua potable con la menor cantidad de recursos que dispone (costos de operación, mano de obra). Es importante anotar que el índice de eficiencia obtenido será una medida relativa, puesto que la frontera eficiente está determinada por las mejores prácticas de una determinada muestra de empresas (39 EPSS) para un periodo determinado (año 2011) que proveen el servicio de agua potable en el ámbito urbano.

4.1 Base de datos

El periodo de análisis corresponde al año 2011. La base de datos utilizada proviene del documento “Las EPS y su Desarrollo 2012” elaborado por la Gerencia de Fiscalización de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (Sunass), disponible en el portal web (www.sunass.gob.pe). Debido a la disponibilidad de información se obtuvo información para un conjunto de 39 EPSS.

4.2 Medición de la eficiencia de las EPSS

La especificación de frontera eficiente sigue una orientación a insumos (*input-orientated measures*), dado que las EPSS operan en un mercado de monopolio natural en el cual les corresponde proveer un nivel de producción establecido exógenamente por la demanda y metas mínimas de cobertura proyectadas por el regulador. Razón por la cual se asume que las EPSS tienen un mayor control sobre los recursos que dispone en comparación con el nivel de producción, éstas pueden maximizar sus beneficios a través de los inputs que minimiza sus costos.

Por lo tanto, la estimación empírica de la eficiencia en la prestación del servicio de agua potable provisto, mide cuanto una EPSS puede reducir los recursos que disponen para obtener el mismo nivel de producción. Es importante anotar, que los puntajes de eficiencia que obtenidos son medidas relativas y no absolutas; si una empresa es catalogada como eficiente ($\theta=1$), quiere decir que

está asignando mejor sus recursos en comparación al conjunto de EPSS de la muestra, resultado que está condicionado a los supuestos y variables seleccionadas. En consecuencia, no implica que las empresas identificadas como eficientes estén abasteciendo al total de la demanda dentro del ámbito de su administración.

4.3 Selección de variables

Luego, de haber revisado estudios previos en sector de servicios públicos de saneamiento, la disponibilidad de información estadística y analizado la consistencia de los datos para evitar incluir observaciones con datos “outliers” que pudieran dar resultados poco confiables. Se seleccionó las siguientes variables:

- Costos de producción y mano de obra del servicio de agua potable, resumen el empleo de insumos físicos y monetarios de las EPSS.
- Volumen facturado y número de conexiones proporcionan información respecto a la capacidad de producción
- La variable continuidad del servicio de agua potable, evidencia la calidad de prestación del servicio de agua potable.
- La variable kilómetros de red como proxy de la dispersión geográfica de los usuarios, características particular de cada localidad dentro el ámbito de competencia de las EPSS:

Funcionalmente, la eficiencia técnica puede ser expresada:

$$\theta = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \quad (1.1)$$

Donde θ es la variable endógena (eficiencia prestación del servicio de agua potable) que depende de las variables explicativas (X_i):

X_1 Costos de operación	X_4 Número de conexiones
X_2 Número de trabajadores	X_5 kilómetros de red
X_3 Volumen facturado	X_6 Continuidad

- Número de trabajadores

La variable número de trabajadores influye directamente con los costos de la empresa. Cuanto más grande sea la empresa, se espera que requiera de una mayor cantidad de mano de obra y por consiguiente, tenga un costo mayor de mano de obra. La variable número de trabajadores es una variable controlable por la empresa porque ésta puede decidir los cuadros de personal, nivel de calificación, supervisión e incentivos para aumentar la productividad de los trabajadores.

Es importante indicar que la variable número de trabajadores reportada por las EPSS a la Sunass, no incluye los trabajadores contratados bajo servicios tercerizados.

- **Costos de operación**

La variable costo de operación del servicio de agua potable³⁶ ha sido construida a partir del costo operativo del año 2011 de las EPSS y las proyecciones financieras contenidos en los Estudios Tarifarios³⁷. Se ha preferido estimar la variable costo de agua potable, en lugar de trabajar con la variable costo operativo total porque éste incluye los costos de producción del servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. Razón por la que trabajar con la variable costo total, sobredimensionaría los costos reales de producción de agua potable. La variable costos de operación es una variable controlable, ya que la EPSS puede elegir la tecnología de producción e insumos.

- **Volumen de agua facturada**

Teniendo en cuenta que las EPSS se caracterizan por tener un alto porcentaje pérdidas de agua potable producida³⁸, debido a las pérdidas técnicas y comerciales que en conjunto representa en algunos casos hasta el 60% del agua producida, se optó por trabajar con el volumen de agua facturado.

Creemos que la variable volumen de agua facturado da cuenta de la cantidad de agua que la empresa es capaz de entregar al mercado donde provee el servicio de agua potable. El alto porcentaje de agua potable no facturada evidencia un deficiente gestión en mantenimiento, renovación y rehabilitación de

³⁶ El anexo 5 detalla la estimación del costo del servicio de agua potable.

³⁷ Los estudios tarifarios son elaborados por las Sunass como parte del proceso de determinación de tarifas quinquenales.

³⁸ En el año 2011, el promedio de agua no facturada fue de 39.2%, cifra menor al año anterior (41.5%). No obstante, algunas EPSS, Semapa Barranca, Emapab y Aguas de Tumbes S.A. tuvieron pérdidas superiores al 60%. El anexo 6 muestra el porcentaje de agua no facturada de cada EPSS para el año 2011.

las redes de distribución de agua potable e instalación de medidores para reducir las pérdidas comerciales.

- **Número de conexiones**

La variable conexiones es una variable que refleja la estructura del mercado, las empresas prestadoras que tienen una mayor población bajo su administración tienen un mayor número de conexiones. El número de conexiones es una variable no controlable por la empresa, ya que ésta no puede cambiar el tamaño del mercado donde opera.

- **Kilómetros de red de agua potable**

La variable kilómetros de red refleja el tamaño de la infraestructura de las redes de distribución de una empresa prestadora y se relaciona con la dispersión geográfica de la población. La longitud de la red de agua potable será mayor tamaño en aquellas EPSS con mayor dispersión poblacional y cantidad de usuarios.

- **Continuidad**

La variable continuidad muestra la calidad del servicio y capacidad de gestión operacional de las EPSS, cuanto mayor es la capacidad de producción de una EPSS tiene más posibilidades para proveer el servicio de Agua Potable en forma continua, 24 horas al día. La variable está relacionada con los costos de forma directa a mayor continuidad del servicio mayor son los costos de

operación, tales como costo de energía y bombeo. La variable continuidad ha sido incluida como representativa de la calidad del servicio, a fin de evitar identificar como eficiente a empresa con bajos costos y baja calidad³⁹.

4.4 Metodología Seleccionada

La metodología seleccionada es el Análisis Envolvente de Datos (DEA) por las ventajas que ofrece con relación a los métodos econométricos. Como se mencionó en el capítulo 2, DEA no requiere presuponer la forma de la función producción o de costes ni la forma la distribución del término de error, consiguientemente, evita incurrir en problemas derivados de mala especificación. Asimismo, las investigaciones y la experiencia internacional validan el uso de la metodología DEA como herramienta capaz de proporcionar información válida sea para evaluar el desempeño de los servicios públicos de una sociedad o para aplicar un mecanismo de regulación, por ejemplo regulación por comparación, empresa Modelo Eficiente.

Como se mencionó, el modelo propuesto DEA sigue una orientación a input, donde la frontera está definida por aquellas empresas que utilizan la menor cantidad de *inputs* (representado por los costos operacionales y número de trabajadores) para obtener la mayor cantidad de *outputs* (tales como: continuidad, conexiones, agua potable, volumen de agua facturada). Sobre la base de las variables seleccionadas en el punto 4.3, la especificación del modelo se muestra en el cuadro 11.

³⁹ En forma similar al estudio de Lin (2008) y Estache (2002).

Tabla 11. Variables *input* y *output* seleccionadas

Variables Input	Variables Output
Costo Operativo del Servicio de Agua Potable (S/.)	Número de Conexiones Volumen Agua Facturada (m ³)
Número de Empleados	Continuidad del Servicio de Agua Potable (Horas diarias) Longitud de red (km)

Fuente: Elaboración Propia

a. Variables Input

Las variables input elegidas para representar los recursos que la empresa necesita para obtener los productos son: Número de empleados y costos operativos del servicio de agua potable.

b. Variables Output

Las variables output son los productos que la empresa obtiene, las variables seleccionadas son: Volumen de agua facturada, número de conexiones, continuidad del servicio de agua potable y kilómetros de red. Cabe señalar, que algunos estudios asumen la variable kilómetros de red como variable input que representa la infraestructura de la empresa. Sin embargo, hemos preferido utilizarla como variable output porque también expresa la dispersión geográfica de los usuarios. Ciertamente las ciudades difieren en su desarrollo urbano sea por factores geográficos y/o económicos, donde se observa que las localidades con mayor dinamismo comercial tienen una mayor concentración población. Aquella característica descrita puede ser aproximada, a través de la variable

kilómetros de red, ya que las EPSS necesitaran una menor cantidad de kilómetros de red en zonas de mayor concentración poblacional en comparación con las zonas de alta dispersión poblacional.

Asimismo, se asume que todas las EPSS producen agua potable dentro de los estándares de salubridad. En el año 2011, la información referente a la presencia de cloro residual fue cercana al 100% para la mayoría de las EPSS. Luego de seleccionar las variables y calcular la variable costo de agua potable, la muestra para el presente estudio comprende 39 EPSS. No fue posible realizar el análisis para las 50 EPSS debido a dos razones: i) Algunas EPSS no reportaron información completa de todas sus variables en el año 2011. ii) No fue posible construir una variable proxy del costo de producción del servicio de agua potable para todas las EPSS. La construcción de dicha variable estuvo sujeta al número de EPSS con estudios tarifarios publicados por la SUNASS a diciembre del 2012, motivo por el cual sólo pudo estimarse el costo aproximado del servicio de agua potable para 39 EPSS⁴⁰.

La tabla 12 contiene las estadísticas básicas del conjunto de datos de las variables seleccionadas para la estimación del modelo DEA. Se observa una desviación estándar alta de las variables, debido a los valores atípicos de Sedapal S.A. con relación al resto de empresas del sector. Como se mencionó en el capítulo 1, Sedapal concentra el 49,8% de la población con acceso al servicio de agua potable mediante una red pública.

⁴⁰ El anexo 7 contiene base de datos de las variables seleccionadas.

