

UNIVERSIDAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE LA ENERGÍA



**EVALUACIÓN DEL MODELO DE VALOR
AGREGADO DE DISTRIBUCIÓN PARA LAS
CONCESIONARIAS DE DISTRIBUCIÓN DEL PERÚ**

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero de la Energía

AUTOR

Daniel Tupac Yupanqui Herrera (CÓDIGO 201610471)

ASESOR

MBA David Vilca Tomaylla (ORCID: 0000-0002-6162-0073)

Lima – Perú

2021

Dedicatoria:

A mis padres William y Marlene por su apoyo constante en
todos estos años.

Agradecimientos:

Mis agradecimientos a los profesores que siempre aportaron a mi crecimiento académico, en especial a Ximena Guarda, Elmer Ramírez y Omar Bejarano.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUCCIÓN.....	12
Alcance.....	14
Antecedentes.....	15
Justificación y motivación.....	17
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos.....	19
1. CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO.....	20
1.1 Concepto de eficiencia.....	20
1.1.1 Eficiencia técnica.....	22
1.1.2 Eficiencia asignativa.....	23
1.1.3 Eficiencia económica.....	23
1.2 Determinación de la eficiencia.....	24
1.2.1 Método paramétrico.....	25
1.2.2 Método no-paramétrico.....	26
1.2.3 Modelo determinista y estocástico.....	27
1.3 Metodología DEA.....	28
1.3.1 Orientación de la metodología DEA.....	30
1.3.2 Retorno constante a escala (CRS).....	31
1.3.3 Retorno variable a escala (CRS).....	32

1.4	Modelos de regulación tarifaria	33
1.4.1	Tasa de retorno	34
1.4.2	Price Cap	35
1.4.3	Yardstick Competition	36
1.4.3.1	Modelo de empresa eficiente	37
1.4.4	Estado del arte	38
1.5	Marco legal peruano	40
1.6	Cálculo del VAD en el Perú	43
2.	CAPÍTULO II METODOLOGÍA	46
2.1	Definición de empresas a evaluar	47
2.2	Determinación de variables de entrada y salida.....	48
2.3	Aplicación de la metodología DEA	51
2.3.1	Definición de la metodología DEA	51
2.3.2	Aplicación de software DEAP.....	52
2.4	Evaluación de oportunidades de mejora	59
	CONCLUSIONES	77
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Características de los modelos determinista y estocástico	27
Tabla 1.2 Los métodos de benchmarking existentes	28
Tabla 1.3 Orientaciones del modelo DEA.....	31
Tabla 1.4 Características de la problemática del yardstick competition	37
Tabla 1.5 Estudios relacionados a la determinación de la eficiencia por DEA.....	40
Tabla 2.1 Relación de empresas concesionarias de distribución a analizar	47
Tabla 2.2 Descripción de variables técnicas y económicas de las empresas.....	48
Tabla 2.3 Combinación de variables a entrada y salida	49
Tabla 2.4 Lista de instrucciones para la aplicación del software DEAP	52
Tabla 3.1 Resultados del software DEAP para el modelo A.....	61
Tabla 3.2 Resultados del software DEAP para el modelo B	63
Tabla 3.3 Resultados del software DEAP para el modelo C	64
Tabla 3.4 Resultados del software DEAP para el modelo D.....	66
Tabla 3.5 Resultados del software DEAP para el modelo E	67
Tabla 3.6 Resultados del software DEAP para el modelo general.....	70
Tabla 3.7 Resultados del software DEAP para el modelo A*	72
Tabla 3.8 Resultados del software DEAP para el modelo D*	73
Tabla 3.9 Eficiencia promedio de tipo CRS y VRS de los modelos evaluados	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Función de producción con dos inputs y un output	22
Figura 1.2 Tipos de eficiencia	24
Figura 1.3 Métodos de medición de eficiencia.....	25
Figura 1.4 Frontera de eficiencia de un conjunto de empresas (unidades de producción)...	26
Figura 1.5 Frontera de eficiencia según tipo de retorno	32
Figura 1.6 Metodología para el cálculo del VAD	43
Figura 1.7 Etapas del estudio de costos del VAD	45
Figura 2.1 Diagrama de flujo de la metodología utilizada	46
Figura 2.2 Pasos a seguir en el software DEAP	53
Figura 2.3 Base de datos a ingresar al software con referencias	54
Figura 2.4 Formato de datos ingresados al software	54
Figura 2.5 Configuración de instrucciones del software	55
Figura 2.6 Ejecución de las instrucciones	55
Figura 2.7 Resultados del software DEAP	56
Figura 2.8 Resultados de tipo CRS y VRS.....	57
Figura 2.9 Eficiencias técnicas de tipos CRS y VRS	57
Figura 3.1 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo A.....	61
Figura 3.2 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo B	62
Figura 3.3 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo C	64
Figura 3.4 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo D.....	65
Figura 3.5 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo E	67
Figura 3.6 Ratios de potencia de balance por cliente en MT del grupo de empresas evaluadas	68
Figura 3.7 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo general	69
Figura 3.8 Resultados de eficiencia de tipo CRS de cada modelo	70
Figura 3.9 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo A*	71

Figura 3.10 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo D*	72
Figura 3.11 Evolución del indicador SAIFI del grupo de empresas entre el 2010 al 2016..	75
Figura 3.12 Evolución del indicador SAIDI del grupo de empresas entre el 2010 al 2016.	76

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Formatos de la Información Técnica, Comercial y Económica de la Empresa de Distribución Eléctrica	86
ANEXO 2: Empresas sobre la fijación tarifaria VAD 2018-2022 y 2019-2023	88
ANEXO 3: Resumen de Concesionarias de Distribución	89

RESUMEN

En el presente trabajo se analizaron oportunidades de mejora del Modelo de Empresa Eficiente aplicado por Osinergmin para lidiar con la problemática de la determinación del Valor Agregado de Distribución (VAD). Se aplicó el software DEAP a 13 empresas de distribución eléctrica, 3 de propiedad privada y 10 de propiedad pública, las cuales dotan de energía eléctrica a más 50 mil usuarios, para estimar sus eficiencias relativas en base a sus Estudios de Costos del VAD presentados a Osinergmin el 2018 y 2019.

Como resultados se obtuvo, que en promedio las empresas más eficientes del grupo fueron Enel Distribución, SEAL, Electro Sur Este y Luz del Sur; mientras que las empresas menos eficientes fueron Electro Noroeste, Hidroandina, Electro Norte y Electro Ucayali. Luego, se explicó y justificó estos resultados con los parámetros de calidad y certificados de gestión de las empresas. Finalmente, se analizaron las oportunidades de mejora para estas empresas y el modelo de regulación recomendado.

Palabras clave: Valor Agregado de Distribución (VAD), Modelo empresa eficiente, Análisis Envolvente de Datos (DEA)

ABSTRACT

EVALUATION OF THE MODEL OF DISTRIBUTION ADDED VALUE OF PERU FOR THE DISTRIBUTION CONCESSIONARIES IN THE TARIFF FIXATION 2018-2022

In this study, opportunities for improvement of the Efficient Business Model applied by Osinergmin to deal with the problem of determining the Distribution Added Value (VAD, as per Spanish acronym) were analyzed. The DEAP software was applied to 13 electricity distribution companies, 3 of private companies and 3 of state owned, which provide electrical energy to more than 50 thousand users, to estimate their relative efficiencies based on their Cost Studies of VAD presented to Osinergmin in 2018 and 2019.

As a result it was obtained that on average the most efficient companies of the group were Enel Distribución, SEAL, Electro Sur Este and Luz del Sur; while the least efficient companies were Electro Norte, Hidroandina, Electro Norte and Electro Ucayali. Then, these results were described and justified with the quality parameters and management certificates of the companies. Finally, the improvement opportunities for these companies and the recommended regulation model were analyzed.

Key words: Distribution Added Value (VAD), efficient company model, Data Envelopment Analysis (DEA)

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú, el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin) utiliza el Modelo de la Empresa Eficiente que consiste en crear una empresa teóricamente eficiente para la determinación de la tarifa VAD (Valor Agregado de Distribución). El objetivo de la construcción de la empresa modelo es que exista una competencia ficticia entre las empresas reales y la teóricamente eficiente para fomentar la eficiencia de las empresas reales en posta de un mejor servicio [1].

Desde la promulgación de la Ley de Concesiones eléctricos (LCE) en 1992, los resultados del Modelo de Empresa Eficiente evidenciaron una drástica mejora en el servicio eléctrico: la electrificación nacional se incrementó de 56.8% a 93.3%; y la electrificación rural, de 7.7% a 78%, en el periodo 1993 a 2015 [2].

Sin embargo, este modelo presenta como principal deficiencia que la empresa modelo tiende a alejarse de la realidad de las empresas de distribución. En la práctica, el regulador no considera los costos reales de las empresas, sino los determinados por el modelo de la empresa eficiencia, por lo que el resultado del VAD fijado por un periodo de 4 años, no representa el valor de las inversiones que las empresas han realizado para mejorar su servicio eléctrico. Este problema dificulta el financiamiento del servicio de electricidad y otras inversiones a través de la tarifa para las empresas de distribución.

Por ese motivo, el presente trabajo de investigación propone estudiar el Modelo de Empresa Eficiente que actualmente aplica Osinergmin y tomar las consideraciones técnicas y económicas necesarias respecto a las variables que influyen en las inversiones y los costos, para determinar los ingresos permitidos relacionados con el uso de la empresa de la red, así como analizar los impactos económicos del Decreto Legislativo N° 1221 que mejora la regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú, aprobado mediante Ley N° 30335, a través de la cual se ha eliminado el concepto de regulación por subsistema eléctrico y se ha pasado a regular a la empresa distribuidora como un todo bajo el concepto de empresa modelo eficiente.

A fin de evaluar la eficiencia del grupo de empresas de distribución eléctrica, se utiliza la metodología denominada Data Envelopment Analysis (DEA), la cual es una herramienta que utiliza técnicas de programación lineal para la maximización de la eficiencia económica de una muestra de empresas distribuidoras, y por medio de una combinación de las empresas reales, determina qué empresas son las más técnica y económicamente más eficientes.

Para desarrollar la investigación, se recopiló información administrativa y técnica de las concesionarias como el número de clientes libres, longitud de red en media y en baja tensión, número de trabajadores, Valor Nuevo de Reemplazo (VNR), balance de energía y potencia en media y baja tensión, entre otros. Luego, se aplicó la metodología DEA utilizada por el regulador, Osinergmin, para determinar la eficiencia económica de cada empresa y qué tan alejados están de la Empresa Eficiente Teórica construida por el modelo del regulador.

Por último, el trabajo de investigación propone oportunidades de mejora en el Modelo de Empresa Eficiente para promover la inversión de las concesionarias distribuidoras de electricidad mediante una elaboración de VAD en concordancia con las empresas y el regulador.

Alcance

El presente trabajo involucra la evaluación técnica y económica del Modelo de Empresa Eficiente aplicado por Osinergmin para la determinación de las consideraciones que permitan que la empresa modelo se asemeje a las características reales de las concesionarias de distribución del Perú.

El estudio usó como referencia los Términos de Referencia que evalúa Osinergmin para la elaboración del Modelo de Empresa Eficiente, así como los informes de costos y observaciones respecto a la fijación de tarifas VAD [3]. En base esto, se utilizó el software DEAP (Programa de Análisis Envolvente de Datos) versión 2.1 para calcular la eficiencia técnica y de escala de las concesionarias.

El alcance de la investigación abarca el grupo de concesionarias de distribución a nivel nacional que atienden más de 50,000 suministros cada una, a excepción de ADINELSA, ya que es subsidiada por el estado por operar en localidades aisladas [4]. Es importante precisar que el estudio no incluye la evaluación de marcos regulatorios extranjeros aplicados o simulados en la realidad peruana.

Antecedentes

A mediados del siglo XX, el esquema regulatorio tradicional más utilizado en el sector de distribución eléctrica era por Regulación de Tasa de Retorno, que se basaba en el reconocimiento de los costes de la actividad de la empresa para la determinación de la tarifa, añadiendo además una tasa de retorno para las empresas sobre sus inversiones [1]. La desventaja de este esquema es que la empresa no tiene la obligación de invertir eficientemente en sus recursos, ya que siempre se le reconocerá su costo real.

Durante los primeros años de los 80s, Chile aplicó el Modelo de Empresa Eficiente [5]. A partir de esta iniciativa, diversos países alrededor del mundo han realizado los estudios correspondientes para la implementación del mismo esquema de empresa modelo, o también denominado como modelo yardstick competition, en su marco regulatorio. Una de las ventajas, a diferencia del esquema tradicional, es que en este modelo el regulador solamente reconoce los costos de acuerdo al servicio que brinda la empresa distribuidora, por lo que esta última debe evitar realizar sobrecostos que aumenten innecesariamente el precio de la tarifa.

Por otro lado, la integración de estos esquemas ha sido discutida y evaluada en el artículo “Integration of Price cap and Yardstick Competition Schemes in Electrical Distribution Regulation” por Hugh Rudnick [6]. En este trabajo, se sopesaron las ventajas de cada esquema y se concluyó que el modelo tradicional aún puede ser efectivo, en una primera etapa, para el incentivo de inversiones en regiones de baja cobertura eléctrica, para más adelante cambiar a un esquema tipo yardstick competition que incentive la eficiencia de nuevas inversiones. En resumen, estos dos esquemas pueden complementarse; sin embargo, se requiere mayor investigación para concluir cuál es la mejor opción.

En los años 2003 y 2004, se realizaron trabajos de tesis para la determinación del VAD por medio del modelo de empresa eficiente, como el de Guillermo Castro en España y el de Raúl Sanhueza en Chile [1], [7]. Los resultados respecto a la determinación de la eficiencia de las empresas por el cálculo de su VAD son muy completos y proponen diferentes ideas generales para reducir la asimetría de información entre el regulador y las distribuidoras; por ejemplo realizar auditorías de costes y de la calidad del servicio.

Finalmente, en el 2016 Edwin Peña publicó su tesis titulada “Comparación de la Eficiencia de las Empresas de Distribución de Electricidad del Estado Peruano: Considerando el Parámetro Calidad de Suministro del Servicio” [8], cuyo aporte reside en la evaluación de la eficiencia de las empresas del Estado peruano, financiadas por FONAFE¹, en el periodo 2008-2014 utilizando la metodología DEA y la verificación de la ganancia de productividad en las empresas de distribución en ese periodo. Peña recopiló información muy importante y útil, la cual se toma de referencia en la metodología del presente trabajo de investigación.

En conclusión, del mismo modo que los trabajos de estudio anteriormente mencionados, en la presente tesis se evaluó el modelo de regulación actual para encontrar oportunidades de mejora y comparar la eficiencia de las empresas distribuidoras del sector privado y público; sin embargo, en este trabajo se analizó los impactos económicos del Decreto Legislativo N° 1221 en las empresas de distribución del Perú.

¹ Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado

Justificación y motivación

La falta de inversión en el sector distribución repercute principalmente en dos aspectos: el primero es en no lograr la totalidad de cobertura de necesidades eléctricas de la población y el segundo en deficiencias de la calidad del servicio. Esto tiene un gran impacto económico para los que no tienen acceso a un servicio tan fundamental como lo es la electricidad. Esta problemática está presente en localidades rurales, ya que el coeficiente de electrificación rural es de 88% y en el sector distribución presenta niveles de SAIFI² y SAIDI³ de 10 y 20 respectivamente, debido principalmente a las empresas FONAFE [2], [9].

Desde otra perspectiva, con respecto a la capacidad de las redes de transmisión, en un escenario futuro, las zonas Norte y Sur tienen un mayor potencial de crecer que el Centro del país, 6.5% y 5.1% respectivamente para el año 2030 [10]. Por lo que pueden presentar dificultades en ampliar su demanda eléctrica debido al congestionamiento del transporte de electricidad.

Si se previene esta problemática, las empresas de distribución en el Sector Eléctrico Rural peruano tendrán mayor estímulo en acelerar la instalación de redes y subestaciones para aportar en el objetivo de lograr el 100% de cobertura de electricidad en donde sea posible; así como ha sucedido en España, Chile, Brasil, Ecuador, Argentina, entre otros según los datos del Banco mundial del 2017 [11].

Adicionalmente, las empresas de distribución pueden presentar mejoras en los índices de calidad de SAIFI y SAIDI, ya que según un informe publicado por Osinergmin, la evolución histórica de estos índices durante el periodo 2012-2017 disminuyeron a una tasa muy baja como para resolver la problemática de la calidad del servicio en regiones de provincia en el mediano plazo [12].

Desde la promulgación de la Ley de Concesiones Eléctricas del año 1992, las tarifas de distribución VAD se han venido fijando cada 4 años según el modelo de empresa eficiente, y la tendencia de las tarifas para las distribuidoras que pertenecen en el sector Urbano de Alta Densidad fue incrementándose ligeramente [13], lo cual es un punto a tomar en cuenta, ya

² Frecuencia promedio de las interrupciones por usuarios del sistema eléctrica, siglas en ingles SAIFI.

³ Duración promedio de interrupción por usuarios del sistema eléctrico, siglas en ingles SAIDI

que aparentemente se está estimulando a las empresas el retorno de su inversión por la mejora del servicio eléctrico; sin embargo, se requiere un análisis más profundo de la tendencia del costo de nuevas redes en comparación al ligero incremento del VAD y concluir si en realidad existen incentivos para la inversión de las distribuidoras.

En el año 2017, se realizó un importante estudio por la consultora Cambridge Economic Policy Associates Ltd (CEPA) y Negocios Globales Inteligentes (NEGLI), donde se recogió la opinión de las empresas de generación, transmisión, distribución y clientes libres sobre la problemática del sector eléctrico [14]. En este estudio se verificó la disconformidad que tienen los encuestados del sector eléctrico respecto el modelo regulatorio actual.

En ese sentido, esto motiva a comprender y resolver la problemática que aqueja a los agentes del sector eléctrico con referencia al modelo, que a su vez puede escalar hasta el usuario final en forma de que las empresas distribuidoras brinden un servicio ineficiente.

Objetivo general

Evaluar oportunidades de mejora en el Modelo de Empresa Eficiente para las concesionarias de distribución del Perú.

Objetivos específicos

- Definir las concesionarias de distribución eléctrica a evaluar.
- Determinar las variables de entrada y de salida de la metodología de análisis.
- Aplicar el software DEAP para comparar la eficiencia y productividad de las concesionarias.
- Encontrar oportunidades de mejora para la metodología del modelo regulatorio actual.

1. CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo, se profundiza la teoría de los diferentes métodos para la determinación de eficiencia de las empresas, explicando qué es la eficiencia y de qué forma se mide esta. Luego, se detalla conceptualmente y desde una perspectiva matemática las metodologías utilizadas para determinar la eficiencia. Después, se explora los modelos de regulación tarifaria más comunes y el estado del arte de la aplicación de un modelo Yardstick competition, así como también, trabajos de investigación sobre la determinación de eficiencia de las distribuidoras eléctricas en diversos países donde se utilizó la metodología DEA. Finalmente, se explica el marco legal y cómo se calcula el VAD en el Perú.

1.1 Concepto de eficiencia

La definición de eficiencia que toma el presente trabajo de tesis es la siguiente: "La eficiencia es la relación entre un ingreso y un gasto; entre un input⁴ y un output⁵; entre un recurso y un producto". La expresión en cualquier relación de eficiencia toma la forma de un cociente entre el output y el input, que se presenta en forma matemática como sigue:

$$\textit{Eficiencia} = \textit{Output/Input} \quad (1.1)$$

En el campo económico, esta relación es denominada como función de producción, cuyo cálculo es necesario para ilustrar ratios de comercialización, por ejemplo: la relación entre el número de ventas y la cantidad de puestos de trabajo en un cierto periodo de tiempo. Cabe destacar que estos ratios, pueden ser muy simples y es necesario tomar en cuenta otros factores como la productividad de los trabajadores o el poder adquisitivo de los clientes.

⁴ Entrada (insumos).

⁵ Salida (productos).

Para la distribución eléctrica, la actividad económica consiste en brindar un servicio de conexión eléctrica, definido como entrega de kilowatts hora (output), lo cual requiere de redes de distribución eléctrica (input). La función de producción (**1.1**) establece una relación numérica entre las variables de input y output para calcular, por ejemplo, costos de operación promedio [1].

La forma de dicha relación puede ser muy diversa, según sea necesario combinar los insumos para obtener productos. En consecuencia, se puede recalcar que, si una actividad aplica una técnica donde utiliza menos insumos para entregar la misma cantidad de energía mientras se cumple con los estándares de calidad técnica establecidos, entonces por definición sería una técnica más eficiente.