Tabla 12. Estadísticas básicas de las variables del Modelo DEA

Variables	Obs	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Inputs					
Número de trabajadores	39	204	384	6	2 284
Costo estimado de agua potable	39	21 100 000	85 600 000	152 801	538 000 000
Outputs					
Número de conexiones	39	76 412	214 906	2 843	1 344 403
Volumen facturado	39	19 700 000	70 500 000	475 679	444 000 000
Continuidad (horas)	39	16	6	2	24
Longitud de red	39	1 022	4 094	17	25 795

Elaboración propia

Fuente: Sunass (2012)

La tabla 13 muestra las estadísticas básicas de la muestra de empresas, sin incluir a Sedapal S.A. Se observa que la desviación estándar y los valores máximos de las variables se reducen significativamente. La media de costo estimado de agua potable pasa de 21,1 millones a 7,5 millones, la media del número de conexiones de 76 412 disminuye a 43 014, el volumen facturada de 19 700 000 reduce a 8 487 135 y el longitud de red promedio de 1 022 km a 370.

Tabla 13. Estadísticas básicas de las variables, sin incluir Sedapal S.A.

Variables	Obs	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Inputs					
Número de trabajadores	38	149	176	6	740
Costo estimado de agua potable	38	7 511 590	11 100 000	152 801	52 000 000
Outputs					
Número de conexiones	38	43 044	53 248	2 843	233 078
Volumen facturado	38	8 487 135	10 100 000	475 679	39 800 000
Continuidad (horas)	38	15	6	2	24
Longitud de red	38	370	434	17	1 829

Elaboración propia

Fuente: Sunass (2012)

4.5 Lineamientos metodológicos sobre el modelo de eficiencia

Con la finalidad de obtener los índices de eficiencia técnica (ET) y sus componentes: eficiencia técnica pura (EP) y eficiencia en escala (EE). Primeramente se estimará un modelo DEA con retornos constantes a escala, lo cual proporcionará índices de eficiencia técnica. Posterior al análisis de los resultados, se estimará el modelo DEA con retornos variables de escala. De esta forma podemos descomponer la medida de eficiencia técnica obtenida y poder explicar los factores que estarían influyendo sobre ésta.

Los resultados de las medidas de eficiencia obtenidos (ET, EP, EE) para cada EPSS pueden ser interpretados como:

- ET = 1, EP = 1 y EE = 1, significa que la EPSS opera en el tamaño óptimo de escala y es eficiente en la producción con relación a las empresas de la muestra.
- ET < 1, EP = 1 y EE < 1. Informa que la EPSS es eficiente en la asignación de recursos, pero presenta ineficiencia debido a tamaño de la producción, el cual podría estar influido por factores externos como características geográficas de las localidades que limitan la escala de producción.
- ET < 1, EP < 1 y EE = 1. En este caso la EPSS, la escala de producción se encuentra en un punto óptimo, pero la empresa muestra ineficiencia porque no realiza una combinación óptima de recursos disponibles.

4.6 Escenarios

Con la finalidad de analizar el impacto de las variables inputs en la determinación de la frontera, se ha establecido dos escenarios. El primer escenario lo denominamos “Modelo 1”, en este modelo todas las variables input y output seleccionadas intervienen. En el “Modelo 2”, la única variable input es **costo de operación** y las variables output son las mismas que en el caso anterior (Ver tabla 14).

Tabla 14. Escenarios propuestos

	Modelo 1	Modelo 2
Inputs	Costo Operativo Aproximado Serv. De Agua Potable (S/.)- Número de Trabajadores	Costo Operativo Aproximado Serv. De Agua Potable (S/.)-
Outputs	Número de Conexiones Volumen Facturado (m ³) Continuidad (horas días) Longitud de Red (Km prom)	Número de Conexiones Volumen Facturado (m ³) Continuidad (horas días) Longitud de Red (Km prom)

Fuente: Elaboración Propia

El propósito de estimar un modelo sin la variable **número de trabajadores** es tratar de mostrar cómo influye dicha variable en los índices de eficiencia. Ello porque a nuestro criterio, la variable número de empleados es significativa e influye sobre la eficiencia de las EPSS. Cabe precisar, que debido a que las EPSS reportan a la Sunass solo el número de empleados en planilla, presumimos que en algunos casos los puntajes de eficiencia podrían ser mayores en el “Modelo 1” en comparación al “Modelo 2”, particularmente cuando las EPSS tienen un elevado número de personal subcontratado o tiene

actividades tercerizadas. Dado que el modelo asume que las EPSS son responsables de realizar cada etapa del proceso productivo, los índices de eficiencia resultantes deben ser interpretados considerando las características productivas particulares de las EPSS.

De otra parte, se observa que debido a las características geográficas o limitaciones de fuentes hídricas por condiciones ambientales, las EPSS suelen contar con más de un sistema de producción. Por lo que cuánto más localidades tiene que atender una EPSS y más dispersa sea la población, la EPSS enfrentan mayores costos y tiene más dificultades para encontrar el tamaño óptimo de producción de cada sistema. En tal sentido, sospechamos que los resultados de eficiencia se inclinaran hacia las EPSS más pequeñas, puesto que tiene una menor infraestructura y por tanto menores costos de producción.

Adicionalmente, a través de las estimaciones realizadas pretendemos mostrar que las variables tamaño de la población y dispersión geográfica son factores a tomar en cuenta para agrupar a las EPSS en los estudios de eficiencia, a fin que las estimaciones sean realizadas entre empresas comprables.

Los escenarios propuestos no incluyen diferencias en torno si el operador es privado o públicos, ya que solo una empresa en el sector ha sido concesionada a un operador privado.

5. Resultados

En este capítulo presentamos el análisis de los resultados obtenidos de los modelos especificados: “Modelo 1” y “modelo 2”. Y los componentes de la eficiencia técnica del “modelo 1”.

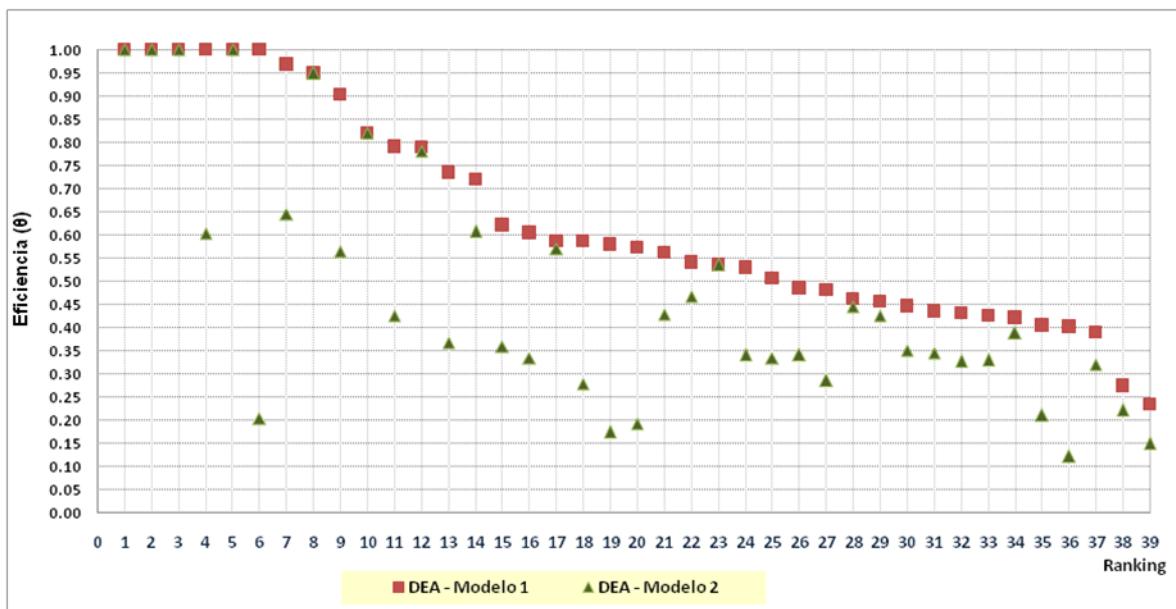
La tabla 15, presenta los índices de **Eficiencia Técnica** y el ranking que ocupan cada una de las 39 EPSS en cada uno de los dos modelos estimados (Modelo 1 y Modelo 2)⁴¹. Y la figura 9, muestra los resultados de eficiencia ordenados por el puesto que ocupa la empresa en el ranking (eje x) y los puntajes de eficiencia obtenidos (eje y).

41 Los índices de eficiencia han sido conseguidos utilizando el Software MaxDEA for Data Envelopment Analysis, Basic 5.2, desarrollado por profesor CHENG Gang y Qian Zhenhua. Una versión libre del software y manual de uso puede encontrarse en: <http://www.maxdea.cn/>.

Tabla 15. Índices de Eficiencia DEA, según escenarios estimados

EPSS	DEA Modelo 1		DEA Modelo 2	
	Ranking	Score ET	Ranking	Score ET
EMSAPA CALCA S.R.L.	1	1,000	1	1,000
EMSAPA YAULI S.R.L	2	1,000	2	1,000
EPS MANTARO S.A.	3	1,000	3	1,000
EPS MARAÑON S.R.L.	4	1,000	10	0,603
EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	5	1,000	4	1,000
SEDA PAL S.A.	6	1,000	35	0,203
EMAPA CAÑETE S.A.	7	0,969	8	0,645
EPS SELVA CENTRAL S.A.	8	0,949	5	0,949
EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTD/	9	0,903	12	0,565
EMSAP CHANKA S.R.L	10	0,821	6	0,821
AGUAS DE TUMBES S.A.	11	0,791	18	0,425
EMPSSAPAL S.A.	12	0,789	7	0,781
SEMAPACH S.A.	13	0,735	20	0,368
SEDAM HUANCAYO S.A.	14	0,721	9	0,608
EPS TACNA S.A.	15	0,622	21	0,359
EMAPA SAN MARTIN S.A.	16	0,605	26	0,334
SEDA PAR S.R.L. (Rioja)	17	0,586	11	0,571
EMUSAP AMAZONAS S.R.L.	18	0,586	32	0,278
EPS GRAU S.A.	19	0,580	37	0,174
EPS - SEDACUSCO S.A.	20	0,572	36	0,192
EMAPAB S.R.LTDA.	21	0,561	16	0,429
EPSSMU S.R.LTDA	22	0,541	14	0,467
SEMAPA BARRANCA S.A.	23	0,535	13	0,535
SEDA LIB S.A.	24	0,530	24	0,341
EPS MOQUEGUA S.A.	25	0,506	27	0,333
EMAPICA S.A.	26	0,485	25	0,341
SEDA PAR S.A.	27	0,481	31	0,285
EPSEL S.A.	28	0,461	15	0,446
EPS CHAVIN S.A.	29	0,455	17	0,426
SEDA CAJ S.A.	30	0,447	22	0,351
SEDA CHIMBOTE S.A.	31	0,436	23	0,345
EMAPACOP S.A.	32	0,432	29	0,327
EMAPAVIGSSA	33	0,425	28	0,330
EMAPA HUARAL S.A.	34	0,422	19	0,388
EPS SEDALORETO S.A.	35	0,405	34	0,211
EPS ILO S.A.	36	0,403	39	0,122
SEDA HUANUCO S.A.	37	0,390	30	0,320
EMAPA HUACHO S.A.	38	0,274	33	0,222
EMAPAT S.R.LTDA.	39	0,234	38	0,149
Promedio Eficiencia Técnica		0,632		0,468
Desviación Estándar		0,231		0,258

Elaboración Propia

Figura 9. Eficiencia Técnica de las EPSS, según ranking

Fuente: Elaboración propia.

- En la tabla 15, se observa que en el “Modelo 1” el puntaje de eficiencia promedio ($\theta=0,632$) es mayor que en el “Modelo 2” ($\theta=0,468$), lo cual corrobora nuestra hipótesis, que la inclusión de la variable número de empleado influyen de forma importante en el resultado de eficiencia.
- La figura 9 muestra gráficamente que los puntajes de eficiencia son numéricamente más altos en el “Modelo 1” en comparación al “Modelo 2”. A partir de dicho resultado se puede afirmar que la estimación es sensible a la variable número de trabajadores. Y hay sesgo de identificar como eficientes a las empresas que reportan un menor número de trabajadores que intervienen en el proceso productivo, sea porque terceraiza parte de sus actividades productivas o subcontrata personal. Ello, explicaría porque Sedapal S.A. resulta ser eficiente según el “Modelo 1”, pero ineficiente según

el “Modelo 2” ($\theta=0,203$). Como es conocido, Sedapal .S.A es la empresa más grande del sector y a dado en concesión varias actividades de producción y comercialización⁴², característica disímil en relación a la mayoría de EPSS. Por lo cual, una limitante del modelo es que supone que todas las empresas realizan directamente todo el proceso productivo.

- En ambos escenarios, las empresas Emsapa Calca, Emsapa Yauli y EPS Mantaro resultan ser las empresas más eficientes. Emsapa Yauli y Emsapa Calca se encuentran entre las denominadas pequeñas empresas de saneamiento, con un número de población menor a los 40 000 habitantes. Además ambas empresas se encuentran entre las EPSS con los más bajos costos de operación, número de empleados y longitud de red. De lo cual, concluimos que el modelo de eficiencia estimado, como predice la teoría económica, identifica como eficiente a aquellas empresas que utiliza menores recursos.
- También se observa que la variable calidad del servicio, no resulta ser una variable determinante, ya que Emsapa Calca con sólo 6 horas de continuidad del servicio resulta ser identificada como eficiente.

⁴² Entre las actividades que terceriza Sedapal S.A. se encuentra la captación y tratamiento de las aguas superficiales y subterráneas del Río Chillón realizado por el Consorcio Agua Azul S.A., el agua potable es comprada por Sedapal S.A. para que ésta la distribuya a los distintos distritos ubicados en la zona norte de Lima (En: <http://www.caa.com.pe/Perfil.html>). Asimismo ha dado en concesión algunas de las actividades de comercialización, instalación de medidores, cierres y reaperturas de conexiones, toma de estado de conexión, entre las empresas contratadas se encuentran los Consorcios Procom, Consorcio Conazul, entre otros.

La tabla 16 ilustra la correlación entre las variables, como se observa la variable “continuidad” presenta una menor correlación positiva con todas las variables.

Tabla 16. Correlación entre variables

	Conexiones	Continuidad	Volumen Facturado	Longitud de red	Costo estimado de agua potable	Número de Trabajadores
Conexiones	1.0000					
Continuidad	0.1708	1.0000				
Volumen Facturado	0.9939	0.1760	1.0000			
Longitud de red	0.9881	0.1779	0.9983	1.0000		
Costo estimado de agua potable	0.9906	0.1702	0.9981	0.9977	1.0000	
Número de Trabajadores	0.9699	0.1769	0.9439	0.9275	0.9317	1.0000

Elaboración Propia

- De otro lado, EPS Mantaro es identificada como eficiente en ambos modelos estimados. En este caso, EPS Mantaro tiene una población mayor a los 60 mil habitantes, una continuidad del servicio de 17 horas, pero con menor costo y volumen facturado de agua potable mayor en relación a otras empresas con tamaño similar de población (Por ejemplo: Semapa Barranca, Emapa Moyombamba S.A., Emapa Huaral S.A.).
- Ambos escenarios caracterizan como poco eficientes a las EPSS que proveen el servicio de agua potable a un número de habitantes mayor a 70 000. Este resultado que puede obedecer a los mayores costos que presentan dichas empresas debido a:
 - Administran el servicio de agua potable y saneamiento a más de una localidad. Motivo por el cual la población no está necesariamente

concentrada sino dispersa, ello repercute en mayores costos por conexión, la empresa requiere de una mayor infraestructura (sistemas de producción de agua, líneas de distribución, reservorios, en otros).

- Factores externos a la gestión, como características geográficas y disponibilidad hídrica de cada una de las localidades que son administradas por las EPSS pueden limitar el aprovechamiento de las economías de escala. Por lo cual, en algunos casos las EPSS no pueden utilizar un único sistema de captación y producción, sino varias fuentes alternativas, lo que genera mayores costos.
 - Mayores costos debido a la mayor calidad del servicio. Se observa que las EPSS que tienen una población mayor a los 60 000 mil habitantes y están ubicadas en las ciudades principales de cada provincia presentan indicadores de calidad del servicio de agua potable superiores a las EPSS menos urbanizadas.
-
- Dichos resultados evidencian la necesidad de establecer criterios de comparabilidad al realizar el análisis de eficiencia de las EPSS. El primer criterio es que previamente se agrupe a las EPSS según el número de población a la cual provee el servicio de agua potable. En base a los resultados se sugiere que los estudios de eficiencia evalúen en forma separada a las EPSS que administran el servicio de agua potable a una población menor a los 60 000 mil habitantes, dado que se observa

condiciones relativamente similares de gestión de servicio y producción del servicio. Y un segundo grupo sería aquellas que tienen una población mayor a 60 000 habitantes. Alternativamente, se podría considerar como criterio de agrupación, un modelo DEA para el grupo de EPSS denominadas *pequeñas empresas de saneamiento* (según marco regulatorio vigentes) y otro modelo DEA para el resto de EPSS.

- Las empresas EPS Grau S.A., Sedacusco S.A. y Emusap Amazonas presentan un nivel de eficiencia técnica significativamente superior cuando la estimación incluye la variable número de trabajadores. En este caso, consideramos que la variable número de trabajadores aporta información al modelo, ya que el resultado es consecuente con los indicadores de gestión operativa de dichas empresas (tales como: cobertura⁴³, continuidad).
- Por otro lado, ambos escenarios estimados muestran que hay margen para que las empresas mejoren eficiencia, si utilizaran mejor los recursos que disponen podrían mejorar su desempeño.
- Para analizar la consistencia de ambos escenarios (“Modelo 1” y “modelo 2”), en forma similar al estudio de Chen (2008) se calcula la correlación del ranking de eficiencia de los modelos propuestos. Teniendo en cuenta que DEA es un modelo no paramétrico, hemos elegido calcular la correlación por

⁴³ Emusap Amazonas, Sedacusco S.A. tienen una cobertura 86,4% y 97,7%; continuidad del servicio de 24 horas y 19 horas respectivamente y porcentaje de agua no facturada menor al 36%. EPS Grau S.A. también se ubica entre las empresas con mayor cobertura (90,1).

medio del Coeficiente de Correlación de Spearman⁴⁴, como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Coeficiente de Correlación de Spearman

	Modelo 1	Modelo 2
Modelo 1	1,000	
Modelo 2	0.6960*	1,000

*Nivel de significancia de la correlación 0.05
Elaboración Propia.

El resultado muestra que la correlación entre el “Modelo 1” y el “Modelo 2” es 0,6968, es decir aproximadamente el 70% de la EPSS ocupan una posición similar en ambos rankings de eficiencia. Ambos escenarios propuestos identifican a las mismas empresas (Emsapa Calca, Emsapa Yauli, Eps Mantaro) con mayor eficiencia técnica y a Emapa Huacho y Emapat entre las empresas con menor eficiencia. También se observa diferencias en las medidas de eficiencia generadas por ambos modelos, pero la desviación estándar es similar, Por lo que podemos concluir en líneas generales, bajo los supuestos asumidos, los resultados que se obtienen son consistentes.

⁴⁴ El Coeficiente de Correlación de Spearman es un método no paramétrico que permite medir la correlación entre dos variables. Los valores que puede tomar oscilan entre -1 y 1. Donde -1 indica una relación lineal decreciente y 1 una relación lineal perfecta.

5.1 Sobre la eficiencia en costos, sus componentes, principales resultados

Teniendo en cuenta que los dos escenarios estimados son consistentes para analizar los factores que influyen en la eficiencia técnica de las EPSS, se ha elegido trabajar con el “Modelo 1”, ya que, como se discutió anteriormente, los resultados muestran que la variable número de trabajadores proporciona información relevante que ayudaría a explicar el desempeño de las EPSS.

La Eficiencia Técnica promedio de las EPSS es de 0,632, lo cual revela que la ineficiencia de las 39 EPS es de 37%. A partir de los componentes de la ineficiencia técnica: Eficiencia Técnica Pura (ET) y Eficiencia en Escala (EE) se puede explicar los posibles factores que estarían afectando la eficiencia de las EPSS (Ver tabla 18). Como se observa, la eficiencia técnica pura es de 0,821, es decir el 18% de la ineficiencia se debe a una combinación no óptima de recursos respecto el nivel de producción. Por otra parte, el índice de eficiencia en escala promedio es 0,777, lo cual indica que aproximadamente el 22% de la ineficiencia se debe al tamaño de producción. El tamaño de producción que tiene una EPSS está asociado a la capacidad de producción de la infraestructura y también a factores externos, como las características de la demanda del mercado, tamaño de mercado, escases hídrica y otros; por lo que alcanzar la eficiencia en escala es más difícil, ya que intervienen factores externos que no corresponde a la gestión propia de las EPSS.