Farrell, en su libro “The measurement of productive efficiency”, fue el primero que propuso un método empírico para medir la eficiencia teniendo como referencia las mejores prácticas de varios factores de producción de un grupo de empresas [15]. Si bien la proposición de Farrell data del año 1957, aún se toma de referencia en las literaturas actuales para explicar cómo se determina la eficiencia, ya que provee una concepción práctica para comprender y determinar la eficiencia económica de una empresa.

A partir de un caso sencillo, se considera una empresa que emplea dos inputs (x_1 , x_2) para la obtención de un único output (y) representado en la **Figura 1.1**, bajo las siguientes consideraciones [15]:

- La empresa opera bajo condiciones de rendimientos constantes a escala, es decir, si hay un incremento porcentual del output, este será igual al incremento porcentual experimentado por el input.
- La tecnología de producción se representa por una isocuanta⁶ que es convexa hacia el origen y que no tiene en ningún punto pendiente positiva.
- La función de producción eficiente de la empresa es conocida y se representa por la curva SS' en la **Figura 1.1**.

⁶ Curva matemática que representa diferentes combinaciones de factores para producir el mismo producto.

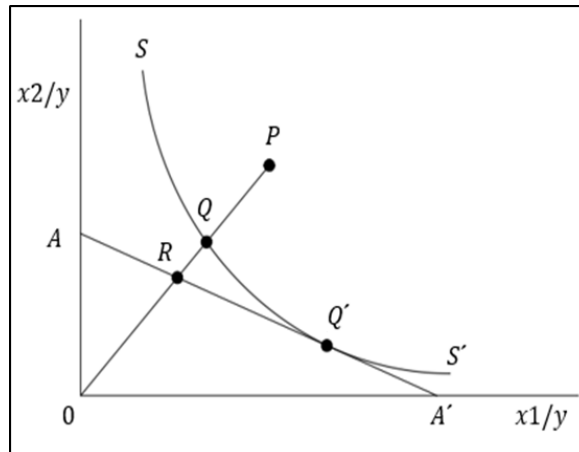


Figura 1.1 Función de producción con dos inputs y un output

Fuente: R. Sanhueza. “Fronteras de eficiencia, metodología para la determinación del valor agregado de distribución” [1].

Los ejes cartesianos miden las cantidades de inputs empleados, x_1 y x_2 , por unidad de output; y la curva representada como SS' muestra los posibles pares de combinaciones de recursos (x_1, x_2) tal que disminuyendo uno o incrementando el otro, la cantidad producida permanece constante. En otras palabras, esta isocuanta se identifica como la frontera de producción de la empresa y toda el área por encima de esta es el conjunto factible⁷ para obtener un determinado output y [5].

A continuación, por medio de la **Figura 1.1** y las consideraciones de Farrell, se va a explicar los conceptos de eficiencia de una empresa.

1.1.1 Eficiencia técnica

En la presente tesis se define la eficiencia técnica como la capacidad de una empresa para obtener un determinado producto dado un óptimo conjunto de factores de producción. Gráficamente, considerando que la función de producción eficiente es la curva SS' , de la **Figura 1.1**, si la empresa utiliza una combinación de insumos representados en el punto P , entonces está empleando más insumos para producir el mismo producto, a esto le llamamos “ineficiencia técnica”, lo cual queda representado por la distancia de QP . En cambio, el punto

⁷ Es el conjunto formado por todas las combinaciones alternativas de factores que permiten obtener una cantidad dada de producto.

Q sí cumple la definición de eficiencia técnica, ya que se encuentra sobre la frontera de producción de la empresa; es decir, utiliza lo mínimo necesario para la producción del producto.

1.1.2 Eficiencia asignativa

En la presente tesis se define la eficiencia asignativa como la capacidad para usar los factores de producción en sus proporciones óptimas, dados sus respectivos precios. Sobre la misma **Figura 1.1**, se puede observar la curva de la recta isocoste⁸ AA'. Esta línea representa el coste mínimo incurrido por la empresa para generar el producto. Todos los puntos de la curva AA' representan el mínimo coste, por lo tanto, si el punto se encuentra sobre esta curva, como R, se dice que es asignativamente eficiente. Por el otro lado, el punto Q si bien es técnicamente eficiente porque usa la combinación mínima de insumos, es asignativamente ineficiente ya que sus costos no son los mínimos [5].

1.1.3 Eficiencia económica

Finalmente, la eficiencia económica (o productiva) se define como la capacidad de combinar de forma óptima los insumos (inputs) y productos (outputs) (ver **Figura 1.2**), teniendo en cuenta la maximización o minimización de alguna variable económica, como el beneficio o los costes de la producción. Para alcanzar este objetivo, la empresa debe ser técnica y asignativamente eficiente, es decir llegar al punto Q' sobre las fronteras isocuanta e isocoste.

⁸ Representa las combinaciones de los factores productivos que suponen un mismo coste.



Figura 1.2 Tipos de eficiencia
Elaboración propia

Cabe resaltar que la **Figura 1.1** parte bajo el supuesto de que la curva isocuanta SS' es conocida; sin embargo, en la realidad no es posible conocer por adelantado esta curva, sino se requiere realizar observaciones y estimaciones de las empresas evaluadas. Según Farrell, la forma correcta de medir la eficiencia es mediante la comparación de cada observación de las empresas con la mejor práctica observada [15].

En la siguiente sección, se repasan los métodos para estimar las fronteras de eficiencia.

1.2 Determinación de la eficiencia

En general, las estimaciones de fronteras de eficiencia se basan en la premisa de que estas deben representar las prácticas más eficientes del sector. Los métodos para estimar esta frontera pueden ser por técnicas paramétricas o no paramétricas; a su vez, estas técnicas pueden dividirse entre métodos estadísticos o de programación matemática como muestra la **Figura 1.3**.

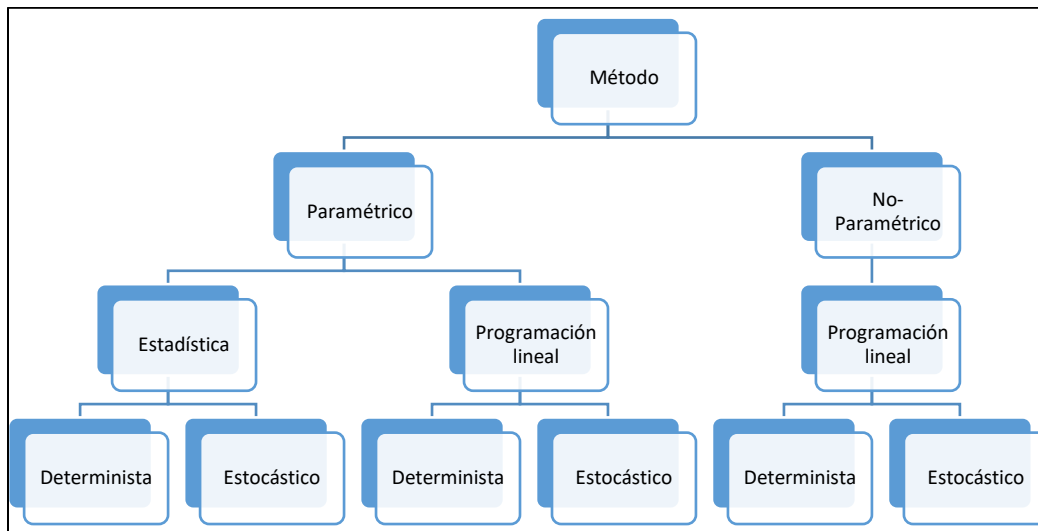


Figura 1.3 Métodos de medición de eficiencia
Fuente: Coll y Blasco. “Eficiencia y Análisis envolvente de datos” [16].

1.2.1 Método paramétrico

El método paramétrico es un tipo de metodología que implica la definición de una forma funcional específica que relacione los insumos, los productos y los factores del entorno, como variables para estimar la frontera de costes o beneficios. Por consiguiente, su fin es construir una función promedio aplicable para cada unidad productiva y calcular las medidas de eficiencia por medio de una regresión⁹ que parte de información estadística histórica [8].

La principal ventaja de este método es que, al estar basados en procedimientos estadísticos, permiten tener en cuenta el ruido aleatorio¹⁰ que se puede generar por errores de medición en las mediciones de eficiencia. Sin embargo, como han señalado autores como Sanhueza, Nuñez, Guzman y Muñoz, las fronteras paramétricas son definidas a criterio de un creador y no hay garantía de que este criterio sea el más apropiado. Por otro lado se requiere bastante información por parte de las empresas para definir las funciones de producción, la cual que no necesariamente está disponible [1], [5], [17].

⁹ Es un proceso estadístico para estimar las relaciones entre variables.

¹⁰ Es una señal aleatoria que no guarda correlación estadística.

1.2.2 Método no-paramétrico

El método no paramétrico utiliza como principal herramienta la programación lineal para calcular la eficiencia técnica de un grupo de empresas y así, estableciendo supuestos de producción bastante flexibles, calcula la frontera de eficiencia para ese conjunto de empresas.

A diferencia del método paramétrico, no es necesario asumir una forma funcional concreta de la frontera, por lo que permite dar una medida específica de la eficiencia técnica de cada empresa, en vez de un promedio, y además, es menos propenso a errores de especificación porque se deja de depender del criterio de su creador [8], [18].

Gráficamente, en la **Figura 1.4**, a modo de ejemplo, se representa un conjunto de empresas cuya relación de empleados vs ventas están identificados en las letras A hasta la F. A partir del concepto de eficiencia técnica que se definió en la anterior sección, la empresa que emplee la mejor práctica consistiría en la que genere mayor número de ventas por número de empleados, por lo que se toma de referencia la empresa B para estimar y dibujar la frontera de eficiencia [19].

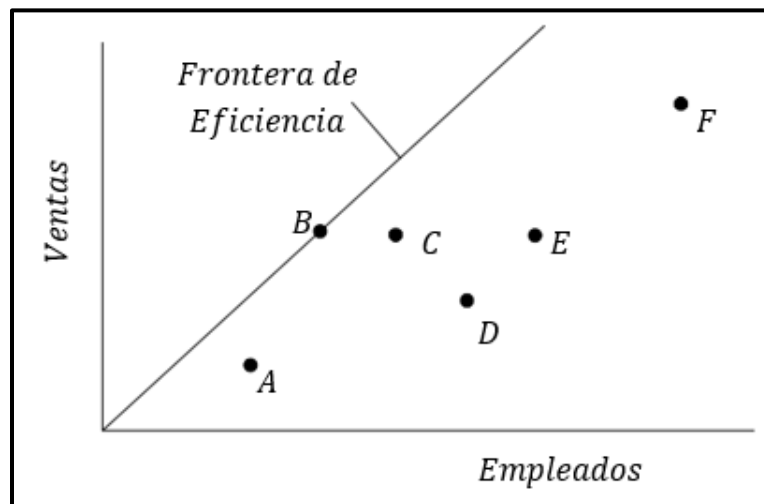


Figura 1.4 Frontera de eficiencia de un conjunto de empresas (unidades de producción)
Fuente: W. Cooper et. al. "Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software" [19].

1.2.3 Modelo determinista y estocástico

A continuación, se procede a explicar las principales características de los modelos deterministas y estocásticos, ya que como se observa en la **Figura 1.3**, a partir del método estadístico se define si se trata de un modelo determinista o un modelo estocástico.

Para los trabajos de esta índole, la principal diferencia entre estos modelos es la forma en la que se toma la ineficiencia: el determinista no toma en cuenta los errores aleatorios que pueden surgir en la medición de la ineficiencia, mientras que el estocástico sí lo tiene en cuenta [20].

Históricamente, se empezó utilizando el modelo determinista por medio de la estadística; sin embargo, a partir del año 1968, con la introducción de las matemáticas estocásticas y la programación matemática, la metodología econométrica¹¹ para estimar la eficiencia se ha desarrollado aún más y nació el modelo estocástico [21]. Una de las ventajas que tenía esta sobre la otra, es que no siempre las desviaciones respecto a la frontera de eficiencia están bajo el control de la empresa analizada, sino que, existe una componente aleatoria producto de factores externos que favorece o desfavorece la producción de la empresa [22].

En la **Tabla 1.1**, se explica estos tipos de análisis:

Modelo	Determinista	Estocástico
Definición	Un modelo determinista es uno en donde los valores de las variables dependientes del sistema son determinados únicamente por los parámetros del modelo, sin contemplar la existencia de la incertidumbre.	Un modelo estocástico posee un régimen probabilístico donde tiene en cuenta la aleatoriedad del sistema, en ese sentido, los resultados del modelo no son necesariamente definidos por valores únicos.

Tabla 1.1 Características de los modelos determinista y estocástico

Autor: S. Rey. Fuente: International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences [20].

¹¹ Búsqueda de relaciones matemáticas que permitan explicar el comportamiento de una variable económica.

En la siguiente sección, se explica la metodología y el modelo que se utilizará para la determinación de eficiencia en el presente trabajo de tesis.

1.3 Metodología DEA

Traducido como Análisis Envolvente de Datos, es una metodología no-paramétrica reconocida por la literatura científica por ser más adecuada que otros métodos tradicionales y econométricos como los análisis de regresión y los simples análisis de ratios [23]. La utilización de la metodología DEA es intrínsecamente programación lineal para determinar una frontera no-paramétrica a partir de los datos de ingreso, de manera que es capaz de calcular eficiencias relativas a la frontera.

La aplicación de la metodología DEA y otros métodos paramétricos tradicionales se puede clasificar en la **Tabla 1.2**.

Métodos de benchmarking	No paramétricos o de programación matemática	Paramétricos
Determinísticos	Análisis Envolvente de Datos (DEA)	Mínimos cuadrados corregidos (MCC)
		- Efectos fijos (FSS-F) - Efectos aleatorios (FSS-A)
Estocásticos	DEA con bootstrap	Frontera paramétrica

Tabla 1.2 Los métodos de benchmarking existentes

Fuente: A. Núñez. "Evaluación de la actividad de distribución eléctrica en España mediante fronteras de eficiencia" [5].

La introducción del bootstrap en la metodología DEA empezó desde el año 2000. Esta tiene la característica de considerar la existencia de un término de perturbación en el cálculo de eficiencia en el VAD de cada empresa. Para ser más específicos, según Efron y Tibshirani, el bootstrap es una aplicación que implementa muestras aleatorias con reemplazo¹²

¹² Con reemplazo significa que la muestra contiene elementos que pueden repetirse.

y asigna medidas de precisión como intervalos de confianza¹³, predicciones de error, entre otros [24].

Sin embargo, se puede rescatar del modelo determinista su pragmatismo en comparación al estocástico, ya que no es necesario realizar supuestos acerca de la forma de distribución del término de perturbación (o error) de las empresas evaluadas, de esa forma se evita depender de supuestos que pueden resultar ser inciertos y que distorsionen los resultados del modelo. En resumen, aplicar la metodología DEA sin bootstrap es posible y presenta ventajas como método no-paramétrico.

Para determinar la eficiencia, la metodología DEA consiste en encontrar el conjunto de ponderaciones que maximiza el valor de los outputs de la unidad analizada con respecto a sus inputs de la siguiente ecuación fraccional (1.2).

$$Eficiencia = \frac{Suma\ ponderada\ de\ salidas}{Suma\ ponderada\ de\ entradas} \quad (1.2)$$

Los pesos correspondientes a los inputs y outputs para realizar la ponderación se determinan a partir de la programación lineal con el objetivo de maximizar los outputs o minimizar los inputs, mientras que se tiene en cuenta que la eficiencia jamás puede ser superior a 1.

La principal ventaja radica en que la metodología DEA, a diferencia de los métodos paramétricos, no necesita imponer una función promedio sobre los datos. No obstante, la frontera obtenida puede resultar incorrecta si los datos se encuentran distorsionados por ruido estadístico. En las palabras de Bonifaz y Santin, la eficiencia no es evaluada sobre la base de una función de producción ideal; los índices de eficiencia se calculan a partir de las mejores prácticas observadas [25].

En segundo lugar, el modelo DEA se adapta al carácter multidimensional de determinadas actividades productivas, así como a la ausencia de precios de mercado para determinados factores productivos [25]. Por lo tanto, se reconoce la utilidad del DEA,

¹³ Rango de valores donde se estima que se encuentra cierto valor desconocido bajo una probabilidad de acierto.

inclusive para diferentes sectores distintos al de distribución eléctrica; sin embargo, se debe tener especial cuidado con los supuestos del modelo para evitar el ruido estadístico.

En resumen, el método DEA aproxima una frontera de producción eficiente no paramétrica, realizando diferentes combinaciones de factores por unidad de producto, para luego ajustar una isocuanta eficiente con respecto a estas combinaciones, de manera que esta sea convexa y de pendiente negativa.

1.3.1 Orientación de la metodología DEA

Para la creación de un modelo a través de la metodología DEA, se definen los Decision-Making Units (DMU en adelante) como las unidades organizacionales que toman libremente sus decisiones y poseen una determinada relación de inputs y outputs, en otras palabras, es una denominación para aquellos miembros de una organización que se involucran en el proceso de compra de un producto o servicio particular, como una empresa [26].

Para representar un ejemplo, se asume que hay n DMUs donde cada uno consume m inputs para producir s outputs. Se tiene $\mathbf{X} \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ($x_{ij} > 0, i = 1, 2, \dots, m$) y $\mathbf{Y} \in \mathbb{R}^{s \times n}$ ($y_{rj} > 0, r = 1, 2, \dots, s$) como las matrices, que consisten en elementos positivos de las entradas u outputs observadas y medidas por las DMUs. Se denota \mathbf{x}_j (la j -ésima columna de \mathbf{X}) como el vector de entradas consumidos por la DMU $_j$, y por x_{ij} la cantidad de entradas i consumidas por DMU $_j$.

De acuerdo a los trabajos de Debreau y Shepard, se han introducido dos nociones para la orientación de la medición de la distancia entre las DMU y la frontera de eficiencia construida por la metodología DEA. La orientación-output; está enfocada en el aumento de los output; y la orientación-input, enfocada en la reducción de los inputs [27], [28].

En la **Tabla 1.3**, se presenta la función objetivo de la metodología DEA de acuerdo a su orientación.

Modelo con orientación-input	Modelo con orientación-output
$Max \quad h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{r0}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{i0}} \quad (1.3)$ <p>Sujeto a:</p> $\frac{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij}} \leq 1$ $U_r, V_i \geq 0 ; r = 1 \dots s ; i = 1 \dots m$	$Min \quad f_0 = \frac{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{i0}}{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{r0}} \quad (1.4)$ <p>Sujeto a:</p> $\frac{\sum_{i=1}^m V_i \cdot X_{ij}}{\sum_{r=1}^s U_r \cdot Y_{rj}} \geq 1$ $U_r, V_i \geq 0 ; r = 1 \dots s ; i = 1 \dots m$

Tabla 1.3 Orientaciones del modelo DEA

Fuente: T. Joro, P. Korhonen. "Extension of Data Envelopment Analysis with Preference Information: Value Efficiency" [29].

Donde:

h_0 = Relación ponderada entre la cantidad de output y de input.

f_0 = Relación ponderada entre la cantidad de output y de input.

Y_{r0} = Cantidad de output r producido por la unidad evaluada.

X_{i0} = Cantidad de input i consumido por la unidad evaluada.

Y_{rj} = Cantidad de output r producido por la unidad j .

X_{rj} = Cantidad de input i consumido por la unidad j .

U_r = Ponderación asignada al output r .

V_i = Ponderación asignada al input i .

1.3.2 Retorno constante a escala (CRS)

Se define como un modelo que supone rendimientos constantes de escala (CRS). Es apropiado cuando todas las empresas operan en la escala óptima [30]. Los resultados de la tipología CRS representan la eficiencia global de la empresa; es decir, cuando un DMU presenta una mayor eficiencia que otra, es porque gasta en menos insumos para la misma unidad de producto.

En el gráfico de la **Figura 1.5**, se presenta un ejemplo de fronteras de eficiencia para un grupo de DMUs.

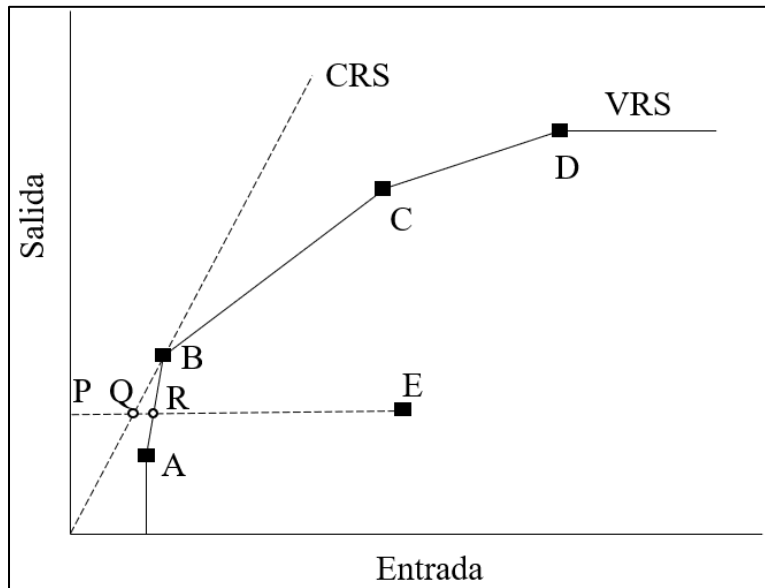


Figura 1.5 Frontera de eficiencia según tipo de retorno

Fuente: R. Sanhueza. "Fronteras de eficiencia, metodología para la determinación del valor agregado de distribución" [1].

De acuerdo a la relación de salidas y entradas de cada DMU, se construye la frontera de eficiencia de tipo CRS considerando cualquier combinación lineal de las variables definidas. Del gráfico se interpreta que si la DMU esté alejada de la frontera (puntos A, C, D y E), entonces estas presentan ineficiencia global; mientras que para aquella DMU que esté sobre la frontera, significa que es globalmente eficiente dentro del grupo de DMUs (punto B).

1.3.3 Retorno variable a escala (VRS)

Se define como un modelo que supone rendimientos variables de escala (VRS). Es apropiado cuando no todas las empresas operan en condiciones óptimas [31]. Por medio de este supuesto, se definen dos eficiencias: puramente técnica (VRS) y eficiencia de escala. A diferencia del tipo de retorno CRS que considera combinaciones lineales, en este caso se trabajan con combinaciones lineales convexas [32], por esa razón se aprecia que la curva no es lineal en la **Figura 1.5**. Por el otro lado, similar a la interpretación del CRS, los DMUs localizados sobre esta frontera presentan una eficiencia ideal puramente técnica (puntos A,

B, C y D); mientras que si una DMU está alejada de esta, significa que presenta ineficiencia (punto E).

Estas eficiencias definidas cumplen la siguiente relación:

$$e_{escala} = \frac{e_{CRS}}{e_{VRS}} \quad (1.5)$$

Donde:

e_{escala} = Eficiencia de escala.

e_{CRS} = Eficiencia de tipo CRS.

e_{vrs} = Eficiencia de tipo VRS.

Por lo tanto, para que una DMU sea eficiente en el modelo con rendimientos constantes, tiene que ser necesariamente eficaz en el modelo con rendimientos variables, pero lo contrario no es cierto. Por otro lado, se tiene eficiencia de escala cuando la DMU presenta el tamaño óptimo para operar eficientemente, no es ni muy grande ni muy pequeña [32].

1.4 Modelos de regulación tarifaria

En el sector de distribución eléctrica, así como en el de telecomunicaciones y distribución de agua, las empresas no pueden competir en un mismo mercado físico por razones ineludibles, debido a que, en una zona con demanda de servicio eléctrico, de agua o internet, solo participa la empresa dueña de la infraestructura que brinda el respectivo servicio que demanda el usuario.

Por esa razón, es necesaria la intervención de un regulador para determinar el precio de este servicio y supervisar que este se brinde adecuadamente. Los modelos de regulación de la actividad de distribución eléctrica que más resaltan son: Tasa de retorno, Price cap (o Revenue cap) y Yardstick competition (o Empresa Eficiente). A continuación, se explica en qué consiste cada uno de estos, con un mayor detalle en el modelo Yardstick competition que se aplica en Perú.

1.4.1 Tasa de retorno

La regulación por Tasa de retorno fue la más utilizada para determinar las remuneraciones de empresas verticalmente integradas en muchos de los países durante la segunda mitad del siglo XX. Bajo este esquema, el regulador fija las tarifas de manera de permitir a las empresas financiar sus costos operacionales más un retorno sobre el capital invertido [1].

El retorno está en función a una tasa que determina el regulador para limitar las ganancias sobre la inversión de la empresa distribuidora que corresponde a la valorización de los costos sin considerar depreciación y cuya remuneración ha sido aprobada por el regulador.

La ecuación, según Soto, de este esquema regulatorio [33] es la siguiente:

$$\sum_i^N p_i y_i = C(Y) + gI \quad (1.6)$$

Donde:

I = Inversión en capital.

g = Tasa de retorno de la inversión.

Y = Vector de cantidades (y_1, \dots, y_N).

$C(Y)$ = Costo de producir la cantidad Y .

p_i = Precio del producto i .

y_i = Cantidad del producto i de la empresa.

La desventaja de este esquema es que no da incentivos a las empresas distribuidoras a reducir sus costos, ya que siempre se le reconocerá un retorno en base a su inversión, por más baja que esta sea. Por otro lado, la empresa también puede orientarse a elevar desmedidamente sus costos para generar mayores ingresos. Esto puede repercutir negativamente, ya que incurrir en más costos no equivale necesariamente a operar a mayor eficiencia, además que el precio de la tarifa puede elevarse en el largo plazo.

1.4.2 Price Cap

Traducido al español como Precio Máximo, se aplicó por primera vez en 1984 en Reino Unido y desde entonces, su aplicación se extendió a lo largo del mundo [5]. Bajo este esquema, el regulador establece los límites máximos del precio de la tarifa de las empresas reguladas. Cabe mencionar que existe un esquema similar denominado revenue cap, donde el regulador establece los ingresos máximos de la empresa regulada en función de un valor de consumo.

Cuando se fijan los límites superiores de Price Cap o Revenue Cap por el regulador, la empresa regulada busca reducir sus costos para conseguir mayores ingresos, así aumenta su eficiencia a través de una mejor gestión de los recursos. Así se espera, que los aumentos de eficiencia de parte de la empresa beneficien a los usuarios.

Inicialmente, el precio tope se fija en un periodo de 4 o 5 años, después se actualiza de acuerdo a la inflación (π) menos el aumento de eficiencia o productividad que el regulador estima puede lograr la empresa (X) [5].

En este esquema, se rigen las siguientes ecuaciones según Soto [33]:

$$\Delta P = \pi - X \quad (1.7)$$

Donde:

I = La tasa de variación en el precio.

g = La tasa de inflación.

X = Factor de productividad

$$T_t = T_{t-1}(1 + \pi - X) \quad (1.8)$$

Donde:

T_t = Precio máximo aplicable en el período regulatorio actual.

T_{t-1} = Precio máximo vigente en el periodo anterior.

La desventaja de este esquema es que, una vez fijado el límite de precio o ingreso, la empresa regulada puede degradar la calidad por reducir costos de su servicio como mantenimiento o atención de emergencias del usuario; por lo tanto, es necesario incluir una regulación de calidad para evitar en lo posible esta problemática.

1.4.3 Yardstick Competition

Traducido como competencia por comparación, es un esquema de regulación donde el regulador construye una empresa modelo y determina un precio de tarifa de acuerdo a esta, de forma que las empresas reales sean tan eficientes como la empresa modelo y generen ingresos; sin embargo, si son menos eficientes no obtendrán mucho excedente económico [33]. Por ende, como el modelo de regulación Price Cap, el Yardstick Competition incentiva a las empresas a reducir sus niveles de costos.

Bajo este esquema regulatorio, se recopila la información de las empresas que operan en sectores de características similares para establecer niveles de costos reconocidos como razonables según los términos de eficiencia del regulador [34]. El regulador fija la tarifa de la empresa eficiente a nivel de costo medio (para asegurar la sostenibilidad de las empresas), aunque las tarifas son fijadas para cubrir el costo de la empresa modelo, no el costo de la empresa real [33].

Así como en los otros modelos de regulación, no se puede prescindir de la información de la empresa real y es necesario adaptar la empresa modelo a las características geográficas de operación y a la demanda de cada área de servicio, de forma que la tarifa no esté alejada de la realidad y refleje adecuadamente los costos que una empresa eficiente tiene que incurrir para brindar un buen servicio.

Para la aplicación del Yardstick Competition, es necesario tener cuenta la problemática identificada por Okumura y sus respectivas medidas de solución, como se detalla en la **Tabla 1.4** a continuación.

Problemática	Descripción	Medida de solución
Posibilidad de distorsión	Existe el riesgo que la regulación no remunere las inversiones efectuadas aun cuando estas, objetivamente, sí resulten eficientes.	Se requiere reestructurar los grupos de empresas a regular y utilizar otros criterios para la determinación de costos.
Asimetría de costos entre empresas	El servicio eléctrico para cada empresa varía de acuerdo a las circunstancias como la topología de redes, clima, demografía, entre otros factores, por lo que es necesario identificar factores diferenciadores entre las empresas sujetas a competencia comparativa, lo cual puede requerir un juicio subjetivo probablemente errado.	Existen metodologías econométricas que pueden corregir las diferencias de los factores en consideración y hacerlas comparables.
Riesgo de colusión	Existe el riesgo que las empresas podrían ponerse de acuerdo en presentar su información de costos a un nivel pre fijado que les otorgue beneficios esperados.	Auditorías y penalidades en los informes de costos de las empresas.
Riesgo regulatorio	Un error del regulador en la aplicación de la metodología influiría de manera determinante en la viabilidad económica de la empresa.	Se puede aumentar en cierta medida la relación entre los costos reales de la empresa con el precio del servicio impuesto por el regulador.

Tabla 1.4 Características de la problemática del yardstick competition

Fuente: Okumura, P. Mecanismos de regulación tarifaria [34].

1.4.3.1 Modelo de empresa eficiente

La aplicación del esquema Yardstick competition como esquema regulatorio se denomina Modelo de empresa eficiente. El regulador construye una empresa modelo inexistente que opera de manera eficiente, es decir que utiliza los recursos disponibles un servicio en condiciones óptimas, respetando los estándares de calidad respectivo.

La empresa modelo se determina para distintas zonas geográficas o áreas tarifarias. Se considera que, en el interior de estas áreas, las tarifas son equivalentes para todas las empresas, debido al supuesto de que los costes son similares. En consecuencia, es importante definir apropiadamente estas áreas tarifarias, ya que existe el riesgo de perjudicar a las empresas cuya realidad no esté necesariamente representada en las mismas.

Es necesario ajustar periódicamente las tarifas, porque se debe tener en cuenta que el mercado está cambiando continuamente, debido a diversos factores como inflación, el progreso tecnológico y, mejora en la gestión de recursos por parte de las empresas.

1.4.4 Estado del arte

Según un informe de Mercados Energéticos Consultores, el esquema regulatorio que se aplica en cada país depende en buena medida de la integración entre el sector distribución y el comercializador, lo cual se basa en las oportunidades que se producen cuando los consumidores de medio y bajo consumo tienen mayor libertad para analizar y elegir a qué empresa comprarán su energía [35].

En la presente sección, se recopiló una revisión de los modelos de remuneración de las actividades de distribución de energía eléctrica en diferentes países. Primero, en Chile, el esquema regulatorio general es de Yardstick competition por sectores típico, similar al del Perú, pero con algunas diferencias como el cálculo del VAD, que es obtenido como una media ponderada del cálculo de cada empresa y el cálculo del regulador, con pesos de 2/3 y 1/3 respectivamente [36]; mientras que en Perú el cálculo del VAD lo realiza solamente la empresa y el regulador se ocupa de revisarlo.

En Noruega, se aplica un esquema híbrido por Price Cap y Yardstick competition en el que los precios máximos son fijados cada año. Para la determinación de estos precios, el regulador se basa parcialmente en los costos reales de las empresas por 40% y en los costos que resultan de un análisis de eficiencia por benchmarking (o Yardstick competition) por 60%. El estudio de benchmarking es un análisis no paramétrico de fronteras eficientes (DEA) orientado a los insumos, que se consideran como los costos totales para prestar el servicio, incluyendo los costos de AOM¹⁴, costos de capital, costo de la energía no suministrada, y costo de las pérdidas de energía [35].

A continuación, en la **Tabla 1.5**, se detallan diversos estudios de los últimos 20 años en países con un modelo regulatorio similar al peruano, donde aplicaron la metodología DEA para la determinación de la eficiencia de sus respectivas muestras de estudio (DMU) en el sector de distribución eléctrica.

¹⁴ Administración, operación & mantenimiento

Autor	Título del Estudio	Inputs	Outputs	Número de DMU
Sanhueza (2003)	“Fronteras de eficiencia, metodología para la determinación del valor agregado de distribución”	Costos de operación y mantenimiento, costos de capital, número de trabajadores, remuneraciones, energía no vendida	Ventas de energía (kWh), Máxima demanda (kW), Número de clientes, longitud de red de distribución (km)	35
Mota (2004)	“Comparing Brazil and U.S.A. electricity distribution performance: What was the impact of privatisation?”	Costos operacionales, costos operacionales totales (incluidos costos de capital)	Ventas totales (MWh), número de clientes y longitud de la red de distribución (km)	86
Abbot (2006)	“The Productivity and Efficiency of the Australian Electricity Supply Industry”	Capital físico (líneas de distribución, capacidades de las líneas de transmisión, generación, de las subestaciones de transmisión, energía usada)	Consumo de energía (MWh)	7
Estache, et. al. (2008)	“Are African Electricity Distribution Companies Efficient? Evidence from the Southern African Countries”	Capacidad instalada (MW) y número de trabajadores	Generación (GWh), Número de clientes y Ventas (GWh)	12
Shu, Zhong and Zhang (2011)	“Electricity consumption efficiency and influencing factor analysis based on DEA method”	Consumo de energía, Número de empleados, Capital social	Producto bruto interno (PIB)	29
Yuzhi and Zhanga (2012)	“Study of the input-output overall performance evaluation of electricity distribution based on DEA method”	Longitud de líneas bajo 110kV (km), Capacidad de subestaciones bajo 110kV	Número de consumidores, Ventas de energía, Pérdidas	5
Pinheiro (2012)	“Regulação por incentivo à qualidade: comparação de eficiência entre distribuidoras de energia elétrica no Brasil”	Costos operacionales, costos totales, DEC ¹⁵ , FEC ¹⁶	Número de consumidores, energía total distribuída, longitud de red (km)	48
Tschaffon and Meza (2014)	“Assessing the Efficiency of the Electric Energy Distribution using Data Envelopment Analysis with undesirable Outputs”	Costos de operación, DEC, DEF	Consumo de energía, Número de consumidores, Índice de satisfacción de consumidor (Aneel ¹⁷)	20
Peña (2016)	“Comparación de la eficiencia de las empresas de	OPEX, Compensaciones por	Número de usuarios, ventas de energía, longitud de redes,	10

¹⁵ Duración equivalente de interrupción por unidad consumidora

¹⁶ Frecuencia equivalente de interrupción por unidad consumidora

¹⁷ Agência Nacional de Energia Elétrica. Traducida como: Agencia Nacional de Energía Eléctrica.

Autor	Título del Estudio	Inputs	Outputs	Número de DMU
	distribución de electricidad del estado peruano: considerando el parámetro calidad de suministro del servicio”	calidad de suministro, TOTEX, SAIFI, SAIDI		

Tabla 1.5 Estudios relacionados a la determinación de la eficiencia por DEA.

Fuente: Elaboración propia en base a [1], [8], [37]–[43].

De los estudios realizados se tiene que las variables input más evaluadas han sido las relacionadas con costos operacionales, número de trabajadores, capacidad eléctrica e indicadores de calidad de servicio eléctrico; mientras que las variables output han sido el número de clientes y la venta de energía eléctrica.

1.5 Marco legal peruano

En el Artículo 15 del Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas se dispone que, es función del Consejo Directivo de Osinergmin fijar, revisar y modificar las tarifas de ventas de energía eléctrica con estricta sujeción a los procedimientos establecidos en la referida Ley. En el Artículo 8 de la LCE, se dispone que la Ley establece un régimen de libertad de precios para los suministros que puedan efectuarse en condiciones de competencia y un sistema de precios regulados en aquellos suministros que por su naturaleza lo requieran.

Asimismo, la función reguladora de Osinergmin está reconocida en el Artículo 3 de la Ley N° 27332, Ley de los Organismos Reguladores de la Inversión Privada en los Servicios Públicos, concordado con los Artículos 26, 27 y 28 del Reglamento General de Osinergmin, aprobado mediante Decreto Supremo N° 054-2001-PCM.

De acuerdo, con el Artículo 64 de la LCE, el VAD se basa en una empresa modelo eficiente con un nivel de calidad preestablecido en las normas técnicas de calidad y considera como componentes: (i) Costos asociados al usuario, independientes de su demanda de potencia y energía; (ii) Pérdidas estándares de distribución en potencia y energía; y, (iii)

Costos estándares de inversión, mantenimiento y operación asociados a la distribución, por unidad de potencia suministrada.

El costo de inversión, conforme el Artículo 65 de la LCE, será la anualidad del Valor Nuevo de Reemplazo (VNR) del Sistema Económicamente Adaptado, considerando su vida útil y la Tasa de Actualización establecida en el artículo 79 de la LCE, 12% real anual.

Por otro lado, en el Artículo 66 de la LCE se establece que el VAD se calcula individualmente para cada empresa concesionaria de distribución eléctrica que preste servicio a más de 50,000 suministros, de acuerdo al procedimiento que fije el Decreto Supremo 009-93-EM (en adelante, RLCE) y que, para las demás empresas concesionarias, se calcula de forma agrupada, conforme a lo aprobado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) a propuesta de Osinergmin, de acuerdo al procedimiento que fije el referido reglamento.

Asimismo, según el Artículo 67 de la LCE, los componentes de VAD se calculan¹⁸ mediante estudios de costos presentados por los concesionarios de distribución, de acuerdo con los Términos de Referencia estandarizados elaborados por Osinergmin. La norma dispone que Osinergmin debe realizar la evaluación de los estudios de costos considerando criterios de eficiencia de las inversiones y de la gestión de un concesionario operando en el país, considerando el cumplimiento del ordenamiento jurídico general, especialmente las normas ambientales, de seguridad y salud en el trabajo, laborales, de transportes y municipales aplicables en su zona de concesión, entre otras. Asimismo, la citada norma señala que Osinergmin solo podrá modificar aquellos aspectos de los estudios de costos que, habiendo sido oportunamente observados, no hubiesen sido absueltos por los concesionarios de distribución, debiendo acompañarse el sustento de evaluación a cada observación realizada.

Respecto a la Tasa interna de Retorno (en adelante, TIR), el Artículo 70 de la LCE establece que para la fijación del VAD, Osinergmin calculará la TIR considerando un período de análisis de 25 años. Dicho cálculo se efectúa para cada concesionario que cuente con un

¹⁸ El cálculo es para cada empresa concesionaria de distribución con más de 50 000 usuarios, y para el resto de concesionarios conforme el artículo 66 de la LCE; es decir, para estos último en forma agrupada.

estudio individual del VAD y en los demás casos se realiza para el conjunto de concesionarios. La TIR se determina evaluando (i) los ingresos que habrían percibido si se hubiesen aplicado los Precios Básicos a la totalidad de los suministros en el ejercicio inmediato anterior; (ii) los costos de operación y mantenimiento exclusivamente del sistema de distribución, para el ejercicio inmediato anterior, incluyendo las pérdidas; y, (iii) el VNR de las instalaciones de cada empresa, con un valor residual igual a cero.

Por último, de acuerdo al artículo 71 de la LCE, los valores obtenidos se evalúan en las empresas distribuidoras, verificándose que la rentabilidad económica del conjunto se encuentre el 8% y 16%. Adicionalmente, el Artículo 73 de la LCE establece que las tarifas y sus fórmulas de reajuste tendrán una vigencia de cuatro años.

1.6 Cálculo del VAD en el Perú

Las bases de la metodología planteada por Osinergmin para determinar el VAD en el Perú son de acceso universal y está publicada en su página web. En la **Figura 1.6**, se muestra un mapa conceptual del procedimiento realizado.