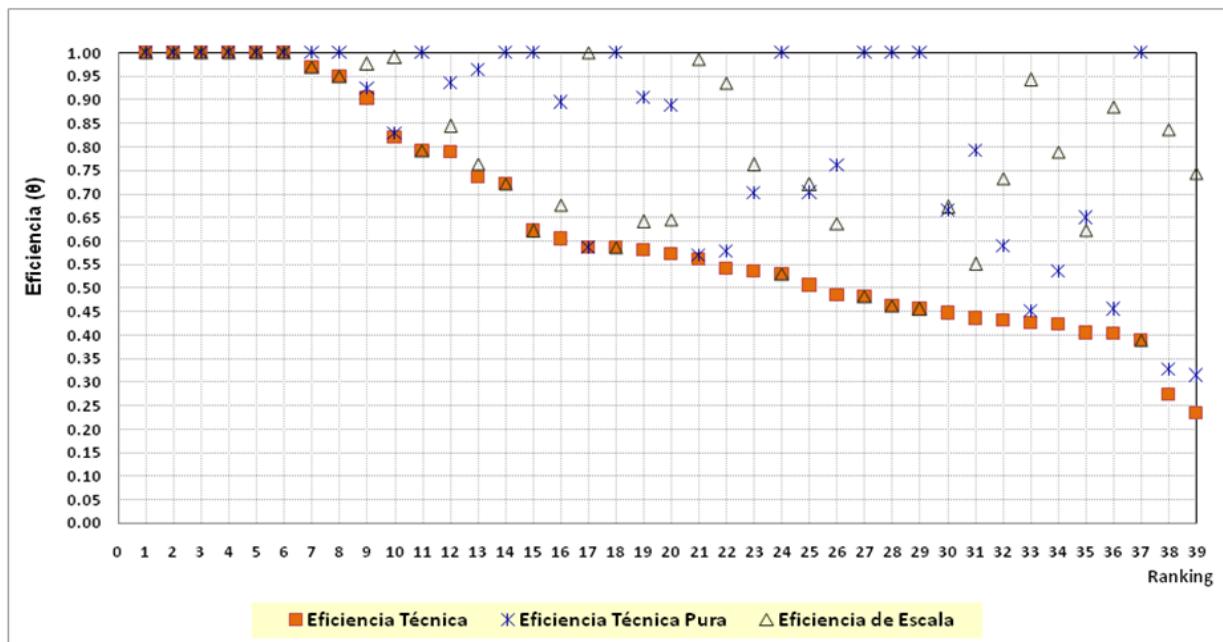
Tabla 18. Eficiencia Técnica, Eficiencia Técnica Pura, Eficiencia de Escala
(Escenario 1)

Nro	Empresa	Eficiencia Técnica	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala
1	EMSAPA CALCA S.R.L.	1,000	1,000	1,000
2	EMSAPA YAULI S.R.L	1,000	1,000	1,000
3	EPS MANTARO S.A.	1,000	1,000	1,000
4	EPS MARAÑON S.R.L.	1,000	1,000	1,000
5	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	1,000	1,000	1,000
6	SEDAPAL S.A.	1,000	1,000	1,000
7	EMAPA CAÑETE S.A.	0,969	1,000	0,969
8	EPS SELVA CENTRAL S.A.	0,949	1,000	0,949
9	EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTDA.	0,903	0,924	0,977
10	EMSAP CHANKA S.R.L	0,821	0,829	0,991
11	AGUAS DE TUMBES S.A.	0,791	1,000	0,791
12	EMPSSAPAL S.A.	0,789	0,935	0,844
13	SEMAPACH S.A.	0,735	0,964	0,763
14	SEDAM HUANCAYO S.A.	0,721	1,000	0,721
15	EPS TACNA S.A.	0,622	1,000	0,622
16	EMAPA SAN MARTIN S.A.	0,605	0,894	0,676
17	SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	0,586	0,586	1,000
18	EMUSAP AMAZONAS S.R.L.	0,586	1,000	0,586
19	EPS GRAU S.A.	0,580	0,904	0,641
20	EPS - SEDACUSCO S.A.	0,572	0,887	0,645
21	EMAPAB S.R.LTDA.	0,561	0,569	0,986
22	EPSSMU S.R.LTDA	0,541	0,578	0,936
23	SEMAPA BARRANCA S.A.	0,535	0,703	0,762
24	SEDALIB S.A.	0,530	1,000	0,530
25	EPS MOQUEGUA S.A.	0,506	0,703	0,720
26	EMAPICA S.A.	0,485	0,761	0,638
27	SEDAPAR S.A.	0,481	1,000	0,481
28	EPSEL S.A.	0,461	1,000	0,461
29	EPS CHAVIN S.A.	0,455	1,000	0,455
30	SEDACAJ S.A.	0,447	0,665	0,672
31	SEDACHIMBOTE S.A.	0,436	0,791	0,551
32	EMAPACOP S.A.	0,432	0,589	0,733
33	EMAPAVIGSSA	0,425	0,451	0,943
34	EMAPA HUARAL S.A.	0,422	0,535	0,789
35	EPS SEDALORETO S.A.	0,405	0,650	0,622
36	EPS ILO S.A.	0,403	0,455	0,885
37	SEDA HUANUCO S.A.	0,390	1,000	0,390
38	EMAPA HUACHO S.A.	0,274	0,327	0,838
39	EMAPAT S.R.LTDA.	0,234	0,314	0,743
40	Promedio	0,632	0,821	0,777

Elaboración Propia

- Como se mencionó, según “el Modelo 1” las empresas catalogadas como eficientes son: EMSAPA Calca S.R.L., EMSAPA Yauli S.R.L., EPS Mantaro S.A., EPS Marañon S.A., EPS Sierra Central S.R.L. y SEDAPAL S.A, debido a que alcanzan tanto la eficiencia técnica y eficiencia en escala. La eficiencia técnica se puede explicar porque dichas empresas exhiben los menores costos operativos, mientras, la eficiencia en escala alcanzada se puede explicar porque la población de las localidades bajo administración de dichas empresas no es muy dispersa en comparación a otras pequeñas empresas.
- Igualmente, los resultados pueden ser exhibidos de forma gráfica (ver figura 10). Se observa que un mayor número de EPSS logra la eficiencia técnica pura (17 empresas) y solamente 7 empresas alcanzan eficiencia en escala. En base a los resultados, podemos concluir que parte importante de la ineficiencia de las EPSS responde al tamaño de su producción.

Figura 10. Eficiencia Técnica, sus componentes



Fuente: Elaboración propia

- Una limitación del modelo es que si una EPSS es caracterizada como eficiente ($\theta=1$), no involucra que cumpla satisfactoriamente con los estándares de calidad deseados, como son cobertura del 100%, bajos niveles de agua no facturada, micromedición mayor al 90%. EPS Mantaro tiene un nivel de micromedición bajo (16%), en tanto EPS Marañon 57%, EPS Mantaro 55%, EPS Sierra Central tienen un índice de agua no facturada elevado (54%) (Ver tabla 19).

Cabe señalar, que debido a la disponibilidad de información solo se trabajado con única variable de calidad (continuidad) en la especificación del modelo. Por ejemplo, la variable micromedición no fue incluida porque había

EPSS que no habían reportado información. La variable continuidad fue incluida, pero no resultó ser una variable determinante.

Tabla 19. EPSS eficientes y sus indicadores de Gestión, año 2011

Empresa	Eficiencia Técnica	Eficiencia Técnica Pura	Eficiencia de Escala	Agua no facturada (%)	Micromedición
EMSAPA Calca S.R.L.	1,000	1,000	1,000	39%	S.I.
EMSAPA Yauli S.R.L.	1,000	1,000	1,000	14%	S.I.
EPS Mantaro S.A.	1,000	1,000	1,000	55%	16%
EPS Marañon S.R.L.	1,000	1,000	1,000	57%	67%
EPS Sierra Central S.R.L.	1,000	1,000	1,000	54%	28%
Sedapal S.A.	1,000	1,000	1,000	35%	77%

Elaboración Propia

- Como se mencionó en anteriormente, hay que tener cuidado con el resultado que identifica a SEDAPAL S.A. como una empresa eficiente, ya que ello es producto de la inclusión de la variable número de trabajadores, la cual estaría produciendo un sesgo en la estimación.
- En el segundo grupo de empresas se encuentra aquellas con un nivel de eficiencia entre 0,969 y 0,506. En este grupo, sólo Sedapar Rioja presenta eficiencia en escala, este resultado se explicaría porque la empresa administra el servicio de agua potable a una población poco dispersa (sólo el Distrito de Rioja) por lo que requiere una menor infraestructura comparada a otras empresas. De otro lado, las empresas Emapa Cañete S.A., EPS Selva Central, Aguas de Tumbes, EPS Sierra Central, EPS Tacna, Emusap Amazonas y Sedam Huancayo presentan eficiencia técnica pura, pero son

ineficientes en escala, esto es la escala de sus operaciones estaría condicionando su eficiencia técnica.

- En el tercer grupo se encuentran las empresas menos eficientes, ninguna de ellas muestra eficiencia en escala, pero si eficiencia técnica pura. SEDAPAR S.A, EPSEL S.A., SEDAHUANUCO, EPS CHAVIN, empresas administran el servicio de agua potable a una población mayor a 100 mil habitantes, logran la eficiencia técnica pura más en escala. Las dificultades para alcanzar la eficiencia en escala pueden ser explicado por factores externos como dispersión geográfica de la población, número de localidades administradas, limitados recursos hídricos, los cuales repercuten en mayores costos por conexión.
- Consideramos que para un futuro análisis resultaría interesante tener información sobre la situación de la infraestructura de cada EPSS, si está muy deteriorada, poco deteriorada, en buenas condiciones. Dado que los modelos de eficiencia identifican como la mejor práctica a la empresa con menores costos, pero ello como se ha discutido, puede ser debido a que la empresa no invierte en renovación y mantenimiento. Por lo que se podría estar premiando prácticas que desincentive la inversión en infraestructura.
- Todos los resultados obtenidos en el presente capítulo están sujetos a la disponibilidad y calidad de la información. De obtener una información más detallada de los costos de cada etapa de producción de agua potable, la

mano de obra que interviene en cada proceso productivo, de la situación de los sistemas de agua para cada una de las EPSS, los resultados podrían tal vez ser distintos. Además, la eficiencia está siendo evaluada solo para el caso del servicio de agua potable, no se está considerando el desempeño de las EPSS en la producción del servicio de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

- Pese a que los costos de producción del servicio de agua potable han sido aproximados, los resultados de eficiencia obtenidos para cada EPSS guardan relación con los resultados que se podría esperar, dada la calidad del servicio y características productivas de las EPSS.