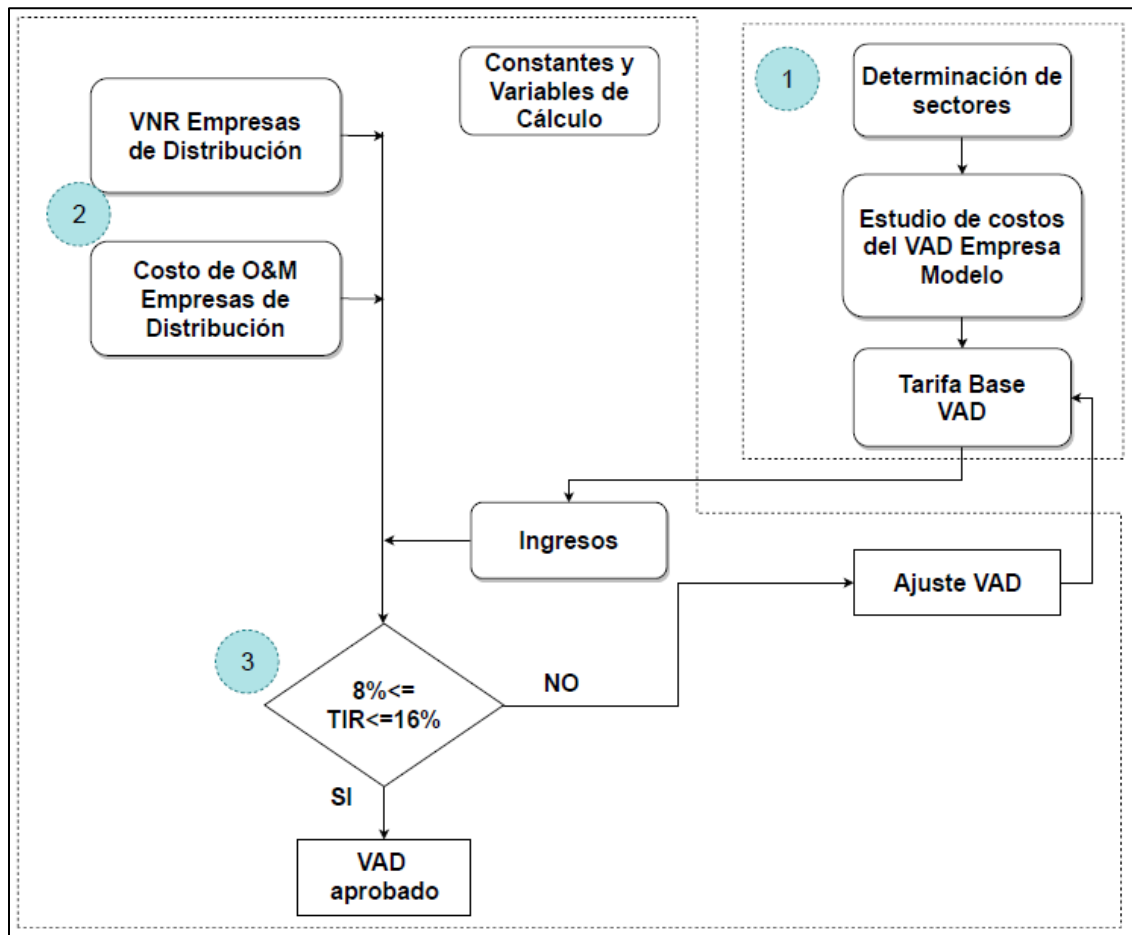


Figura 1.6 Metodología para el cálculo del VAD

Fuente: CEPA&NEGLI. Revisión del marco regulatorio del sector eléctrico peruano [14].

Como se observa, el primer paso es determinar los sectores de distribución típicos y realizar un estudio de costos de las concesionarias para la creación de la empresa modelo y determinar una tarifa base VAD.

Después, la empresa presenta su VNR¹⁹ que representa las inversiones eléctricas y no eléctricas de nuevas instalaciones y equipos para prestar el mismo servicio con las

¹⁹ Valor Nuevo de Reemplazo

condiciones de tecnología y precio vigentes, en el formato indicado en el **Anexo 1**. Por otro lado, las tarifas se establecen mediante el ajuste del VAD para cumplir una rentabilidad.

Según los Términos de Referencia de Osinergmin para la fijación del VAD 2018-2022 [3], para obtener el VAD mensual para baja tensión (BT), media tensión (MT) o para las subestaciones de distribución de MT/BT, se aplicó la siguiente fórmula:

$$VAD = \frac{aVNR + O\&M}{MW} \quad (1.9)$$

Donde:

$aVNR$ = Anualidad correspondiente a las inversiones

$O\&M$ = Costos de operación y mantenimiento de la red

MW = Potencia máxima demandada excluyendo las pérdidas de la red

Para ello, se sigue el siguiente procedimiento: primero, para la anualidad del Valor Nuevo de Reemplazo ($aVNR$), se considera los flujos mensuales a las inversiones para la red de BT, MT o las subestaciones de distribución MT/BT económicamente adaptadas a la empresa modelo, por ejemplo, para una tasa de actualización de 12% anual para una vida útil de 30 años. En segundo lugar, los costos de O&M mensual se obtiene dividiendo el O&M anual entre 12. En tercer lugar, se toma la potencia máxima demandada en el nivel correspondiente de BT o MT para las horas punta, excluyendo las pérdidas estándar (técnicas y comerciales).

En la **Figura 1.7**, se presentan las etapas del estudio de costos para la determinación VAD que realizan las empresas. Cabe resaltar que, en el caso de Perú, el estudio se realiza en conformidad con las disposiciones de la LCE, LGER y sus Reglamentos, así como las normas técnicas, calidad, regulación, supervisión, fiscalización y seguridad que correspondan, independientemente de que el acuerdo que se haya realizado con los usuarios libres. Finalmente, los ajustes y las evaluaciones de los cargos adicionales al VAD están especificados en los Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Costos del VAD para el periodo de fijación de tarifas 2018-2022 en la página web de Osinergmin [3].

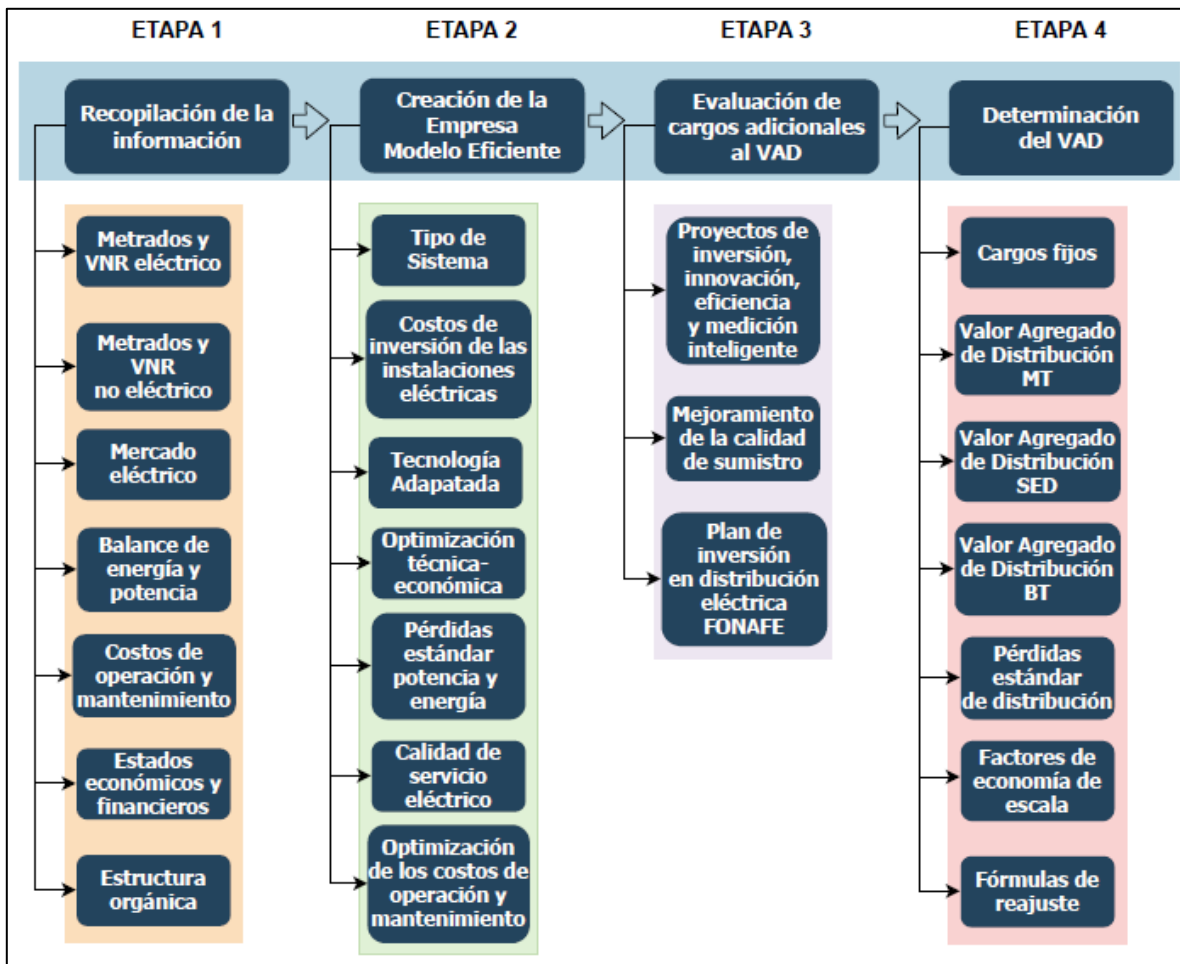


Figura 1.7 Etapas del estudio de costos del VAD

Fuente: Osinergmin. Términos de referencia para la Elaboración del Estudio de Costos del Valor Agregado de Distribución (VAD) [3].

2. CAPÍTULO II METODOLOGÍA

En el presente capítulo, se explicarán los pasos utilizados para la ejecución de la presente tesis, partiendo por la definición de las empresas concesionarias de distribución eléctrica evaluadas. Asimismo, se establecen las variables de entrada y salida de la ecuación de eficiencia técnica de las empresas de distribución en base al estado de arte y tomando en cuenta las restricciones de Pahwa [44]. Por último, se explica la aplicación del software DEAP, donde se ingresó la información de las variables seleccionadas para obtener los resultados a analizar. En la **Figura 2.1**, se muestra un flujograma de la metodología utilizada.

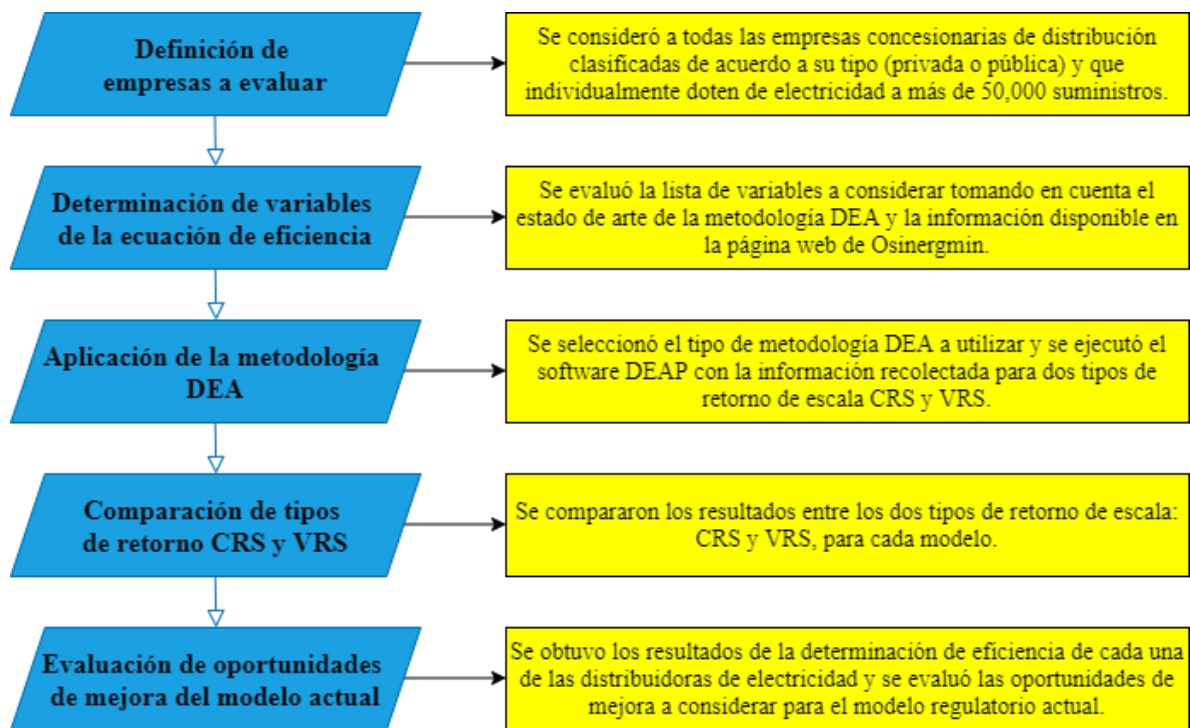


Figura 2.1 Diagrama de flujo de la metodología utilizada
Elaboración propia

A continuación, se detalla cada uno de los pasos mencionados.

2.1 Definición de empresas a evaluar

Del total de empresas concesionarias de distribución eléctrica, se tomaron aquellas que atienden a más de 50,000 suministros, las cuales les corresponde realizar un estudio individual de costos para determinar su respectiva tarifa VAD, de acuerdo con el Decreto legislativo 1221 (ver **Anexo 2**). Estas empresas están clasificadas como privadas o públicas y se listan en la **Tabla 2.1** a continuación.

#DMU	Empresa	Privada o pública	Fijación tarifaria
1	Luz del Sur	Privada	2018-2022
2	Enel Distribución	Privada	2018-2022
3	Electro Dunas	Privada	2018-2022
4	Electrocentro	Pública	2019-2023
5	Electronoroeste	Pública	2019-2023
6	Electronorte	Pública	2019-2023
7	Hidroandina	Pública	2019-2023
8	Electro Puno	Pública	2019-2023
9	Electrosureste	Pública	2019-2023
10	Electrosur	Pública	2019-2023
11	SEAL	Pública	2019-2023
12	Electro Oriente	Pública	2019-2023
13	Electro Ucayali	Pública	2019-2023

Tabla 2.1 Relación de empresas concesionarias de distribución a analizar
Fuente: Osinergmin. Fijación tarifaria [3].

El resto de empresas de distribución como Coelvisac, Electro Tocache, entre otras, utilizan el esquema antiguo (un estudio de costos y pérdidas estándar por cada sector de distribución típico para el conjunto de empresas); por lo que se les excluyó del análisis de la presente tesis.

La información de estas empresas se tomó de los informes de costos de las Fijaciones Tarifarias del VAD para los periodos 2018-2022 y del 2019-2023, los cuales se encuentran en publicados en Osinergmin [13]. A pesar de que estas fijaciones están desfasadas aproximadamente un año, la presente tesis asume que la variación no es tan considerable, así que se considera dentro del análisis.

Cabe destacar que los informes de costos publicados por las empresas de distribución pasan por revisiones y audiencias para ser reconocidas por el regulador. Por lo tanto, se consideró que la información recopilada de las variables técnicas y económicas presentadas en la **Tabla 2.2** representa la realidad de la empresa, y se tomó como referencia para evaluar oportunidades de mejora.

Variables	Descripción
Valor Nuevo de Reemplazo	Es el costo actual de adquisición de nuevas instalaciones y equipos que permitan ofrecer un servicio idéntico al proporcionado por las instalaciones existentes, pero utilizando la última tecnología y buscando el mínimo costo.
SAIFI y SAIDI	Indicadores que representan la duración y la frecuencia media de interrupción por usuario.
Longitud de red	Longitud de la red de distribución de las redes de baja tensión y de media tensión, es la parte principal de la infraestructura que emplea la empresa para atender su mercado.
Transformación	La potencia instalada de las subestaciones de transformación AT/MT a nivel de empresa.
Balance de energía y Potencia	Son los resultados del Estudio de Caracterización de la Carga. De este estudio se obtienen los factores de carga, factor de coincidencia, número de horas de uso de la tarifa BT5B.

Tabla 2.2 Descripción de variables técnicas y económicas de las empresas
Fuente: Osinergmin.

2.2 Determinación de variables de la ecuación de eficiencia

Como regla general del análisis DEA, es preferible no analizar demasiadas variables para un determinado número de empresas, ya que un excesivo número de variables podría resultar en que todas las empresas son eficientes, perdiendo el objetivo del análisis [44]. Por consiguiente, se tiene la siguiente ecuación para evitar este problema:

$$n \geq 3(m + s) \quad (2.1)$$

Donde:

n = Número de empresas (DMU).

m = Número de variables de entrada.

s = Número de variables de salida.

Es decir, para las 14 empresas de la **Tabla 2.1**, el número de variables de entrada y salida no puede ser mayor que 4, siendo estas las variables que mejor representen el manejo de recursos de la empresa (DMU). En el **Anexo 1**, se presentan todas las variables reconocidas por Osinergmin sobre la fijación tarifaria, para seleccionar los inputs (m) y los outputs (s) para un determinado número de empresas (n).

Para el caso de la presente tesis, se seleccionaron las variables de ingreso más importantes según el estado del arte como capital de trabajo (miles USD), número de trabajadores (cantidad) y potencia balance o demanda (MW). Por otro lado, las variables de salida seleccionadas fueron número de clientes (cantidad) y venta de energía (GW.h – año) [35].

Cabe resaltar, que no es recomendable ingresar variables que sean resultado de una operación, ya que pueden distorsionar los resultados de la metodología DEA aplicada [19].

Por esa razón, se evitó utilizar ratios o indicadores como Energía suministrada por el Número de clientes, Número de clientes por kilómetro de red, entre otros.

En este estudio, para abarcar mayor análisis, se combinó las variables de ingreso y salida a considerar para la determinación de las eficiencias relativas de cada una de las distribuidoras, como se muestra en la **Tabla 2.3**.

Item	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D	Modelo E	Modelo General
Número de trabajadores	-	Entrada	Entrada	Entrada	Entrada	Entrada
Potencia balance ²⁰ (MW)	Entrada	-	Entrada	Entrada	Entrada	Entrada
Capital de trabajo (M US\$)	Entrada	Entrada	-	Entrada	Entrada	Entrada
Número de clientes	Salida	Salida	Salida	-	Salida	Salida
Venta de energía en MT (MW.h-año)	Salida	Salida	Salida	Salida	-	Salida
Valor Nuevo de Reemplazo (M US\$)	-	-	-	-	-	Entrada
Longitud de red (km)	-	-	-	-	-	Entrada

Tabla 2.3 Combinación de variables a entrada y salida
Fuente: Elaboración propia

²⁰ Demanda eléctrica (MW)

El modelo A evalúa la eficiencia de acuerdo con la potencia balance y el capital de trabajo como entradas, y al número de clientes y la venta de energía como salidas. Se debe tener en cuenta que, por no incluir el número de trabajadores, no se estaría considerando en los resultados la efectividad de los trabajadores de la empresa para cumplir operaciones técnicas como inspecciones o instalaciones.

Por otro lado, el modelo B evalúa la eficiencia de acuerdo con el capital de trabajo y el número de trabajadores como entradas y el número de clientes y la venta de energía como salidas. Se debe tener en cuenta que, por no incluir la potencia balance de la empresa, no se estaría considerando en los resultados la capacidad para cubrir la demanda eléctrica que instala la empresa en su zona de concesión.

Por su parte, el modelo C evalúa la eficiencia de acuerdo con la potencia balance y el número de trabajadores como entradas, y el número de clientes y la venta de energía como salidas. Se debe tener en cuenta que, por no incluir el capital de trabajo de la empresa, no se estaría considerando en los resultados la gestión de recursos que incurre la empresa para poder brindar su servicio de electricidad a los usuarios.

De otro lado, el modelo D evalúa la eficiencia de acuerdo a la potencia balance, el capital de trabajo y el número de trabajadores como entradas y la venta de energía como salida. Se debe tener en cuenta que, por no incluir el número de clientes de la empresa, no se estaría considerando en los resultados la cantidad de clientes en Media y Baja Tensión a los que se atiende.

Por último, el modelo E evalúa la eficiencia de acuerdo con la potencia balance, el capital de trabajo y el número de trabajadores como entradas, y el número de clientes como salida. Se debe tener en cuenta que, por no incluir el número de clientes de la empresa, no se estaría considerando en los resultados la venta de energía eléctrica total que se brinda a los usuarios.

Con estas observaciones tomadas en cuenta, se puede afirmar que hay modelos más relevantes que otros; por ejemplo, el modelo E a diferencia del modelo D, toma en cuenta como variable de salida el número de clientes en vez de la venta de energía, cuando la venta

total de energía puede representar mejor el output de la empresa que el número de total de clientes. Sin embargo, estos 5 modelos comprenden diferentes perspectivas de eficiencia con su propia importancia, por esa razón, se tuvo en cuenta todos.

2.3 Aplicación de la metodología DEA

Para la aplicación de la metodología DEA, se emplearon características matemáticas como la orientación y la tipología de retorno de escala. En la orientación, se determinó si es input u output; mientras que en la tipología de retorno de escala se determinó si es Retorno Constante de Escala (CRS, por sus siglas en inglés) o Retorno Variable de Escala (VRS, por sus siglas en inglés).