6. Conclusiones

La eficiencia en la provisión de los servicios públicos de Agua Potable es un tema de relevante porque aún existe una brecha del 23,2% de personas en el Perú sin acceso a alguna fuente de agua salubre, lo cual vulnera su salud y sus opciones de vida. El agua es un recurso fundamental para la vida y las actividades productivas del hombre, pero es un recurso escaso que debe aprovechado en forma sostenible, a través de tecnologías eficientes que minimicen los impactos negativos que pueda tener su uso y consumo sobre el ecosistema.

El presente Informe sobre la eficiencia de las EPSS en la prestación del servicio de agua potable, permite analizar en forma objetiva el grado de desempeño que alcanza la industria y los factores que condicionan su eficiencia. A partir de los resultados obtenidos podemos concluir que la metodología DEA puede ser aplicada como parte de la política regulatoria para incentivar la eficiencia de las EPSS. Los resultados obtenidos son consistentes con las

características que presenta la industria del agua potable y ha permitido identificar los componentes de la eficiencia técnica de las EPSS. Cabe señalar que a partir del año 2014, las EPSS aplicaran Contabilidad Regulatoria, por lo cual, los costos estarán registrados según la actividad que lo origina. En consecuencia, habrá una mayor calidad de información respecto la variable costos de operación, lo que evitara incurrir en sesgos de sobreestimación o subestimación de los costos de operación de los servicios de agua potable.

Los resultados obtenidos muestran que las variables costos de operación y número de empleados son básicas para definir la eficiencia. En cualquiera de los dos escenarios propuestos, las empresas EMSAPA CALCA, EMSAPA YAULI, EPS MANTARO Y EMPA MARAÑON resultan ser las más eficientes. Resultado que se explicaría básicamente porque son empresas con los menores costos de la muestra y poca dispersión geográfica de la población. Así también se incluyó la variable continuidad del servicio para que la estimación involucre aspectos de calidad. Sin embargo, los resultados muestran que la variable continuidad no es determinante para definir la eficiencia.

Por otra parte, las medidas de eficiencia obtenidas indican que las EPSS tienen más dificultades para alcanzar la eficiencia en escala, lo cual está condicionada a factores externos a su gestión (entre ellos estructura del mercado y características geográficas de las localidades administradas). Como se ha observado sólo 7 EPSS son eficientes en escala, en tanto 17 EPSS alcanzan la eficiencia técnica pura.

Sobre la base de los resultados obtenidos, una recomendación de política regulatoria sugerida es que los estudios de eficiencia sean realizados agrupando a las empresas de acuerdo al tamaño de población que administran. Un primer grupo sería aquellas que tienen menos de 60 000 habitantes, que suelen ser la más eficientes de acuerdo a nuestras estimaciones o también podría tomarse en cuenta la clasificación de pequeñas EPSS (población menor a 40 000 habitantes) que considera la normatividad actual. Y el segundo grupo sería el resto de empresas del sector.

Asimismo, con el objetivo que el modelo no incline sus resultados hacia las empresas con menores costos sin considerar la calidad del servicio y gestión en el mantenimiento e inversión en infraestructura. Resultaría interesante dar mayor énfasis a sistematizar información respecto la situación de los sistemas de agua potable (si están en buen estado o deteriorados) de cada EPSS. De forma que dicha información pueda ser incluido en el modelo mediante variables dummy o fijar criterios de selección para que las EPSS sean consideradas en el modelo.

Los resultados hallados son medidas relativas, toda vez que las empresas caracterizadas según el modelo estimado como eficientes, significa que tiene una mayor habilidad respecto al grupo de EPSS de la muestra para combinar los recursos que dispone y producir un determinado nivel de producción, en un determinado momento, en este caso para el año 2011.

Una línea de investigación futura sería analizar la eficiencia de las EPSS en la provisión del servicio de agua potable mediante otros métodos de estimación, por ejemplo mediante modelos econométricos, los cuales podrían complementar y profundizar los hallazgos encontrados en el presente Informe Profesional. Al mismo tiempo, se tendría posibilidad de consistenciar las medidas de eficiencia obtenidas a nivel inter-modelos, lo agregaría mayor robustez a los resultados. Es importante indicar que en el presente trabajo, los resultados obtenidos han sido consistenciados a nivel intra-modelo, puesto que ambos escenarios (“Modelo 1” y “modelo 2”) han sido estimados bajo la metodología DEA.

Referencia

ARANA Vladimir, GÓMEZ René y HIGA Claudio (2013). Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento: Desafíos y Oportunidades en el Perú y América Latina. Corporación Andina de Fomento (CAF). Lima. 232p.

BARRY, Michael (1991). Data Envelopment Analysis the Assessment of Performance. England. 262p.

CARRASCO, William (2011). Políticas públicas para la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento en las áreas rurales. CEPAL. Santiago de Chile. 57p.

CEPAL (2012). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe

CHEN Lin y SANFORD, Berg (2008) Service Quality into Yardstick Regulation: An Application to the Peru Water Sector. Department of Economics, Lingnan University, Hong Kong. 72p.

COELLI, Tim (1997). An introduction to efficiency and productivity analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers. 275p.

COELLI, Tim y PERELAMN, Sergio (2003). Una introducción a la medida de eficiencia para reguladores de Servicios públicos y de transporte. Banco Mundial. Bogotá. Alfaomega Colombiana S.A. 131p.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DE COLOMBIA (CRA). Resolución CRA 287 DE 284. Publicada Diario Oficial Nro 45.573 del 8 de junio de 2004

_____ (2009) 15 Años Regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado y Aseo en Colombia. Bogotá. 97p.

_____ (2010) Estudio Sectorial Acueducto y Alcantarillado 2006-2009. Bogotá. 123p.

COOPER, William W. (1999). Data Envelopment Analysis a Comprehensive text with models references and DEA Solver Software. Boston. 318p

DE LA TORRE, Benjamín y Lincoln FLOR (2008). Medición no Paramétrica de Eficiencia y Productividad total de los Factores: El Caso de los Aeropuertos Regionales de Perú. En: *Revista de Regulación en Infraestructura de Transporte Año 1 - Volumen 1. OSITRAN. Lima.*

DE WITTE, Kristof y Rui MARQUEZ. (2007). Designing incentives in local public utilities, an international comparison of the drinking water sector. Centre For Economic Studies University of Leuven, CES Discussion Paper Series DPS 07.32 Leuven.29p.

DUTCH Drinking Water Statistics (2012). Association Of Dutch Water Companies (Vewin). The Netherland. 89p.

ESTACHE, Antonio y Martín ROSSI (2002). How different is the Efficiency of public and Private Water Companies in Asia?. The World Economic Review. Vol 16, No I, 139-148.

FARREL, M.J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. Journal Of the Royal Statistical Society. Vol. 120 series A, Part III. pp.253 - 281.

FERRO, Gustavo y Carlos ROMERO. (2009). Estudios de Frontera de Eficiencia. Empresas de Agua y Alcantarillado de América Latina. ADERASA. 113p.

FERRO, Gustavo, Emilio LENTINI y Carlos ROMERO. (2011). Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado. CEPAL. Santiago de Chile. 58p.

JOURAVLEV, Andrei. (2004). Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI. CEPAL Santiago de Chile. 65p

INEI (2012). Compendio estadístico 2012. Peru: Instituto Nacional de Estadística e Informática. 1450p.

LASHERAS, Miguel Ángel. (1999). La Regulación Económica de los Servicios Públicos. Barcelona. Editorial Ariel S.A. 402p.

LOVELL, Knox. (1992). Production Frontiers and Productive Efficiency. En: The Measurement Of Productive Efficiency Techniques and Applications. Oxford University Press

MARQUEZ, Cunha y Fabio GARZON. (2007) Performance-Based Potable Water and Sewer Service Regulation. The Regulation Model. Technical University of Lisbon y Pontificia Universidad Javeriana. Cali, 16p.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2005). Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015. Lima.

ORTEGA, Isabel (2007). Análisis de la Eficiencia en la Gestión del Agua. Un estudio empírico en los Municipios Españoles. Fundación MAPFRE. 2007. 36p.

PEREZ Reyes (2009) Measuring efficiency and productivity change (PTF) in the Peruvian electricity distribution companies after reforms. En: Energy Policy 37. London. 2249–2261p.

PNUD – Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2006). Informe Sobre Desarrollo Humano 2006, Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Washington D.C. 422p.

PICAZO (2007) Does Service Quality Matter in Measuring Performance Of Water Utilities?. Documento de Trabajo de la Facultad de Ciencia Económicas y Empresariales de la Universidad de Granada. FEG-WP N°4/07. 22p.

REBELATTO, Daisy e Mariana de Almeida (2005). Sistematização das técnicas para avaliar a eficiência: variáveis que influenciam a tomada de decisão estratégica. II Simposio de Excelencia en Gestión Tecnológica. Realizado en: Escuela de Ingeniería de San Carlos (EESC) universidad de São Paulo. Año 2006.

RODRIGUEZ, Martín, Martín ROSSI y Christian RUZZIER. (1999). Fronteras de eficiencia en el sector de distribución de energía eléctrica: la experiencia sudamericana. Centro de Estudios Económicos de Regulación, UADE. Buenos Aires.

ROMERO, Carlos y Paula MARGARETIC (2011). ADERASA: Estudio de Benchmarking de empresas de agua y saneamiento de Latinoamérica sobre su base de datos. ADERASA. 16p.

SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA - SEDAPAL S.A. (2010) Plan Estratégico de las Tecnologías de Información y Comunicaciones 2009-2013. 225p.

SUNASS (2012). Informe Técnico Las EPS y su desarrollo 2012. Gerencia de Supervisión y Fiscalización. Lima, Perú. 151p.

_____ (2011). La Regulación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento. Vol. I. Marco Conceptual y Aplicación Práctica. 257p.

_____ (2005). Informe Técnico del ranking de las Empresas Prestadoras a nivel nacional. Gerencia de Supervisión y Fiscalización. Lima, Perú. 14p.