2.3.1 Definición de la metodología DEA

Es importante recalcar que se utilizó una orientación input, porque como señaló Peña, esta orientación es la más utilizada en la literatura científica de la determinación de eficiencia [8], por ello, posee mejor referencia que la orientación output.

La orientación input significa que la metodología está orientada a un reducción de insumos [27], por lo tanto la empresa que utilice menos número de trabajadores y/o capital de trabajo para brindar el servicio eléctrico a su respectivo número de clientes, es considerada más eficiente.

Después de recopilar la información del grupo de empresas a evaluar, como se aprecia en el **Anexo 3**, este fue ingresada en el software DEAP para cada uno de los modelos definidos en la metodología. Las instrucciones en el software se establecieron bajo la estructura que se muestra en la **Tabla 2.4**.

eg1.dta	DATA FILE NAME
eg1.ins	OUTPUT FILE NAME
14	NUMBER OF FIRMS
1	NUMBER OF PERIODS
2	NUMBER OF OUTPUTS
2	NUMBER OF INPUTS
0	0= INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
1	0=CRS AND 1=VRS
0	0=DEA(MULTI STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA, 3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)

Tabla 2.4 Lista de instrucciones para la aplicación del software DEAP

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que, se utilizó la estructura mostrada para los tres primeros modelos; sin embargo, para los dos últimos, se modificó el número de outputs de 2 a 1, y el número de inputs de 2 a 3, ya que estos últimos modelos están definidos por 1 variable de salida y 3 variables de entrada, y para aplicar adecuadamente el software, las instrucciones deben ser coherentes con la definición del modelo.

Por otro lado, se configuró el software bajo un tipo de retorno VRS, ya que, de esa forma, el software brinda los resultados para los dos tipos: CRS y VRS.

A continuación, se mostrarán los resultados de la metodología DEA para analizar la eficiencia de cada una de las empresas desde la perspectiva de los cinco modelos.

En la presente tesis, a partir de las combinaciones de las variables de entrada de la **Tabla 2.3**, se obtuvieron los resultados para los dos diferentes tipos de retorno: CRS y VRS y para una misma orientación input de la metodología DEA.

2.3.2 Aplicación de software DEAP

El software DEAP es un programa desarrollado por Tim Coelli en 1998, el cual se utiliza para construir fronteras de Análisis Envolvente de Datos (DEA) para el cálculo de la eficiencia técnica y de costos y también para el cálculo de los índices de TFP de Malmquist [45]. En la presente tesis se utilizó este programa para evaluar a eficiencia técnica y de costos de las empresas definidas con respecto a las variables seleccionadas.

En la siguiente **Figura 2.2**, se muestran los pasos para la utilización del programa DEAP.

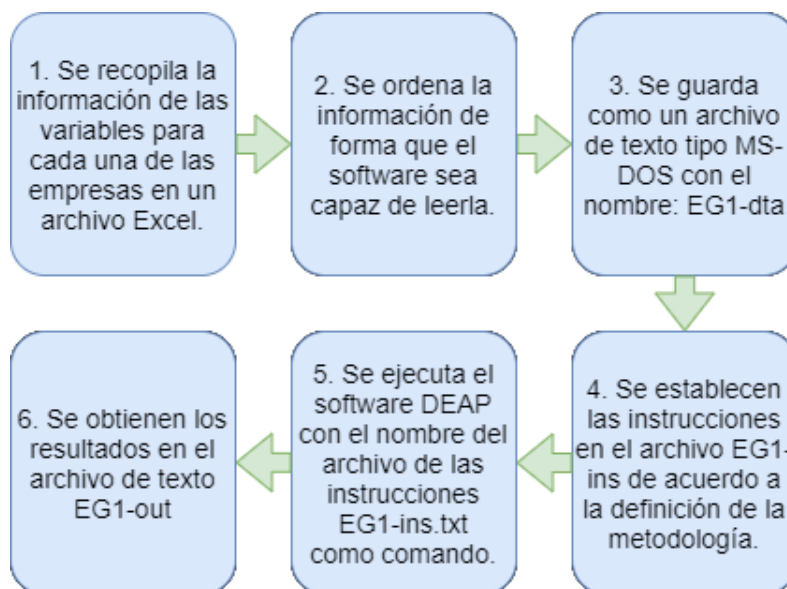


Figura 2.2 Pasos a seguir en el software DEAP
Fuente: Elaboración propia

Como primer paso, se recopiló la información de los estudios de costos del VAD de cada una de las empresas en el proceso de fijación tarifaria 2018-2022 y 2019-2023 publicados en Osinergmin, la misma que se presenta en el **Anexo 3** [46], [47]. En el presente trabajo se tomó información de estas fuentes para construir la base de datos a ingresar al software DEAP.

Como segundo paso, se ordenó toda la información recopilada del primer paso de forma que el software lo lea correctamente. Para el presente trabajo de investigación la configuración de la data se encuentra de forma que las primeras columnas son los datos de las variables de salida; y las últimas columnas, los datos de las variables de entrada. En la **Figura 2.3**, se muestra un ejemplo para 5 DMU con 2 variables de entrada y 1 variable de salida.

	A	B	C	D
1	DMU	output	input 1	input 2
2	A	1	2	5
3	B	2	2	4
4	C	3	6	6
5	D	1	3	2
6	E	2	6	2

Figura 2.3 Base de datos a ingresar al software con referencias
Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que la primera fila y la primera columna de rojo están para brindar mejor referencia de cómo organizar la información para que ingrese en el software.

Como tercer paso, las referencias del archivo Excel mostradas en la **Figura 2.3** se eliminaron, de manera que solamente quedó la data de las variables de salida y entrada. Después, se guardó como un bloc de texto MS-DOS con el nombre “EG1-dta” en la carpeta de ubicación del software DEAP, como se aprecia en la **Figura 2.4**.

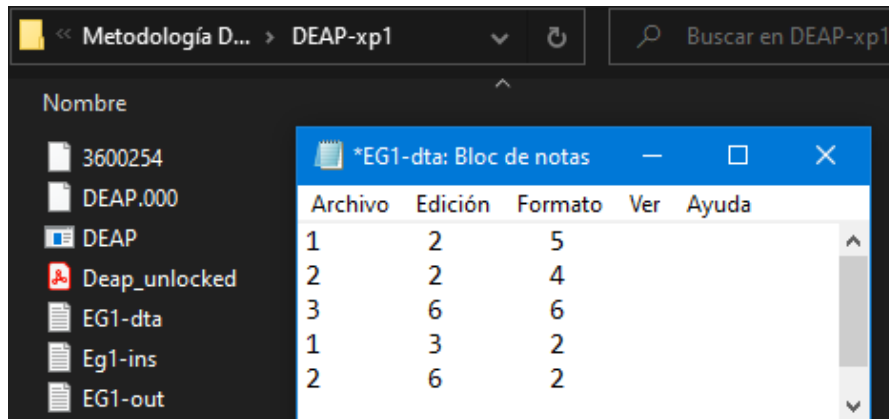


Figura 2.4 Formato de datos ingresados al software
Fuente: Elaboración propia

Como cuarto paso, se configuraron las instrucciones en el bloc de texto “EG1-ins” para que el software pueda reconocer apropiadamente el orden y el tipo de variable de los datos ingresados.

```
*Eg1-ins: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
eg1-dta.txt          DATA FILE NAME
eg1-out.txt         OUTPUT FILE NAME
5                   NUMBER OF FIRMS
1                   NUMBER OF TIME PERIODS
1                   NUMBER OF OUTPUTS
2                   NUMBER OF INPUTS
0                   0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
0                   0=CRS AND 1=VRS
0                   0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA,
2=MALMQUIST-DEA, 3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)|
Línea 9, columna 83 100% Windows (CRLF) UTF-8
```

Figura 2.5 Configuración de instrucciones del software
Fuente: Elaboración propia

Para el ejemplo de la presente sección, se establecieron las instrucciones, que muestran en la **Figura 2.5**. Primero, se colocaron los nombres de los archivos de donde se tomaron los datos y de donde se obtuvieron los resultados; luego, el número de firmas (DMU), 5; número de periodos, 1; número de variables de salida, 1; número de variables de entrada, 2; la orientación de la metodología DEA, input; la tipología del retorno de escala, CRS; y el tipo de metodología DEA, Multi-Stage.

Como quinto paso, con los datos ingresados y las instrucciones establecidas, se abrió el archivo “DEAP.exe” donde se ejecutó el software ingresando el título del bloc de texto de las instrucciones: Eg1-ins, como se muestra en la **Figura 2.6**.

```
DEAP Version 2.1
*****

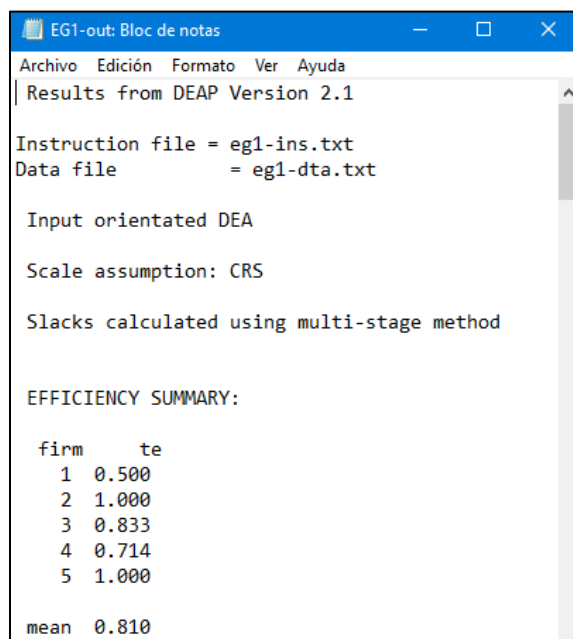
A Data Envelopment Analysis (DEA) Program

by Tim Coelli
  Centre for Efficiency and Productivity Analysis
University of Queensland
Brisbane, QLD 4072
Australia.
Email: t.coelli@economics.uq.edu.au
Web: http://www.uq.edu.au/economics/cepa

Enter instruction file name:eg1-ins
```

Figura 2.6 Ejecución de las instrucciones
Fuente: Elaboración propia

Como sexto paso, después de ejecutar el programa, se abrió el bloc de texto “Eg1-out” donde se observaron los resultados de acuerdo con las instrucciones establecidas en el cuarto paso. Los que más interesan para este trabajo de investigación son los de eficiencia relativa de los DMU, como se muestra en la **Figura 2.7**.



```
EG1-out: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
Results from DEAP Version 2.1

Instruction file = eg1-ins.txt
Data file       = eg1-dta.txt

Input orientated DEA

Scale assumption: CRS

Slacks calculated using multi-stage method

EFFICIENCY SUMMARY:

firm    te
  1  0.500
  2  1.000
  3  0.833
  4  0.714
  5  1.000

mean  0.810
```

Figura 2.7 Resultados del software DEAP
Fuente: Elaboración propia

Tal como se aprecia en el ejemplo de la **Figura 2.7**, se obtuvieron resultados para cierta combinación de variables de entrada y salida, se repitieron los mismos pasos para modelos diferentes con otras variables para el mismo grupo de DMU. En la siguiente sección se muestra el procedimiento para comparar los resultados obtenidos para un tipo de variable de retorno (CRS) con otro tipo de retorno variable de escala (VRS).

2.4 Comparación de tipología de retorno de escala

Para la comparación de tipología de retorno de escala se repitió la aplicación del software con las mismas variables y el mismo grupo de DMU, pero para un tipo de retorno VRS. Cabe mencionar que el software DEAP presenta ambas series de resultados de los tipos CRS y VRS, como se aprecia en la **Figura 2.8**.

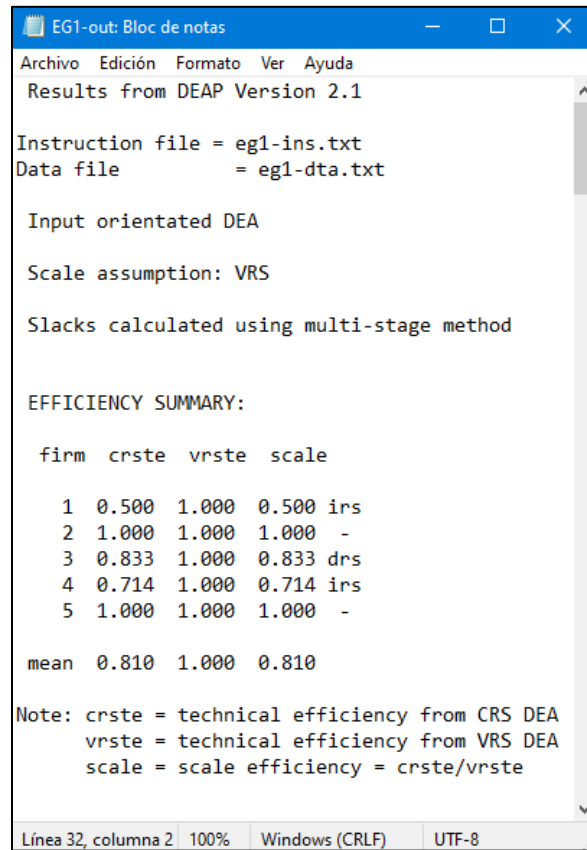


Figura 2.8 Resultados de tipo CRS y VRS
Fuente: Elaboración propia

Para una mejor interpretación de los resultados, se construyó la siguiente gráfica.

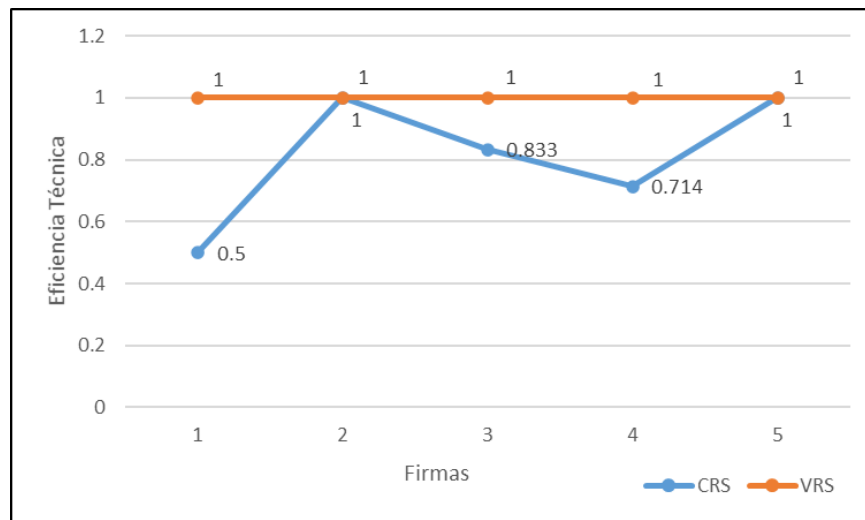


Figura 2.9 Eficiencias técnicas de tipos CRS y VRS
Fuente: Elaboración propia

Según los resultados mostrados, se tiene que las eficiencias técnicas del grupo de DMU para un tipo de retorno VRS son equivalentes a 1, por lo tanto, para este ejemplo con este tipo de retorno se tiene que sus unidades de decisión (DMU) son igual de eficientes; es decir, cada una en la respectiva escala en la que opera aprovecha de la mejor manera sus insumos (entradas) para obtener uno o varios productos (salidas).

En cambio, para el tipo de retorno CRS, solamente se verifica el desempeño de la DMU en relación a las demás firmas, independientemente de la escala. Debido a eso, si se supone que el grupo de unidades de decisión (o firmas) operan en condiciones similares, se obtuvieron eficiencias diferentes, siendo las firmas 2 y 5 las más eficientes, y la firma 1 la menos eficiente.

Por otro lado, el software también calcula la eficiencia de escala con la siguiente fórmula:

$$Eficiencia\ de\ escala = \frac{et_{CRS}}{et_{VRS}} \quad (2.2)$$

Donde:

et_{CRS} = Eficiencia técnica con tipo de retorno CRS.

et_{VRS} = Eficiencia técnica con tipo de retorno VRS.

Cuando el resultado de la (2.2) es menor a 1, esto supone una ineficiencia de escala en la operación de la unidad de decisión (DMU); en otras palabras, la capacidad de producción de la empresa debe ser muy grande o muy pequeña para la cantidad de productos que brinda al mercado, estas situaciones de trabajo de la empresa son clasificadas como rendimiento decreciente de escala (DRS) y rendimiento creciente de escala (IRS), respectivamente. Y los resultados del software brindan esta información, como muestra la **Figura 2.8**.

Cabe mencionar si el resultado es igual a 1, entonces solamente se puede precisar que la empresa está operando con rendimientos constantes a escala, en lugar de rendimientos crecientes o decrecientes a escala.

2.5 Evaluación de oportunidades de mejora del modelo actual

A partir de los resultados obtenidos por la metodología DEA y la comparación del tipo de retorno CRS y VRS para cada modelo del grupo de empresas a evaluar, se identificaron las empresas de distribución más eficientes e ineficientes.

Luego, se corroboró que los resultados de eficiencia para las empresas evaluadas en cada uno de los modelos planteados hayan guardado relación con los cálculos de las tarifas VAD para Media y Baja Tensión y para Subestaciones eléctricas de distribución fijados por Osinergmin; es decir, a las empresas más eficientes les debió corresponder una tarifa VAD que genere mayor excedente económico, en caso contrario, se colocó una observación a tomar en cuenta para el proceso de regulación.

Para la búsqueda de oportunidades de mejora, además de la información recopilada para la aplicación de la metodología DEA, se tomó información de variables sobre la red física de la concesionaria de distribución de las Fijaciones Tarifarias de VAD 2018-2022 y 2019-2023 (ver **Anexo 3**), tales como:

- Valorización de tecnología, VNR²¹.
- Longitud de red en media tensión (km).
- Longitud de red en baja tensión (km).
- Área de zona de concesión (km²).

En base a esta información, se calcularon los indicadores técnicos y comerciales como Densidad de carga (MW/km²) y el costo por longitud de red de Media y Baja Tensión (Miles USD / km).

Además, se tomó en cuenta la evolución de los parámetros de calidad de servicio SAIFI y SAIDI en el periodo 2012-2018, de la cual se infiere que el servicio eléctrico en Lima presenta menos interrupciones que en el resto del país. Este es un indicativo de que Enel distribución y Luz del Sur brindan un servicio de mejor calidad en Lima, que otra empresa cuya concesión se encuentra en provincia.

²¹ Valor Nuevo de Reemplazo

3. CAPÍTULO III

RESULTADOS

En el presente capítulo, se presentarán y discutirán los resultados obtenidos a través del software DEAP para cada uno de los modelos definidos con sus respectivas variables. Por último, se evaluaron las oportunidades de mejora para las empresas concesionarias de distribución, de acuerdo a su estado financiero y sus índices de calidad de servicio según el Osinergmin y FONAFE.

3.1 Tipologías de retorno de escala

Los resultados de eficiencia del grupo de empresas se muestran a continuación en una serie de figuras y tablas, las cuales fueron obtenidas para las dos diferentes tipologías de retorno de escala CRS y VRS, según la información recopilada para las fijaciones tarifarias 2018-2022 y 2019-2023.

Los resultados de eficiencia para el modelo A se muestran en la **Figura 3.1**. Donde las variables definidas para el modelo son las siguientes:

- Variables de salida: Número de clientes e ingreso de energía en Media Tensión.
- Variables de entrada: Potencia de balance y Capital de trabajo.

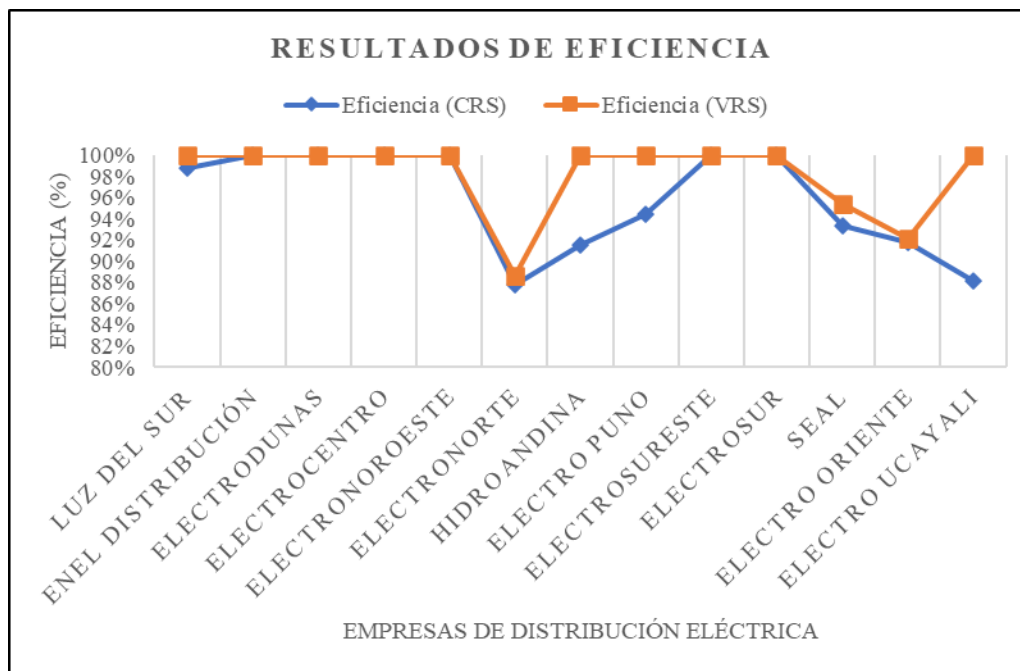


Figura 3.1 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo A
Fuente: Elaboración propia

Los valores de eficiencia y tipo de rendimiento de la empresa para el modelo A se detallan en la **Tabla 3.1** a continuación.

Empresa	Eficiencia (CRS)	Eficiencia (VRS)	Eficiencia de escala	Tipo de Rendimiento
Luz del Sur	99%	100%	99%	Decreciente
Enel Distribución	100%	100%	100%	-
Electrodunas	100%	100%	100%	-
Electrocentro	100%	100%	100%	-
Electronoroeste	100%	100%	100%	-
Electronorte	88%	89%	99%	Creciente
Hidroandina	92%	100%	92%	Decreciente
Electro Puno	94%	100%	94%	Creciente
Electrosureste	100%	100%	100%	-
Electrosur	100%	100%	100%	-
SEAL	93%	95%	98%	Decreciente
Electro Oriente	92%	92%	100%	Creciente
Electro Ucayali	88%	100%	88%	Creciente

Tabla 3.1 Resultados del software DEAP para el modelo A
Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos del modelo A indicaron que las empresas que operan en condiciones altamente eficientes son: Luz del Sur, Enel Distribución, Electrodonas, Electrocentro, Electronoroeste, Electrosureste y Electrosur.

Por otro lado, la más ineficiente del grupo fue Electronorte, de acuerdo a ambas tipologías CRS y VRS (88% y 89%, respectivamente). Del mismo modo, Electro Ucayali presentó la eficiencia de escala más baja (88%); por lo tanto, se puede asumir que esta empresa pudo requerir menos insumos, Capital de Trabajo y/o Potencia de balance, para brindar el mismo servicio de electricidad a sus clientes como el resto de empresas.

Los resultados de eficiencia para el modelo B se muestran en la **Figura 3.2**. Donde las variables definidas para el modelo son las siguientes:

- Variables de salida: Número de clientes e ingreso de energía en Media Tensión.
- Variables de entrada: Número de trabajadores y Capital de trabajo.

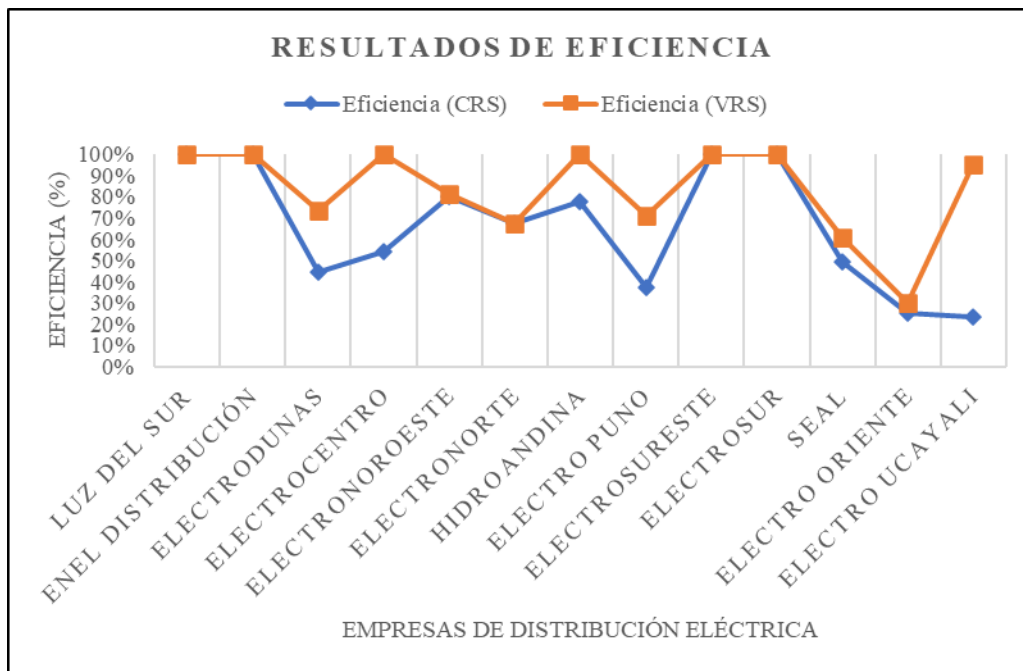


Figura 3.2 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo B
Fuente: Elaboración propia

Los valores de eficiencia y el tipo de rendimiento de la empresa para el modelo B se detallan en la **Tabla 3.2** a continuación.

Empresa	Eficiencia (CRS)	Eficiencia (VRS)	Eficiencia de escala	Tipo de Rendimiento
Luz del Sur	100%	100%	100%	-
Enel Distribución	100%	100%	100%	-
Electrodunas	45%	73%	61%	Creciente
Electrocentro	54%	100%	54%	Decreciente
Electronoroeste	80%	82%	98%	Decreciente
Electronorte	67%	68%	100%	Creciente
Hidroandina	78%	100%	78%	Decreciente
Electro Puno	37%	71%	53%	Creciente
Electrosureste	100%	100%	100%	-
Electrosur	100%	100%	100%	-
SEAL	50%	61%	82%	Creciente
Electro Oriente	25%	30%	86%	Creciente
Electro Ucayali	23%	95%	25%	Creciente

Tabla 3.2 Resultados del software DEAP para el modelo B
Fuente: Elaboración propia

En el modelo B, a diferencia del modelo A, se tomó como variable de entrada el Número de trabajadores por la Potencia de balance, por ello los resultados de eficiencia de las empresas Electrodunas, Electrocentro y Electronoroeste presentaron una reducción considerable. Esto indicó que las empresas mencionadas operan con una mayor cantidad de trabajadores que las empresas Luz del Sur, Enel Distribución, Electrosureste y Electrosur para suministrar electricidad a sus clientes.

Respecto a qué empresas fueron las menos eficientes, Electro Puno disminuyó notablemente su eficiencia respecto al modelo A, por lo tanto, como se observó anteriormente para Electro Ucayali, esta empresa requiere optimizar la cantidad de trabajadores para el servicio que brinda; sin embargo, se puede justificar por la calidad del servicio eléctrico y atención al usuario que brinda, lo cual se contrastará en la siguiente sección.

Por otro lado, los resultados de eficiencia para el modelo C se muestran en la **Figura 3.3**. Donde las variables definidas para el modelo son las siguientes:

- Variables de salida: Número de clientes e ingreso de energía en Media Tensión.
- Variables de entrada: Número de trabajadores y Potencia de balance.

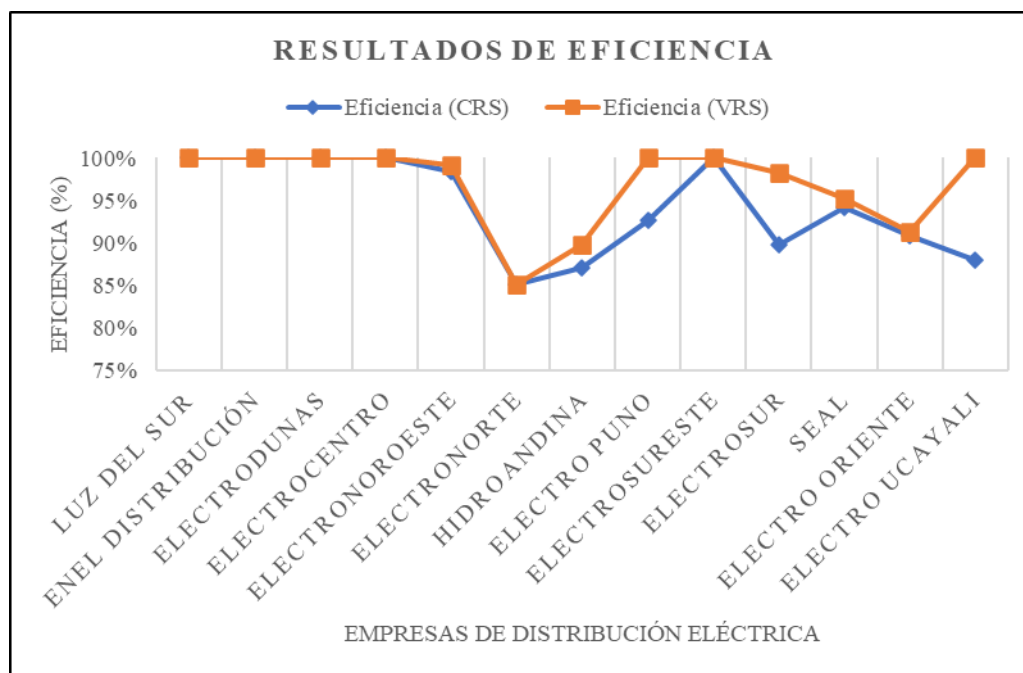


Figura 3.3 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo C
Fuente: Elaboración propia

Los valores de eficiencia y el tipo de rendimiento de la empresa para el modelo C se detallan en la **Tabla 3.3** a continuación.

Empresa	Eficiencia (CRS)	Eficiencia (VRS)	Eficiencia de escala	Tipo de Rendimiento
Luz del Sur	100%	100%	100%	-
Enel Distribución	100%	100%	100%	-
Electrodunas	100%	100%	100%	-
Electrocentro	100%	100%	100%	-
Electronoroeste	98%	99%	99%	Decreciente
Electronorte	85%	85%	100%	-
Hidroandina	87%	90%	97%	Decreciente
Electro Puno	93%	100%	93%	Creciente
Electrosureste	100%	100%	100%	-
Electrosur	90%	98%	91%	Creciente
SEAL	94%	95%	99%	Decreciente
Electro Oriente	91%	91%	99%	Creciente
Electro Ucayali	88%	100%	88%	Creciente

Tabla 3.3 Resultados del software DEAP para el modelo C
Fuente: Elaboración propia

Como se muestran en las **Figura 3.3** y **Figura 3.1**, los resultados del modelo C son similares a los del modelo A; por lo tanto, se puede asumir que el Número de trabajadores y el Capital de trabajo como variables de entrada tienen una relación directa.

Los resultados de eficiencia para el modelo D se muestran en la **Figura 3.4**. Donde las variables definidas para el modelo son las siguientes:

- Variable de salida: Ingreso de energía en Media Tensión.
- Variables de entrada: Número de trabajadores, Potencia de balance y Capital de trabajo.

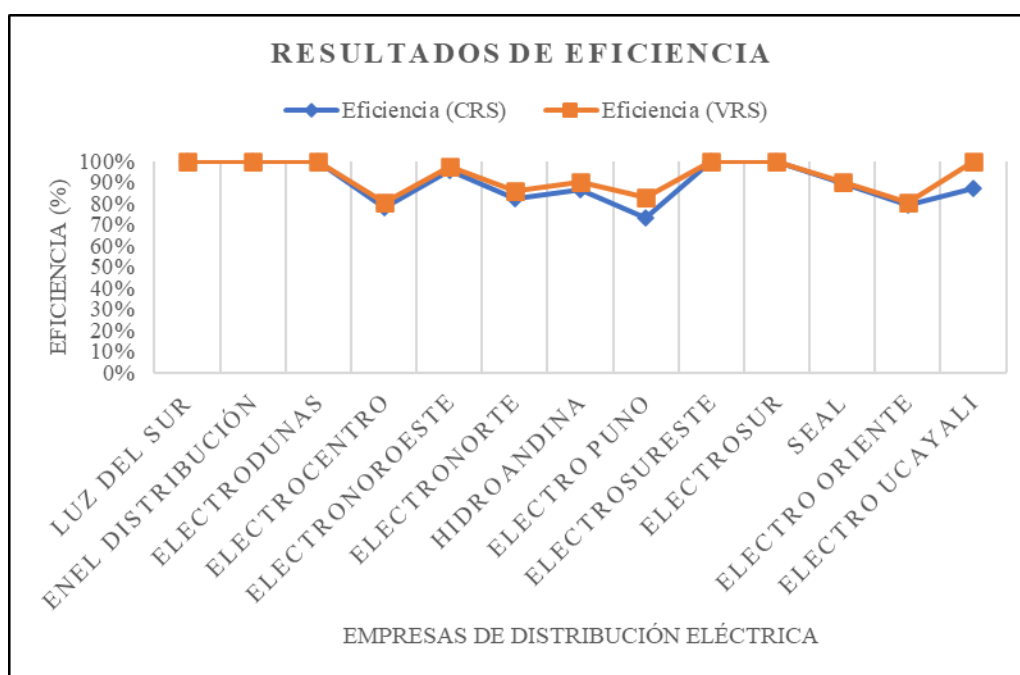


Figura 3.4 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo D
Fuente: Elaboración propia

Los valores de eficiencia y el tipo de rendimiento de la empresa para el modelo D se detallan en la **Tabla 3.4** a continuación.

Empresa	Eficiencia (CRS)	Eficiencia (VRS)	Eficiencia de escala	Tipo de Rendimiento
Luz del Sur	100%	100%	100%	-
Enel Distribución	100%	100%	100%	-
Electrodunas	100%	100%	100%	-
Electrocentro	78%	80%	97%	Creciente
Electronoroeste	95%	97%	98%	Creciente
Electronorte	82%	86%	96%	Creciente
Hidroandina	86%	90%	96%	Decreciente
Electro Puno	73%	83%	89%	Creciente
Electrosureste	100%	100%	100%	-
Electrosur	100%	100%	100%	-
SEAL	90%	90%	99%	Decreciente
Electro Oriente	79%	80%	99%	Creciente
Electro Ucayali	87%	100%	87%	Creciente

Tabla 3.4 Resultados del software DEAP para el modelo D
Fuente: Elaboración propia

Para el modelo D, donde solo se toma en consideración una variable de salida (el Ingreso de la energía en Media Tensión que brinda la empresa de distribución), y todas las variables de entrada evaluadas, se tiene que las tres empresas privadas: Luz del Sur, Enel Distribución y Electrodunas y las empresas públicas Electrosureste y Electrosur son las más eficientes (100%) del grupo de empresas evaluadas.

Por otra parte, los resultados de eficiencia para el modelo E se muestran en la **Figura 3.5**. Donde las variables definidas para el modelo son las siguientes:

- Variable de salida: Número de clientes.
- Variables de entrada: Número de trabajadores, Potencia de balance y Capital de Trabajo

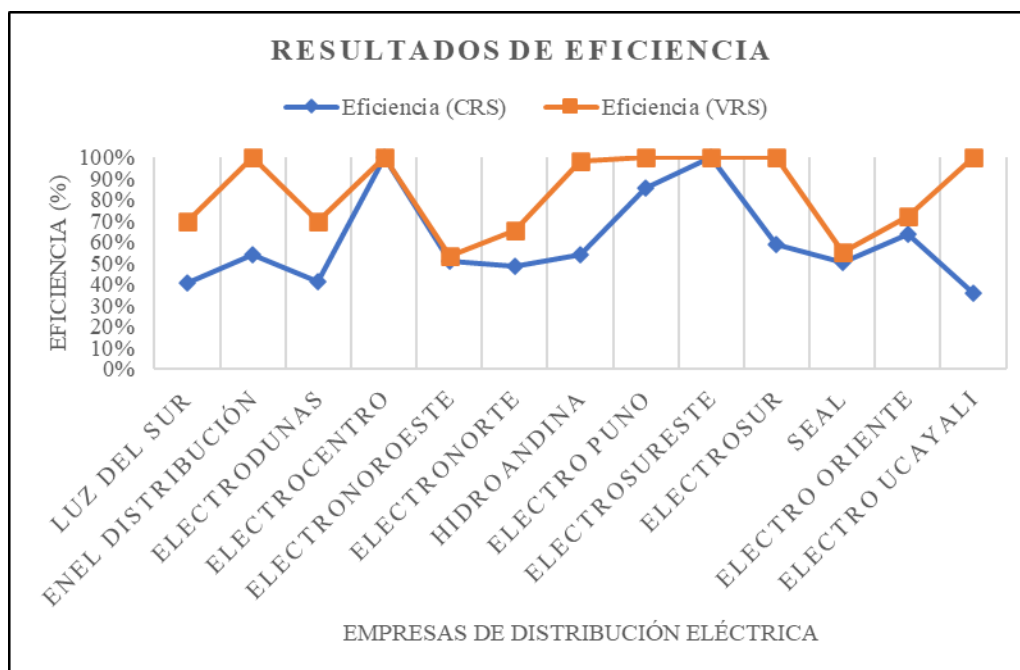


Figura 3.5 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo E
Fuente: Elaboración propia

Los valores de eficiencia y tipo de rendimiento de la empresa para el modelo E se detallan en la **Tabla 3.5** a continuación.

Empresa	Eficiencia (CRS)	Eficiencia (VRS)	Eficiencia de escala	Tipo de Rendimiento
Luz del Sur	41%	70%	59%	Decreciente
Enel Distribución	54%	100%	54%	Decreciente
Electrodunas	42%	70%	59%	Creciente
Electrocentro	100%	100%	100%	-
Electronoroeste	51%	54%	96%	Creciente
Electronorte	49%	65%	75%	Creciente
Hidroandina	54%	98%	55%	Decreciente
Electro Puno	85%	100%	85%	Creciente
Electrosureste	100%	100%	100%	-
Electrosur	59%	100%	59%	Creciente
SEAL	50%	55%	91%	Creciente
Electro Oriente	64%	72%	89%	Creciente
Electro Ucayali	36%	100%	36%	Creciente

Tabla 3.5 Resultados del software DEAP para el modelo E
Fuente: Elaboración propia

A diferencia de los otros modelos, el modelo E presentó un escenario diferente donde la empresa pública Electro Centro es la más eficiente, junto Electrosureste, además cabe destacar que los resultados de eficiencia de tipología CRS de Luz del Sur y Enel distribución disminuyeron a 41% y 54% respectivamente. Una de las razones de esto último debe ser porque Luz del Sur y Enel distribución presentaron un ratio muy elevado de Potencia de balance por cliente en Media Tensión respecto el resto de empresas, como se muestra en la **Figura 3.6**.

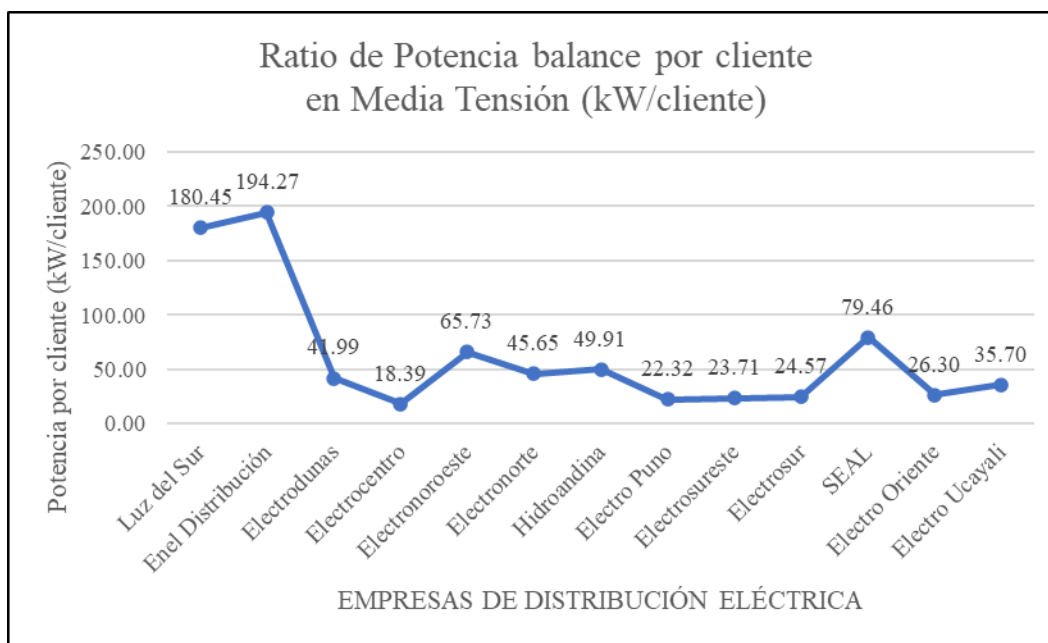


Figura 3.6 Ratios de potencia de balance por cliente en MT del grupo de empresas evaluadas
Fuente: Elaboración propia

Por ello, se infiere que no es recomendable considerar solamente el número de clientes como la única variable de salida en la metodología DEA, ya que por ser muy desproporcional el nivel de Potencia de balance por cliente de las dos empresas en cuestión respecto al resto del grupo, se puede inferir que esto influyó en distorsionar los resultados de eficiencia del modelo E.