_____ (1997). Memoria Institucional 1996. Lima, Perú. 68p.

_____ (1998). Memoria Institucional 1997. Lima, Perú. 43p.

_____ (1999). Memoria Institucional 1998. Lima, Perú. 49p.

_____ (2000). Memoria Institucional 1999. Lima, Perú. 58p.

_____ (2007). Memoria Institucional 2006. Lima, Perú. 62p.

_____ (2009). Memoria Institucional 2008. Lima, Perú. 173p.

TAM, Mary (2008) Una aproximación a la eficiencia técnica del Gasto Público en Educación en las regiones del Perú. CIES. Lima

UNICEF (2012) Progress on Drinking Water and Sanitation. 2012 Update. New York. 66p.

VICE MINISTERIO DE CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO (2003). Estudios de base para la Implementación de agua y saneamiento en el área rural. Lima. 100p.

LEGISLACIÓN

DECRETO LEY N°25973. Declaran en disolución y Liquidación a la Empresa Servicio Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado – SENAPA. Lima. 1992.

DECRETO LEY N°25965, Crean la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Lima. 1992.

DECRETO SUPREMO N° 09-95-PRES. Reglamento de la Ley General de Servicios Saneamiento. Lima. 1995.

DECRETO SUPREMO N° 031-2008-VIVIENDA. Modificación del Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios Saneamiento. Lima. 2008.

DECRETO SUPREMO N°17-2001-PCM, Reglamento General de la SUNASS. Lima. 2001.

LEY N° 26338. Ley General de Servicios de Saneamiento. Congreso Constituyente Democrático. Lima. 1994.

SUNASS (2006). Sistema de Indicadores de Gestión de las Empresas de Servicios de Saneamiento. Resolución de Consejo Directivo 10-2006-SUNASS-CD, Lima.

SUNASS (2007), Reglamento General de Regulación Tarifaria. Lima.

INTERNET

Estudios Tarifarios – Sunass

http://www.sunass.gob.pe/estudios_tarifarios.php

Fecha de Consulta: 01 Diciembre 2012.

Superintendencia de Servicios de Saneamiento, SUNASS. *Antecedentes históricos del Sector.* <http://www.sunass.gob.pe/antecedentes_urba.php>. [Consultado: 05 de noviembre 2012].

ESSBIOEDUCA
<<http://educa.essbio.cl/elaguayessbio7.html>>.
[Consultado: 15 de febrero 2013].

Asociación de Compañías de Agua de Holanda
<http://www.vewin.nl/english/Pages/default.aspx>
[Consultado: 15 de febrero 2013].



Anexo 1 Empresas prestadoras, año 2011

Empresas prestadoras de servicios de saneamiento clasificadas según el número de población urbana bajo el ámbito de su responsabilidad.

a. Pequeña empresa de saneamiento (15 001 a 40 000 habitantes)

Nro	Empresa	Población urbana	Nº conexiones totales de agua	Provincias que compete	Distritos
1	EMAPAVIGSSA	34 808	7 702	Nazca	Nazca
2	EPSSMU S.R.LTDA	32 451	6 720	Utcubamba	Bagua Grande
3	EMAPA HUANCAYA S.A.C	31 098	7 438	Huancavelica, Acobamba, Castrovirreyna	Huancavelica, Izcuaccha, Acobamba, Castrovirreyna.
4	EMAQ S.R.LTDA.	27 895	6 009	La Convención	Santa Ana
5	EMUSAP AMAZONAS	26 502	6 246	Chachapoyas	Chachapoyas
6	NOR PUNO S.A.	23 501	7 976	Azángaro, Huancané	Azángaro, Huancané
7	EMSAP CHANKA	23 248	4 206	Andahuaylas	Andahuaylas
8	SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	19 783	5 516	Rioja	Rioja
9	EMAPAB S.R.LTDA.	19 438	4 694	Bagua	Bagua
10	EPS AGUAS DEL ALTIPLANO	19 194	5 775	Melgar	Ayaviri
11	EMAPA Ym	11 947	4 312	Yunguyo	Yunguyo
12	EMSAPA CALCA	11 822	2 843	Calca	Calca
13	EMSAPA YAULI	8 295	3 089	Yauli	La Oroya

b. Empresas de menor tamaño (40 001 a 60 000 habitantes)

Nro	Empresa	Población urbana	Nº conexiones totales de agua	Provincias que compete
1	EMPSSAPAL S.A.	56 542	12 684	Sicuani, Santo Tomás
2	EMAPA PASCO S.A.	56 188	11 766	Pasco
3	EPS MOQUEGUA S.A.	50 767	19 058	Mariscal Nieto
4	EMUSAP ABANCAY	50 131	11 696	Abancay
5	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	42 414	9 388	Tarma

c. Empresas de Mayor tamaño (60 000 a más habitantes)

Nro	Empresa	Población urbana	Nº conexiones totales de agua	Provincias que compete
1	SEDAPAL S.A.	9 256 885	1 344 403	Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao.
2	EPS GRAU S.A.	1 044 724	177 804	Piura, Sullana, Talara,
3	SEDAPAR S.A.	979 040	233 078	Arequipa, Camaná, Caraveli, Castilla, Caylloma, Condesuyos.
4	SEDALIB S.A.	899 332	158 242	Trujillo, Chepén, Ascope
5	EPSEL S.A.	876 243	149 582	Chiclayo, Lambayeque, Ferreñafe.
6	EPS SEDALORETO S.A.	489 730	76 092	Maynas, Alto Amazonas, Requena
7	SEDACHIMBOTE S.A.	389 286	78 094	Santa, Casma, Huarmey
8	EPS - SEDACUSCO S.A.	379 091	67 533	Cusco, Urubamba, Paucartambo, Anta.
9	SEDAM HUANCAYO S.A.	340 007	64 963	Huancayo, Concepción.
10	EPS TACNA S.A.	276 528	76 704	Tacna, Jorge Basadre
11	SEDAJULIACA S.A.	245 401	44 286	San Román
12	SEDA HUANUCO S.A.	229 269	38 575	Huánuco, Leoncio Prado
13	EMAPACOP S.A.	222 960	23 882	Coronel Portillo
14	EPSASA	212 203	47 609	Huamanga, Huanta
15	AGUAS DE TUMBES S.A.	204 740	38 405	Tumbes, Contralmirante Villar, Zarumilla.
16	EMAPICA S.A.	202 412	46 973	Ica, Palpa
17	SEDACAJ S.A.	186 292	35 463	Cajamarca, Contumaza, San Miguel.
18	SEMAPACH S.A.	178 194	41 839	Chincha
19	EMSA PUNO S.A.	168 972	37 764	Puno, Chucuito, El Collao
20	EMAPA SAN MARTIN S.A.	166 674	38 615	Dorado, Lamas, Bellavista
21	EMAPA CAÑETE S.A.	164 843	31 313	Cañete
22	EPS SELVA CENTRAL S.A.	117 869	20 519	Chanchamayo, Oxapampa, Satipo
23	EMAPA HUACHO S.A.	114 662	24 040	Huaral
24	EPS CHAVIN S.A.	109 048	24 670	Huaraz, Aija, Huaylas, Bolognesi.
25	EPS MARAÑON	87 447	10 410	Jaén, San Ignacio
26	EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTDA.	83 172	14 565	Moyobamba
27	EMAPISCO S.A.	82 716	22 026	Pisco
28	SEMAPA BARRANCA S.A.	75 104	16 390	Barranca
29	EMAPA HUARAL S.A.	74 592	14 421	Huaral
30	EPS MANTARO S.A.	68 423	16 054	Jauja, Chupaca, Concepción
31	EPS ILO S.A.	67 768	22 906	Ilo
32	EMAPAT S.R.LTDA.	65 199	12 471	Tambopata

Elaboración Propia.

Fuente: Sunass (2012)