Por último, los resultados de eficiencia para el modelo general se muestran en la **Figura 3.7**. Donde las variables definidas para el modelo son las siguientes:

- Variable de salida: Número de clientes e ingreso de energía en media tensión.

- Variables de entrada: Número de trabajadores, Potencia de balance, Capital de Trabajo, Inversión y Longitud total de red.

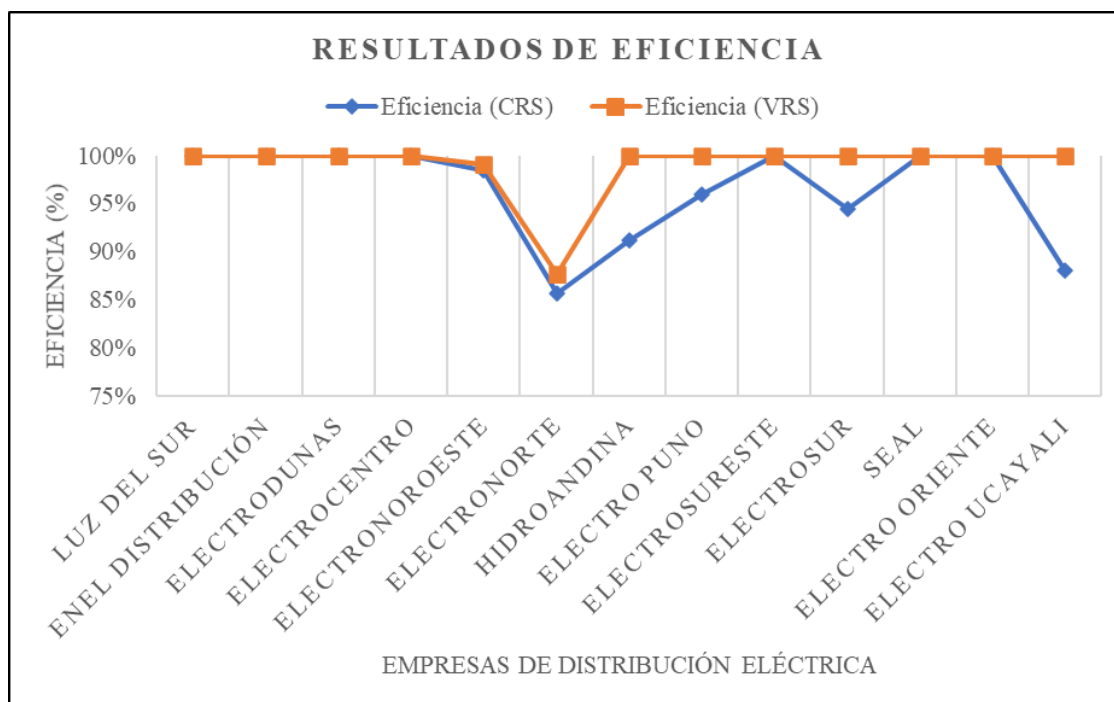


Figura 3.7 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo general
Fuente: Elaboración propia

Por último, los valores de eficiencia y tipo de rendimiento de la empresa para el modelo general se detallan en la **Tabla 3.6** a continuación.

Empresa	Eficiencia (CRS)	Eficiencia (VRS)	Eficiencia de escala	Tipo de Rendimiento
Luz del Sur	100%	100%	100%	-
Enel Distribución	100%	100%	100%	-
Electrodunas	100%	100%	100%	-
Electrocentro	100%	100%	100%	-
Electronoroeste	100%	100%	100%	-
Electronorte	88%	90%	98%	Creciente
Hidroandina	94%	100%	94%	Decreciente
Electro Puno	93%	100%	93%	Creciente
Electrosureste	100%	100%	100%	-
Electrosur	100%	100%	100%	-
SEAL	94%	95%	99%	Decreciente

Electro Oriente	94%	97%	97%	Creciente
Electro Ucayali	88%	100%	88%	Creciente

Tabla 3.6 Resultados del software DEAP para el modelo general
Fuente: Elaboración propia

Para contrastar cuáles de los 5 modelos presentan resultados de eficiencia similares, así como diferentes, a los resultados del modelo general cuya definición abarca más variables. Los modelos definidos con solo 4 variables que presentaron una buena correlación con el modelo general, demostraron que pese a utilizar menos variables, estas fueron las más representativas del grupo de empresas de distribución.

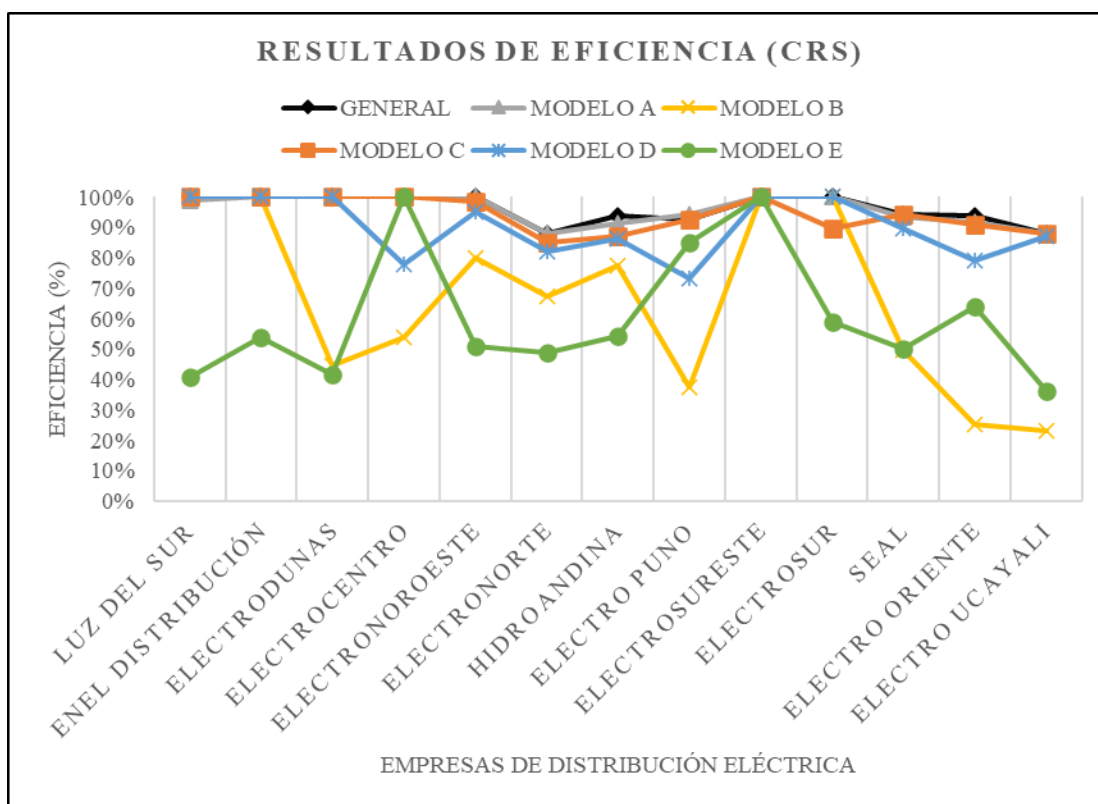


Figura 3.8 Resultados de eficiencia de tipo CRS de cada modelo
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la **Figura 3.8**, los modelos A y C presentaron una gran correlación con el modelo general, el modelo D una correlación intermedia, y los modelos con menor correlación son el B y E. La razón por la que los resultados de los modelos B y E son tan divergentes es porque no han considerado entre sus variables de entrada la Potencia Balance y el Ingreso de energía como insumos de la empresa; por lo tanto, se corrobora que

estas variables son las más representativas de la empresa y es un error no considerarlas en la definición de un modelo para la metodología DEA.

Finalmente, para corroborar qué tan representativo es el Capital de trabajo como variable de entrada en los modelos A y D, se lo reemplazó por el OPEX, variable que abarca los costos directos e indirectos de la operación y mantenimiento de las empresas de distribución.

Los resultados de eficiencia para el modelo A reemplazando el Capital de trabajo por el OPEX se muestran en la **Figura 3.9**.

- Variable de salida: Número de clientes e ingreso de energía en Media Tensión.
- Variables de entrada: Potencia de balance y Capital de Trabajo.

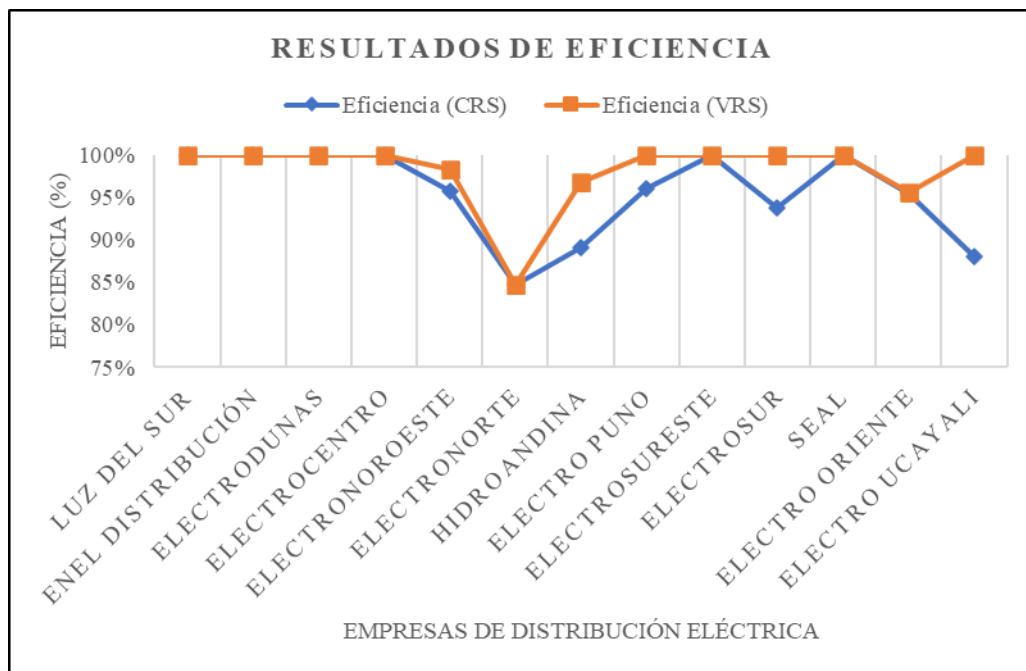


Figura 3.9 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo A*
Fuente: Elaboración propia

Los valores de eficiencia y tipo de rendimiento de la empresa para el modelo A* se detallan en la **Tabla 3.7** a continuación.

Empresa	Eficiencia (CRS)	Eficiencia (VRS)	Eficiencia de escala	Tipo de Rendimiento
Luz del Sur	100%	100%	100%	-
Enel Distribución	100%	100%	100%	-

Empresa	Eficiencia (CRS)	Eficiencia (VRS)	Eficiencia de escala	Tipo de Rendimiento
Electrodunas	100%	100%	100%	-
Electrocentro	100%	100%	100%	-
Electronoroeste	96%	98%	97%	Decreciente
Electronorte	85%	85%	100%	-
Hidroandina	89%	97%	92%	Decreciente
Electro Puno	96%	100%	96%	Creciente
Electrosureste	100%	100%	100%	-
Electrosur	94%	100%	94%	Creciente
SEAL	100%	100%	100%	-
Electro Oriente	95%	96%	100%	Creciente
Electro Ucayali	88%	100%	88%	Creciente

Tabla 3.7 Resultados del software DEAP para el modelo A*
Fuente: Elaboración propia

Los resultados de eficiencia para el modelo D reemplazando el Capital de trabajo por el OPEX se muestran en la **Figura 3.10**.

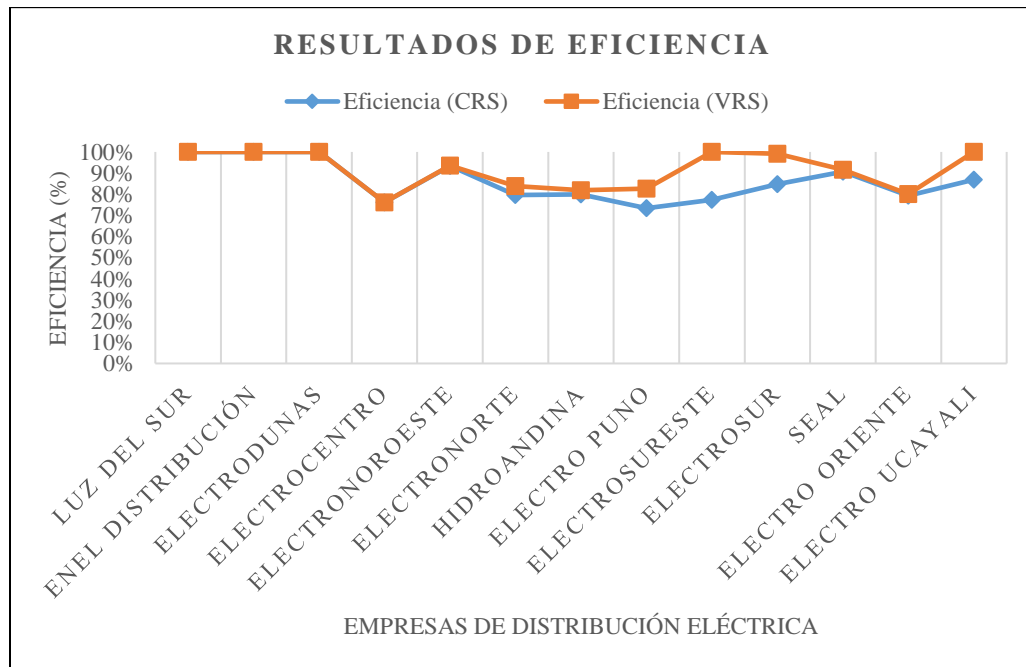


Figura 3.10 Resultados de eficiencia de tipo CRS y VRS para el modelo D*
Fuente: Elaboración propia

Los valores de eficiencia y tipo de rendimiento de la empresa para el modelo D* se detallan en la **Tabla 3.8** a continuación.

Empresa	Eficiencia (CRS)	Eficiencia (VRS)	Eficiencia de escala	Tipo de Rendimiento
Luz del Sur	100%	100%	100%	-
Enel Distribución	100%	100%	100%	-
Electrodunas	100%	100%	100%	-
Electrocentro	76%	76%	100%	Creciente
Electronoroeste	93%	94%	100%	Decreciente
Electronorte	80%	84%	95%	Creciente
Hidroandina	80%	82%	98%	Decreciente
Electro Puno	73%	83%	89%	Creciente
Electrosureste	77%	100%	77%	Creciente
Electrosur	85%	99%	86%	Creciente
SEAL	91%	92%	99%	Creciente
Electro Oriente	79%	80%	99%	Creciente
Electro Ucayali	87%	100%	87%	Creciente

Tabla 3.8 Resultados del software DEAP para el modelo D*

Fuente: Elaboración propia

Cabe resaltar que la empresa Electrosureste, que presentó una eficiencia de tipo CRS de 100% para cada modelo, para el modelo D* presentó una eficiencia de escala del 77%. Esto evidencia que, si bien la empresa es competente respecto a su gasto de capital de trabajo, aún presenta oportunidades de mejora en la minimización de sus costos operacionales y administrativos para el número de usuarios que atiende.

3.2 Oportunidades de mejora del modelo actual

Luego de obtenidos los resultados por el software DEAP, estos se ordenaron de mayor a menor eficiencia de acuerdo a su tipología de retorno CRS. Realizando un promedio de las eficiencias tipo CRS, VRS y de escala de los 5 modelos, y considerando el reemplazo de la variable de entrada OPEX por el Capital de Trabajo, se pudo obtener los resultados que se muestran en la **Tabla 3.9**.

Número	Empresa	Eficiencia CRS	Eficiencia VRS	Eficiencia de escala
1	Enel Distribución	99%	100%	99%
2	SEAL	97%	97%	100%
3	Electrosureste	95%	100%	95%
4	Luz del Sur	94%	95%	99%
5	Electro Oriente	89%	90%	99%
6	Electrocentro	89%	89%	99%
7	Electro Puno	87%	94%	93%
8	Electrodunas	87%	92%	92%
9	Electrosur	86%	99%	87%
10	Electronoroeste	85%	87%	98%
11	Hidroandina	82%	89%	92%
12	Electronorte	76%	80%	94%
13	Electro Ucayali	74%	100%	74%

Tabla 3.9 Eficiencia promedio de tipo CRS y VRS de los modelos evaluados
Fuente: Elaboración propia

De los resultados promedio de la tipología CRS, se evidencia que la empresa pública con la operación técnica más eficiente son las concesionarias públicas Electro Sureste, que opera en Cuzco, y SEAL, que opera en Arequipa. Además, se puede mencionar que estas empresas trabajan según un Sistema de Gestión de Calidad, implementando las exigencias de la Norma Internacional ISO 9001:2015 lo cual les permite consolidar el enfoque al cliente, enmarcado en la mejora continua [48] y [49].

Por otro lado, la empresa privada más eficiente resulta ser Enel Distribución. Entre las características que le dan una mejor posición sobre las demás empresas, se tiene que cuenta con un Sistema de Gestión Integrado que cumple con 5 certificados de normas: ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018, ISO 50001:2011 e UNE ISO 37001:2017 [50].

Finalmente, para complementar los resultados de eficiencia obtenidos, a continuación, se presentan la evolución de los indicadores SAIFI y SAIDI de las empresas de distribución para el periodo de 2010-2016. Estos indicadores representan la frecuencia y la duración promedio, respectivamente, de la interrupción del servicio por usuario. Por ello, si una distribuidora presenta un SAIFI o SAIDI bajos, entonces el servicio que brindan es continuo, y por ende de calidad.

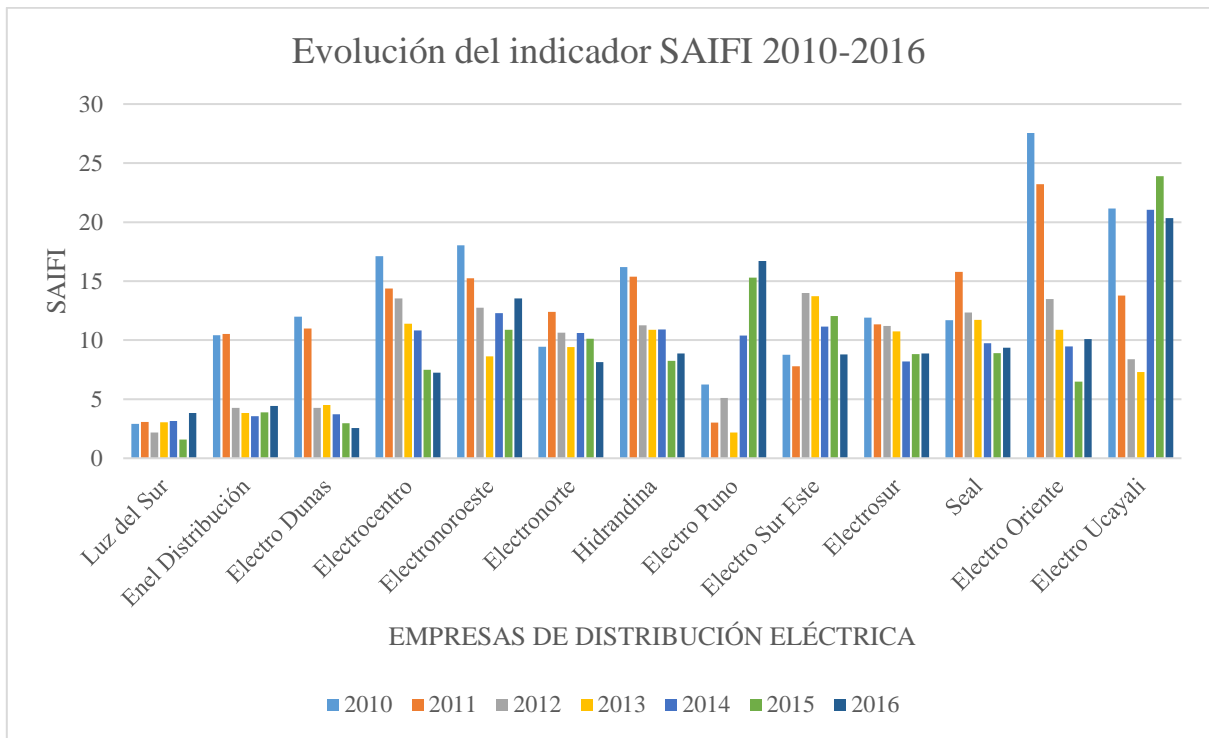


Figura 3.11 Evolución del indicador SAIFI del grupo de empresas entre el 2010 al 2016

Fuente: J. Acebedo. Influencia de la tarifa , el pago de compensaciones y el tipo de empresa sobre la calidad del suministro eléctrico por interrupciones en el sistema de distribución de media tensión urbano [51].