Anexo 2 Cobertura de los servicios de saneamiento, año 2011

Nro.	Empresa	Población Urbana	Pobl. Servida por conexión	Pobl. Servida por Pileta	Población servida total	Cobertura de Agua	Cobertura de Alcantarillado
			A	B	C = A+B		
1	SEDAPAL S.A.	9 256 885	7 977 191	294 967	8 272 158	89,4%	84,9%
2	EPS GRAU S.A.	1 044 724	940 954	0	940 954	90,1%	73,9%
3	SEDAPAR S.A.	979 040	869 053	11 682	880 735	90,0%	80,4%
4	SEDALIB S.A.	899 332	808 400	12 386	820 786	91,3%	78,2%
5	EPSEL S.A.	876 243	730 223	27 701	757 924	86,5%	78,2%
6	EPS SEDALORETO S.A.	489 730	403 165	32 375	435 540	88,9%	52,0%
7	SEDACHIMBOTE S.A.	389 286	355 823	13 475	369 298	94,9%	86,4%
8	EPS - SEDACUSCO S.A.	379 091	366 366	4 017	370 383	97,7%	91,2%
9	SEDAM HUANCAYO S.A.	340 007	303 351	0	303 351	89,2%	81,3%
10	EPS TACNA S.A.	276 528	246 241	25 525	271 765	98,3%	96,1%
11	SEDAJULIACA S.A.	245 401	201 372	0	201 372	82,1%	81,3%
12	SEDA HUANUCO S.A.	229 269	179 876	0	179 876	78,5%	74,3%
13	EMAPACOP S.A.	222 960	103 309	0	103 309	46,3%	45,9%
14	EPSASA	212 203	178 891	8 253	187 144	88,2%	78,1%
15	AGUAS DE TUMBES	204 740	146 961	2 760	149 722	73,1%	47,4%
16	EMAPICA S.A.	202 412	159 170	6 542	165 712	81,9%	75,2%
17	SEDACAJ S.A.	186 292	170 988	960	171 947	92,3%	90,6%
18	SEMAPACH S.A.	178 194	168 831	2 205	171 036	96,0%	73,7%
19	EMSA PUNO S.A.	168 972	159 889	0	159 889	94,6%	78,1%
20	EMAPA SAN MARTIN S.A.	166 674	155 373	5 498	160 871	96,5%	79,4%
21	EMAPA CAÑETE S.A.	164 843	143 813	0	143 813	87,2%	64,5%
22	EPS SELVA CENTRAL S.A.	117 869	83 285	2 868	86 153	73,1%	57,1%
23	EMAPA HUACHO S.A.	114 662	93 714	1 602	95 315	83,1%	86,6%
24	EPS CHAVIN S.A.	109 048	99 319	0	99 319	91,1%	80,1%
25	EPS MARAÑON	87 447	39 653	52	39 705	45,4%	42,4%
26	EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTDA.	83 172	67 675	0	67 675	81,4%	61,4%
27	EMAPISCO S.A.	82 716	80 133	0	80 133	96,9%	84,5%
28	SEMAPA BARRANCA S.A.	75 104	66 157	869	67 026	89,2%	81,4%
29	EMAPA HUARAL S.A.	74 592	64 166	0	64 166	86,0%	74,1%
30	EPS MANTARO S.A.	68 423	62 280	0	62 280	91,0%	63,5%
31	EPS ILO S.A.	67 768	64 067	874	64 941	95,8%	86,4%
32	EMAPAT S.R.LTDA.	65 199	55 230	2 397	57 626	88,4%	46,0%
33	EMPSSAPAL S.A.	56 542	52 774	100	52 874	93,5%	77,7%
34	EMAPA PASCO S.A.	56 188	45 626	424	46 050	82,0%	81,6%
35	EPS MOQUEGUA S.A.	50 767	42 832	4 686	47 518	93,6%	83,9%
36	EMUSAP ABANCAY	50 131	49 736	0	49 736	99,2%	89,1%
37	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	42 414	32 048	547	32 595	76,8%	72,7%
38	EMAPAVIGSSA	34 808	26 969	191	27 160	78,0%	77,2%
39	EPSSMU S.R.LTDA	32 451	23 785	1 628	25 413	78,3%	51,7%
40	EMAPA HUANCABELICA S.A.C	31 098	27 289	0	27 289	87,8%	82,3%
41	EMAQ S.R.LTDA.	27 895	19 396	0	19 396	69,5%	59,9%
42	EMUSAP AMAZONAS	26 502	22 891	0	22 891	86,4%	69,4%
43	NOR PUNO S.A.	23 501	19 166	0	19 166	81,6%	62,0%
44	EMSAP CHANKA	23 248	16 102	0	16 102	69,3%	68,6%
45	SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	19 783	18 524	431	18 956	95,8%	47,6%
46	EMAPAB S.R.LTDA.	19 438	16 525	0	16 525	85,0%	82,6%
47	EPS AGUAS DEL ALTIPLANO	19 194	17 832	700	18 532	96,5%	92,3%
48	EMAPA Y	11 947	10 732	0	10 732	89,8%	65,1%
49	EMSAPA CALCA	11 822	9 497	1 074	10 570	89,4%	S.I.
50	EMSAPA YAULI	8 295	7 962	79	8 041	96,9%	77,7%
TOTAL		18 604 853	16 004 606	466 866	16 471 472	88,5%	80,2%

Elaboración Propia.

Fuente: Sunass (2012:113,114).

Anexo 3 Tratamiento de aguas residuales

Nro	Empresa	Volumen volcado a la red de alcantarillado	Volumen tratado de aguas residuales	Tratamiento aguas residuales (Porcentaje)
1	EMAPISCO S.A.	6 127 608	6 127 608	100,00%
2	SEMAPACH S.A.	12 488 619	12 488 619	100,00%
3	EMAPICA S.A.	16 440 548	16 440 548	100,00%
4	EPSASA	9 867 448	9 785 970	99,17%
5	EPS - SEDACUSCO S.A.	10 762 713	10 091 520	93,76%
6	EPS MARAÑON	6 868 660	6 307 200	91,83%
7	EPS ILO S.A.	3 099 213	2 804 766	90,50%
8	EPSEL S.A.	37 628 533	33 830 316	89,91%
9	EPS TACNA S.A.	11 656 621	10 406 880	89,28%
10	EMAPAVIGSSA	1 998 581	1 384 088	69,25%
11	SEDAJULIACA S.A.	5 820 532	3 852 000	66,18%
12	EMSA PUNO S.A.	4 664 663	2 993 712	64,18%
13	SEDALIB S.A.	28 651 024	17 016 602	59,39%
14	SEDACHIMBOTE S.A.	18 085 132	10 461 198	57,84%
15	EPS MOQUEGUA S.A.	4 042 804	2 081 376	51,48%
16	NOR PUNO S.A.	624 371	283 824	45,46%
17	EPS GRAU S.A.	36 196 186	16 046 364	44,33%
18	EPS SELVA CENTRAL S.A.	6 201 362	1 598 738	25,78%
19	EPS AGUAS DEL ALTIPLANO	759 513	193 104	25,42%
20	AGUAS DE TUMBES	6 347 440	1 570 644	24,74%
21	SEDAPAL S.A.	428 478 175	88 478 259	20,65%
22	SEDACAJ S.A.	5 554 412	824 256	14,84%
23	SEDAPAR S.A.	32 861 388	4 845 485	14,75%
24	EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTDA.	1 780 709	166 549	9,35%
25	EMAPA CAÑETE S.A.	4 702 659	428 890	9,12%
26	EMAPA SAN MARTIN S.A.	7 257 247	302 659	4,17%
27	EPS MANTARO S.A.	2 881 025	105 690	3,67%
28	EMUSAP AMAZONAS	850 467	0	0,00%
29	SEDA HUANUCO S.A.	9 458 356	0	0,00%
30	EMAPACOP S.A.	6 588 342	0	0,00%
31	EPS SEDALORETO S.A.	12 039 916	0	0,00%
32	EPSSMU S.R.LTDA	801 380	0	0,00%
33	EMAPA PASCO S.A.	1 134 253	0	0,00%
34	EMAPAT S.R.LTDA.	1 261 641	0	0,00%
35	EMAPA HUANCABELICA S.A.C	2 189 188	0	0,00%
36	EMAPA Y	404 644	0	0,00%
37	EMAPA HUARAL S.A.	3 272 603	0	0,00%
38	EMAPA HUACHO S.A.	4 318 995	0	0,00%
39	EPS CHAVIN S.A.	6 679 611	0	0,00%
40	EMAQ S.R.LTDA.	3 226 801	0	0,00%
41	EMAPAB S.R.LTDA.	1 612 817	0	0,00%
42	SEMAPA BARRANCA S.A.	4 633 213	0	0,00%
43	EMPSSAPAL S.A.	1 593 412	0	0,00%
44	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	2 118 242	0	0,00%
45	EMUSAP ABANCAY	2 523 484	0	0,00%
46	EMSAP CHANKA	882 440	0	0,00%
47	SEDAM HUANCAYO S.A.	20 330 402	0	0,00%
48	EMSAPA YAULI	318 704	0	0,00%
49	SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	453 555	0	0,00%
50	EMSAPA CALCA	0	0	S.I.

Elaboración Propia

Fuente: Sunass (2012:109)

Anexo 4 Resumen de variables utilizadas en modelos DEA aplicados a servicios de saneamiento

Barry (1991)	Ortega (2007)	De Witte (2007)	ADERASA (2009)	Estache (2002)
INPUTS				
Mano de obra costo		Número de trabajadores	Costos operativos	Costos anuales
Costo de energía	Costos de Explotación Generados	Longitud de Red Distribución		Salario anual (ratio salario/ número de
Costo de químicos				Porcentaje de aguas superficial
Costo restante				Producción diaria
OUTPUTS				Número de Clientes
Total de agua potable producida	Consumo de agua (volumen)	Volumen de Agua facturado	Volumen de producción	Densidad de población en el área
Total de viviendas	Población con servicio de	Promedio número de conexiones	Conexiones de agua	número de conexiones
Longitud de las líneas principales de	Longitud red de suministro de agua	Conexiones/ Empleados	Población servida	continuidad
Promedio de Bombeo	* Longitud Red de saneamiento		Variables ambientales	Clorinación (calidad de agua)
Promedio pico (un factor para estimar la cantidad de almacenamiento que debe ser mantenido para cualquier contingencia.	*Volumen de agua residual. *Población con servicio de saneamiento, población con servicio de depuración. *Volumen depurado de Agua.		Roturas de la Red de agua	Desalinización (calidad de agua)
			Agua no comercializada como porcentaje del agua producida	
			Medidores operativos	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5 Estimación costo de producción agua potable, año 2011

Nro	Empresa	Costo de agua estudios tarifarios (% respecto Costo Total)	Costo de Producción histórico, Año 2011	Costo estimado producción agua potable
1	SEDAPAL S.A.	67%	798 839 048	537 589 141
2	EPS GRAU S.A.	77%	67 483 670	51 997 764
3	SEDAPAR S.A.	77%	53 531 191	41 367 346
4	SEDALIB S.A.	50%	47 281 700	23 475 382
5	EPS SEDALORETO S.A.	96%	19 037 440	18 294 420
6	EPS - SEDACUSCO S.A.	83%	21 463 244	17 803 701
7	EPSEL S.A.	68%	26 026 495	17 614 340
8	SEDACHIMBOTE S.A.	80%	14 517 973	11 663 838
9	EPS TACNA S.A.	80%	13 484 992	10 805 736
10	EPS ILO S.A.	99%	9 571 946	9 510 788
11	EMAPICA S.A.	75%	11 204 276	8 380 405
12	SEDAM HUANCAYO S.A.	88%	8 912 866	7 856 265
13	SEDA HUANUCO S.A.	87%	7 399 655	6 461 266
14	EMAPA SAN MARTIN S.A.	89%	6 921 910	6 138 560
15	SEMAPACH S.A.	81%	7 074 761	5 752 580
16	EMAPA HUACHO S.A.	81%	6 767 005	5 489 324
17	SEDACAJ S.A.	85%	6 055 205	5 117 790
18	AGUAS DE TUMBES	68%	7 088 962	4 810 952
19	EMAPACOP S.A.	67%	6 799 475	4 546 009
20	EMAPAT S.R.LTDA.	89%	5 054 417	4 479 411
21	EPS CHAVIN S.A.	88%	4 061 039	3 581 080
22	EPS MOQUEGUA S.A.	83%	3 524 200	2 919 509
23	EMAPA CAÑETE S.A.	76%	3 231 206	2 455 734
24	EMAPA HUARAL S.A.	89%	2 194 806	1 954 396
25	SEMAPA BARRANCA S.A.	83%	1 892 704	1 572 752
26	EPS SELVA CENTRAL S.A.	85%	1 715 850	1 465 783
27	EMUSAP AMAZONAS	83%	1 686 373	1 392 968
28	EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTDA.	63%	2 058 547	1 304 114
29	EMAPAVIGSSA	93%	1 288 596	1 201 963
30	EPS MANTARO S.A.	85%	1 343 017	1 142 935
31	EPS MARAÑON	79%	1 181 424	937 820
32	EMPSSAPAL S.A.	84%	979 462	826 303
33	EPSSMU S.R.LTDA	78%	937 657	728 920
34	EMAPAB S.R.LTDA.	86%	719 577	616 392
35	SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	80%	629 917	503 532
36	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	78%	605 862	475 246
37	EMSAP CHANKA	81%	466 597	378 194
38	EMSAPA YAULI	97%	271 997	264 096
39	EMSAPA CALCA	90%	169 718	152 801

Elaboración Propia

Fuente: Estudios tarifarios- Sunass y Sunass (2012:115)

La tabla anterior detalla la estimación del costo operación del servicio de agua potable para 39 EPSS, dado que se encontró disponible 39 estudios tarifarios publicados por la Sunass.

La estimación del costo de producción de servicio de agua potable está basada en las proyecciones financieras contenidos en los estudios tarifarios elaborados por la Sunass respecto el porcentaje de participación del costo de producción del servicio de agua potable sobre el costo total proyectado para el primer año del quinquenio regulatorio⁴⁵. El porcentaje de ponderación obtenido se ha multiplicado por el costo operativo histórico del año 2011 de cada EPSS, sin incluir gastos de administración y ventas, como se expresa en la fórmula siguiente:

$$\text{Cost1}_i = \text{Costo Operativo}_{2011-i} * \frac{\text{Proyección Costo de Agua}_{\text{año1. quinquenio}}}{\text{Proyección Costo Total}_{\text{año1. quinquenio}}}$$

Donde:

“i” denota la i-ésima empresa de prestadora de servicios de saneamiento.

Los gastos de administración y ventas no han sido incluidos en la estimación porque incluyen gastos administrativos del servicio de agua potable y alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y servicios colaterales. Es decir no representan costos de producción.

⁴⁵ Una explicación detallada sobre la proyección de los ingresos y costos de los servicios de agua potable y alcantarillado se encuentran en los Estudios Tarifarios elaborados por la SUNASS, como parte del proceso de aprobación de tarifas quinquenales para las EPSS. Los estudios tarifarios se encuentran disponibles en: http://www.sunass.gob.pe/estudios_tarifarios.php

Anexo 6 Agua no facturada, año 2011

Nro	Empresa	Volumen producido	Volumen facturado	Porcentaje Agua no facturada
1	SEDAJULIACA S.A.	8 260 638	7 597 952	8,0%
2	NOR PUNO S.A.	1 147 492	1 048 170	8,7%
3	EMSAPA YAULI	551 640	475 679	13,8%
4	EMSA PUNO S.A.	7 049 226	5 610 119	20,4%
5	EPS TACNA S.A.	16 927 200	13 458 336	20,5%
6	SEDAPAR S.A.	54 042 009	39 829 131	26,3%
7	SEDACAJ S.A.	8 186 783	5 880 347	28,2%
8	EMSAP CHANKA	1 302 018	926 365	28,9%
9	EMUSAP AMAZONAS	1 587 763	1 062 899	33,1%
10	EMAPAT S.R.LTDA.	3 925 351	2 589 608	34,0%
11	EPS - SEDACUSCO S.A.	17 362 193	11 368 033	34,5%
12	SEDAPAL S.A.	683 246 155	444 327 989	35,0%
13	EMAPA SAN MARTIN S.A.	13 128 100	8 498 248	35,3%
14	EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTDA.	3 720 349	2 407 122	35,3%
15	SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	1 394 092	890 459	36,1%
16	EMAPA HUACHO S.A.	6 796 668	4 306 661	36,6%
17	EPSSMU S.R.LTDA	1 858 704	1 170 791	37,0%
18	EMAPICA S.A.	19 984 462	12 559 297	37,2%
19	EPSASA	15 598 569	9 683 058	37,9%
20	EPSEL S.A.	53 011 606	32 460 278	38,8%
21	EMSAPA CALCA	1 103 760	672 460	39,1%
22	SEDALIB S.A.	49 537 963	29 442 746	40,6%
23	SEDAM HUANCAYO S.A.	33 294 863	19 187 771	42,4%
24	EMPSSAPAL S.A.	3 095 505	1 747 531	43,5%
25	SEDACHIMBOTE S.A.	28 757 424	15 749 325	45,2%
26	SEDA HUANUCO S.A.	16 608 227	9 027 910	45,6%
27	EPS CHAVIN S.A.	12 495 991	6 719 075	46,2%
28	EMAPACOP S.A.	11 796 656	6 312 415	46,5%
29	EMUSAP ABANCAY	4 540 358	2 420 372	46,7%
30	EMAPA HUARAL S.A.	5 956 402	3 146 436	47,2%
31	EMAPA CAÑETE S.A.	9 789 383	5 139 316	47,5%
32	EPS MOQUEGUA S.A.	7 553 284	3 712 800	50,8%
33	EPS SELVA CENTRAL S.A.	13 098 622	6 124 325	53,2%
34	EMAPISCO S.A.	9 361 306	4 369 242	53,3%
35	EPS ILO S.A.	5 698 705	2 659 269	53,3%
36	EPS GRAU S.A.	74 869 103	34 504 237	53,9%
37	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	3 855 138	1 762 563	54,3%
38	EMAPA HUANCABELICA S.A.C	3 898 020	1 774 049	54,5%
39	EPS MANTARO S.A.	7 425 611	3 370 545	54,6%
40	SEMAPACH S.A.	15 613 274	6 968 113	55,4%
41	EMAPAVIGSSA	3 497 756	1 549 166	55,7%
42	EPS MARAÑON	5 587 950	2 389 415	57,2%
43	EMAPA Y	993 492	408 886	58,8%
44	EPS SEDALORETO S.A.	34 386 210	14 108 049	59,0%
45	EMAPAB S.R.LTDA.	3 021 480	1 129 893	62,6%
46	SEMAPA BARRANCA S.A.	9 477 179	3 254 717	65,7%
47	AGUAS DE TUMBES	17 844 048	5 949 790	66,7%
48	EMAQ S.R.LTDA.	6 957 447	2 140 015	69,2%
49	EMAPA PASCO S.A.	1 587 064	3 389 550	S.I.
50	EPS AGUAS DEL ALTIPLANO	1 102 576	1 322 150	S.I.

Elaboración Propia.

Fuente: Sunass (2012:123).

Anexo 7 Variables seleccionadas DEA, cifras año 2011

Nro	Empresa	Nº conexiones Totales de agua	Continuidad	Volumen facturado	Longitud de red de agua (promedio)	Trabajadores	Costo estimado producción agua potable
1	SEDAPAL S.A.	1 344 403	22	444 327 989	25 795	2 284	537 589 141
2	EPS GRAU S.A.	177 804	11	34 504 237	1 360	442	51 997 764
3	SEDAPAR S.A.	233 078	22	39 829 131	1 829	740	41 367 346
4	SEDALIB S.A.	158 242	9	29 442 746	1 261	494	23 475 382
5	EPS SEDALORETO S.A.	76 092	10	14 108 049	495	271	18 294 420
6	EPS - SEDACUSCO S.A.	67 533	19	11 368 033	474	170	17 803 701
7	EPSEL S.A.	149 582	17	32 460 278	931	681	17 614 340
8	SEDACHIMBOTE S.A.	78 094	11	15 749 325	652	345	11 663 838
9	EPS TACNA S.A.	76 704	14	13 458 336	715	184	10 805 736
10	EPS ILO S.A.	22 906	12	2 659 269	211	82	9 510 788
11	EMAPICA S.A.	46 973	12	12 559 297	364	191	8 380 405
12	SEDAM HUANCAYO S.A.	64 963	19	19 187 771	1 214	250	7 856 265
13	SEDA HUANUCO S.A.	38 575	24	9 027 910	286	188	6 461 266
14	EMAPA SAN MARTIN S.A.	38 615	12	8 498 248	338	92	6 138 560
15	SEMAPACH S.A.	41 839	13	6 968 113	371	82	5 752 580
16	EMAPA HUACHO S.A.	24 040	13	4 306 661	153	171	5 489 324
17	SEDACAJ S.A.	35 463	18	5 880 347	307	155	5 117 790
18	AGUAS DE TUMBES S.A.	38 405	14	5 949 790	517	81	4 810 952
19	EMAPACOP S.A.	23 882	16	6 312 415	274	117	4 546 009
20	EMAPAT S.R.LTDA.	12 386	21	2 589 608	146	90	4 479 411
21	EPS CHAVIN S.A.	24 670	23	6 719 075	48	128	3 581 080
22	EPS MOQUEGUA S.A.	19 058	21	3 712 800	148	63	2 919 509
23	EMAPA CAÑETE S.A.	31 313	15	5 139 316	257	55	2 455 734
24	EMAPA HUARAL S.A.	14 421	19	3 146 436	62	70	1 954 396
25	SEMAPA BARRANCA S.A.	16 390	14	3 254 717	147	83	1 572 752
26	EPS SELVA CENTRAL S.A.	20 519	16	6 124 325	106	82	1 465 783
27	EMUSAP AMAZONAS S.R.L.	6 246	24	1 062 899	66	28	1 392 968
28	EMAPA MOYOBAMBA S.R.LTDA.	14 565	16	2 407 122	69	26	1 304 114
29	EMAPAVIGSSA	7 702	2	1 549 166	47	34	1 201 963
30	EPS MANTARO S.A.	16 054	17	3 370 545	676	54	1 142 935
31	EPS MARAÑON S.R.L.	10 410	17	2 389 415	98	15	937 820
32	EMPSSAPAL S.A.	12 684	20	1 747 531	124	45	826 303
33	EPSSMU S.R.LTDA	6 720	2	1 170 791	61	26	728 920
34	EMAPAB S.R.LTDA.	4 694	2	1 129 893	46	16	616 392
35	SEDAPAR S.R.L. (Rioja)	5 516	15	890 459	45	26	503 532
36	EPS SIERRA CENTRAL S.R.L.	9 388	23	1 762 563	88	27	475 246
37	EMSAP CHANKA S.R.L	4 206	20	926 365	33	54	378 194
38	EMSAPA YAULI S.R.L	3 089	24	475 679	17	13	264 096
39	EMSAPA CALCA S.R.L.	2 843	6	672 460	20	6	152 801

Elaboración Propia

Fuente: Sunass (2012: 107-124).