En la **Figura 3.11**, se observa que en general el indicador SAIFI, o número de veces que se ocasiona una interrupción por usuario al año, fue disminuyendo sostenidamente. Por lo tanto, a excepción de las empresas Electro Puno y Electro Ucayali, las empresas de distribución que atienden a más de 50,000 suministros fueron mejorando su servicio eléctrico para sus usuarios.

Por otro lado, se evidencia que en el 2016 las empresas públicas presentaron un SAIFI más alto que las empresas privadas en los años, por lo tanto, se evidencia que existe una correlación respecto el tipo de propiedad de la empresa concesionaria del servicio eléctrico, privada o pública, y la calidad del servicio prestado.

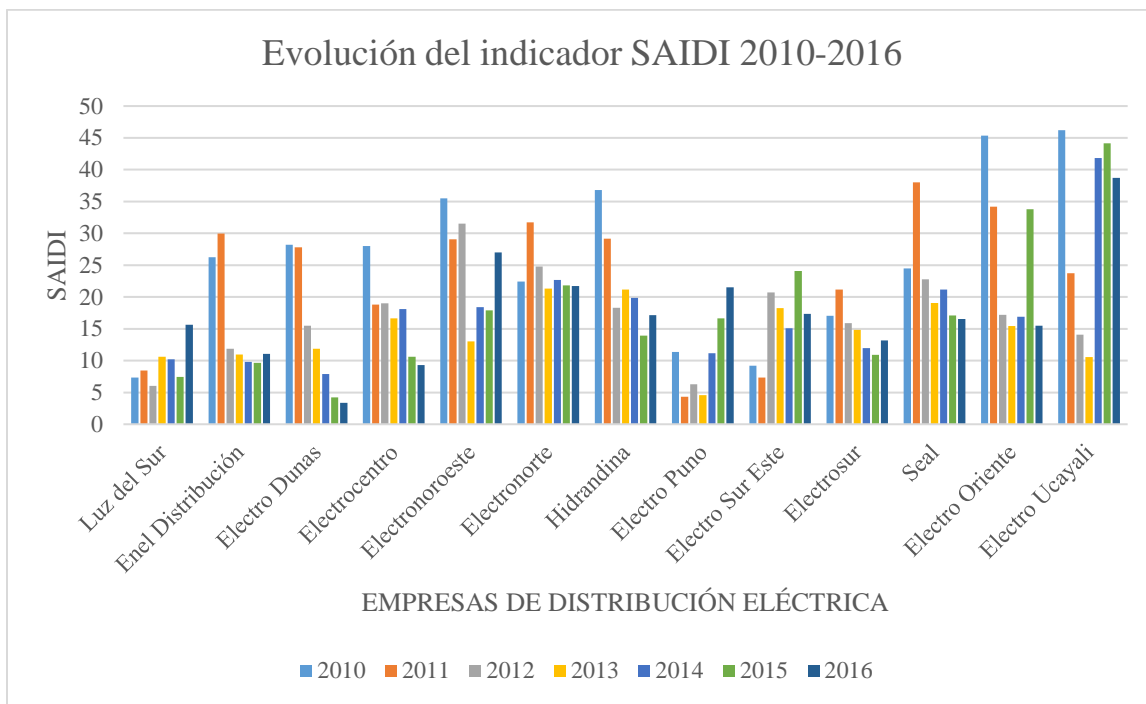


Figura 3.12 Evolución del indicador SAIDI del grupo de empresas entre el 2010 al 2016

Fuente: J. Acebedo. Influencia de la tarifa, el pago de compensaciones y el tipo de empresa sobre la calidad del suministro eléctrico por interrupciones en el sistema de distribución de media tensión urbano [50].

En la **Figura 3.12**, se observa que la tendencia para algunas empresas en cuanto al indicador SAIDI es distinta al gráfico de la **Figura 3.11**. Cabe precisar que el SAIDI mide la duración total en horas de la interrupción para cada usuario, mas no el número de veces. Por ello brinda un carácter más detallado que el SAIFI.

Se observa que Electro Ucayali y Electro Puno presentaron nuevamente los indicadores SAIDI más elevados del grupo, como también Electronoroeste y Electronorte, si bien estas no frecuentan muchas interrupciones, ya que su SAIFI es más bajo que Electro Puno, la duración de estas interrupciones es similar o un poco mayor a las de Electro Puno.

CONCLUSIONES

La presente tesis ha explicado la teoría existente detrás del modelo de empresa eficiente para la regulación de la distribución eléctrica, así como los conceptos necesarios para comprender qué es la eficiencia y cómo es determinada por la metodología DEA. En base a ello, se realizó lo siguiente:

1. Se comprobó la utilidad de la metodología DEA para evaluar el ranking de las eficiencias del grupo de empresas estudiadas para cada modelo definido; sin embargo, es necesario complementar estos resultados con indicadores o ratios técnicos y económicos, como la Potencia de balance que brinda la empresa por cliente, y con indicadores de calidad, como SAIDI y SAIFI, por empresa para presentar un análisis más completo.
2. Se realizaron 06 modelos técnicos comerciales, en los cuales se variaron las variables de entrada y salida para la determinación de eficiencia de cada empresa. De estos modelos, se pudo comprobar que las variables Número de clientes, Venta de energía, Potencia de Balance, Número de trabajadores y OPEX de los modelos A* y C son las más representativas, debido a que sus resultados presentaron una buena correlación con el Modelo General que incluye más variables de entrada: VNR y longitud de red en MT. Por otro lado, se infirió que el modelo E es el menos representativo, debido a que considera como única variable de salida el número de clientes, cuando cada cliente tiene un consumo de energía que puede diferir bastante con el de otros, por lo que no tomar en cuenta esta variable pudo hacer los resultados menos realistas.
3. De acuerdo al análisis de los modelos, se encontró que la empresa Enel Distribución es la más eficiente, ya que presentó una eficiencia global promedio más alto que las demás empresas, lo que se justifica por ser de propiedad privada y cumplir con certificaciones de gestión y calidad, mientras que la empresa Electro Ucayali es la menos eficiente, lo cual explica sus altos indicadores de SAIDI y SAIFI a comparación de las demás empresas.

4. Las oportunidades de mejora encontradas son que las empresas de distribución deberían optimizar el número de trabajadores que requieren, ya que los resultados de eficiencia técnica de tipo VRS disminuyeron cuando se consideró como variable de entrada en los modelos B y C. U otra alternativa es que cada una justifique con el regulador Osinergmin la cantidad de trabajadores requeridos, de manera que se le reconozca adecuadamente los costos directos e indirectos que incurre la empresa para sus trabajadores, como sueldos y viáticos, y le sea posible recuperar estos gastos en la tarifa VAD.
5. Las empresas que pertenecen al grupo Distriluz; es decir, Electrocentro, Electronorte, Electronoroeste e Hidrandina, presentaron bajos resultados en el modelo A*, en ese sentido, se recomienda al grupo una auditoría interna de calidad orientadas a sus gastos en directa relación con el OPEX y la Potencia de balance de su servicio eléctrico en el centro-norte de Perú.
6. En general, aquellas empresas que presentaron bajos resultados deberían implementar un Sistema de Gestión de Calidad, ya que empresas públicas como SEAL y Electro Sureste las cuales han implementado un sistema basado en la norma ISO 9001:2015 se encontraron con mejores resultados de eficiencia promedio en los modelos evaluados en comparación al resto de empresas de propiedad pública.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Sanhueza, “Fronteras de eficiencia, metodología para la determinación del Valor Agregado De Distribución,” Tesis de Ph.D. Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, 2003.
- [2] Osinergmin, “Evolución del coeficiente de electrificación rural y nacional.” Disponible: <http://observatorio.osinergmin.gob.pe/evolucion-coeficiente-electrificacion> (accedido Sep. 16, 2019).
- [3] Gerencia de Regulación de Tarifas and Eléctrica División de Distribución, “Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Costos del Valor Agregado de Distribución (VAD),” 2017. Disponible: <http://www2.osinergmin.gob.pe/GRT/Procesos-Regulatorios/VAD-2019-2023/VAD-2019-2023-Terminos-Referencia.pdf> (accedido Sep. 18, 2019).
- [4] Sesión de Directorio N° 210, “ADINELSA Plan Estratégico Periodo 2007-2012,” 2007. Disponible: https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/13026/PLAN_13026_Plan%20Estrategico%20Institucional_2009.pdf (accedido Nov. 22, 2020).
- [5] R. Núñez, “Evaluación de la actividad de distribución eléctrica en España mediante fronteras de eficiencia,” Tesis de Máster. Máster en Gestión Técnica y Económica en el Sector Eléctrico, Universidad Pontificia Comillas. Madrid, 2004.
- [6] H. Rudnick and J. A. Donoso, “Discussion of ‘integration of price cap and yardstick competition schemes in electrical distribution regulation,’” *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 16, no. 4, pp. 1428–1433, 2001, doi: 10.1109/TPWRS.2001.962466.
- [7] G. Castro, “Determinación del VAD para una empresa eficiente. Paso de una red real a una red eficiente,” Tesis de Máster. Máster en Gestión Técnico Económica en el Sector Eléctrico. Universidad Pontificia Comillas. Madrid, 2003.
- [8] E. S. Peña García, “Comparación de la eficiencia de las empresas de distribución de electricidad del Estado peruano: considerando el parámetro calidad de suministro del servicio,” Tesis de Máster. Máster en Regulación de los Servicios

- Públicos. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 2017.
- [9] Osinergmin, “Memoria Anual,” 2018. Disponible: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Institucional/Memoria-Institucional-Osinergmin-2018.pdf (accedido Nov. 22, 2019).
- [10] Comisión de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, “Informe de Diagnóstico de las Condiciones Operativas del SEIN, "2019. [Online]. Disponible: <https://www.coes.org.pe/Portal/Planificacion/PlanTransmision/ActualizacionPTG> (accedido Oct. 19, 2020).
- [11] Banco Mundial, “Acceso a la electricidad (% de población).” Disponible: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS> (accedido Sep. 20, 2019).
- [12] Osinergmin, “Informe técnico N° DSE - STE - 31 - 2018: Monitoreo de sistemas eléctricos de Transmisión en alerta (SETA),” Lima, 2018. [Online]. Disponible: <https://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/Publico/MapaSEIN/informes/criticos/sistemas/2018.pdf> (accedido Oct. 4, 2020).
- [13] Osinergmin, “Fijación tarifaria del Valor Agregado de Distribución y cargos fijos.” <http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/procesos-regulatorios/electricidad/vad> (accessed Oct. 28, 2019).
- [14] CEPA & NELGI, “Revisión del marco regulatorio del sector eléctrico peruano,” 2016. Disponible: <https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/publicaciones/revision-marco-regulatorio-sector-electrico-peruano> (accedido Sep 24, 2019).
- [15] M. Farrell, “The measurement of productive efficiency,” *J. R. Stat. Soc. A*, vol. 120, pp. 253–290, 1957.
- [16] V. Coll and O. Blasco, *Evaluación de la eficiencia mediante el Análisis Envolvente de Datos*. Universidad de Valencia, 2006.
- [17] B. Guzman and A. Muñoz, “Análisis de la eficiencia relativa del sistema bancario en Colombia en el periodo 1993-2003 y propuesta estratégica de fortalecimiento,” *Pensam. Gestión*, vol. 18, pp. 1–36, 2005.

- [18] J. K. Sengupta, "Quality and efficiency.," *Econ. Model.*, vol. 17, pp. 195–207, 2000.
- [19] W. W. Cooper, L. M. Seiford, and K. Tone, *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software: Second edition*. 2007.
- [20] S. J. Rey, *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 2nd ed. Orlando: University of Central Florida, 2015.
- [21] D. Aigner and S. F. Chu, "On estimating the industry production function," *American Economic Review*, vol. 58, pp. 826–839, 1968.
- [22] W. Meeusen and J. Van den Broeck, "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error," *Int. Econ. Rev. (Philadelphia)*, vol. 18, no. 2, pp. 435–444, 1977.
- [23] A. Mardani, E. K. Zavadskas, D. Streimikiene, A. Jusoh, and M. Khoshnoudi, "A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 70, no. December, pp. 1298–1322, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2016.12.030.
- [24] B. Efron and R. Tibshirani, *An Introduction to the Bootstrap*. Boca Raton, 1993.
- [25] J. L. Bonifaz F. and D. Santin, "Eficiencia relativa de las empresas distribuidoras de energía eléctrica en el Perú: una aplicación del análisis envolvente de datos (DEA)," *Apunt. Rev. Ciencias Soc.*, no. 47, pp. 111–138, 2000, doi: 10.21678/apuntes.47.499.
- [26] P. J. Robinson, C. W. Faris, and Y. Wind, *Industrial Buying and Creative Marketing*. Allyn and Bacon, 1967.
- [27] G. Debreau, "The coefficient of resource utilization," *Econometría*, vol. 19, pp. 273–292, 1951.
- [28] R. Shepard, *Cost and production functions*. New Jersey: Princeton University Press, 1953.
- [29] T. Joro and P. J. Korhonen, *Extension of Data Envelopment Analysis with Preference Information: Value Efficiency*, Internatio., vol. 218. 2015.
- [30] A. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the efficiency of decision

- making units,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 2, no. 6, pp. 429–444, 1978.
- [31] R. D. Banker, A. Charnes, and W. W. Cooper, “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis,” *Managment Science*, no. 30, 1984.
- [32] A. Schuschny, *El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe*. Chile, 2007.
- [33] G. Soto, “Regulación por precios tope,” *Economía*, vol. 32, no. 63, pp. 79–102, 2009.
- [34] R. Abanto, O. Gutiérrez, and A. Okumura, “Regulación tarifaria en la Bolsa de Valores de Lima,” *Ser. Publicaciones en Finanzas y Derecho Corporativo*, vol. 1, p. 104, 2008.
- [35] Mercados Energéticos Consultores, “Revision de las Metodologías de Remuneracion de las Actividades de Distribucion y Transmision de Energía Electrica,” 2014. Disponible: [http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/52188526a7290f8505256eee0072eba7/57f23dde3a9f52a705257cf900799780/\\$FILE/Circular034-2014%20Anexo.pdf](http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/52188526a7290f8505256eee0072eba7/57f23dde3a9f52a705257cf900799780/$FILE/Circular034-2014%20Anexo.pdf) (accedido 28 de Oct. 2019).
- [36] “Estudio para la Elaboración de una Propuesta de Modificación Regulatoria de la Distribución de Energía Eléctrica Informe Final Definitivo,” 2020. Disponible: https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_definitivo.pdf (accedido 11 Nov. 2020).
- [37] R. Mota, “Comparing Brazil and U.S.A. electricity distribution performance: What was the impact of privatisation?,” *Cambridge Working Papers in Economics*, 2004.
- [38] M. Abbott, “The Productivity and Efficiency of the Australian Electricity Supply Industry,” *Energy Econ.*, vol. 28, no. 4, pp. 444–454, 2006.
- [39] A. Estache, B. Tovar, and L. Trujillo, “Are African electricity distribution companies efficient? Evidence from the Southern African Countries,” *Energy Policy*, vol. 36, no. 6, pp. 1969–1979, 2008.
- [40] T. Shu, X. Zhong, and S. Zhang, “TFP Electricity Consumption Efficiency and Influencing Factor Analysis Based on DEA Method,” *Energy Procedia*, vol. 12, pp. 91–97, 2011.

- [41] S. Yuzhi and Zhangna, “Study of the input-output overall performance evaluation of electricity distribution based on DEA method,” *Energy Procedia*, vol. 16, pp. 1517–1525, 2012.
- [42] T. Pinheiro, “Regulação por incentivo à qualidade: comparação de eficiência entre distribuidoras de energia elétrica no Brasil,” Tesis de Máster. Máster en Ingeniería Eléctrica, Universidade de Brasília. Brasília, 2012.
- [43] P. Tschaffon and L. Angulo-Meza, “Assessing the Efficiency of the Electric Energy Distribution using Data Envelopment Analysis with undesirable Outputs,” *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 12, no. 6, pp. 1027–1035, 2014.
- [44] D. Pahwa, X. Feng, and D. Lubkeman, “Performance evaluation of electric distribution utilities based on Data Envelopment Analysis,” *IEEE PES Trans. Power Syst.*, vol. 18, pp. 400–405, 2003.
- [45] “Software DEAP.” Disponible: <https://economics.uq.edu.au/cepa/software> (accedido Jun. 08, 2020).
- [46] “Fijación VAD 2018-2022.” Disponible: <https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/procesos-regulatorios/electricidad/vad/fijacion-vad-2018-2022> (accedido Oct. 10, 2020).
- [47] “Fijación VAD 2019-2023.” Disponible: <https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/regulacion-tarifaria/procesos-regulatorios/electricidad/vad/fijacion-vad-2019-2023> (accedido Oct. 10, 2020).
- [48] “Electro Sureste. Sistema de Gestión de la Calidad.” Disponible: <https://www.else.com.pe/else/nosotros/información-corporativa/sistema-de-gestión-de-la-calidad/> (accessed Oct. 30, 2020).
- [49] Enel, “Memoria 2019 Enel Distribución Perú.” Disponible: <https://www.enel.pe/es/inversionistas/enel-distribucion-peru/memorias-anuales.html> (accedido Nov. 28, 2020).
- [50] SEAL, “Manual del Sistema de Gestión de la Calidad ISO9001:2015.” Disponible: <http://www.seal.com.pe/Documentos/PLANEAMIENTO/A%20C3%B1o%202019/mn-04-01.pdf> (accedido Dic. 4, 2020).

- [51] J. Acevedo, “Influencia de la tarifa, el pago de compensaciones y el tipo de empresa sobre la calidad del suministro eléctrico por interrupciones en el Sistema de Distribución de Media Tensión Urbano,” Tesis de Máster. Máster en Regulación de los Servicios Públicos, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, 2018.

ANEXOS

ANEXO 1: Formatos de la Información Técnica, Comercial y Económica de la Empresa de Distribución Eléctrica

Componente	Metrados			VNR (Miles US\$)	
	Unidad	Total Empresa	Sistema Eléctrico Modelo	Total Empresa	Sistema Eléctrico Modelo
Media Tensión					
Red Aérea	km				
Red Subterránea	km				
Equipos de Protección y Seccionamiento	unidad				
Sub Total Red Media Tensión					
Subestaciones					
Subestaciones de Distribución MT/BT	unidad				
Monoposte	unidad				
Biposte	unidad				
Convencional	unidad				
Compacta Pedestal	unidad				
Compacta Bóveda	unidad				
Otras Subestaciones					
Elevadora/Reductora	unidad				
De Seccionamiento	unidad				
Baja Tensión					
Red Aérea					
Servicio Particular	km				
Números estructuras compartidas BT y MT	unidad				
Alumbrado Público	km				
Luminarias	unidad				
Equipos de Control	unidad				
Red Subterránea					
Servicio Particular	km				
Alumbrado Público	km				
Luminarias	unidad				
Equipos de Control	unidad				
Sub Total Red Baja Tensión					
Servicio Particular	km				
Alumbrado Público	km				
Luminarias	unidad				
Equipos de Control	unidad				
Instalaciones No Eléctricas					
TOTAL					

Tabla A.1 Resumen del Valor Nuevo de Reemplazo de las instalaciones de Distribución Eléctrica.
Fuente. Osinergmin. Términos de referencia para la Elaboración del Estudio de Costos del Valor Agregado de Distribución (VAD) [3].

Código	Actividad	VNR (Miles US\$)		Documento de Respaldo
		Total Empresa	Sistema Eléctrico Modelo	
A1	Compra de Energía			
A2	Generación			
A3	Transmisión			
A4	Distribución Media Tensión			
A5	Distribución Baja Tensión			
A6	Alumbrado Público			
A7	Comercialización			
A8	Conexión a la Red de Distribución Eléctrica			
A9	Corte y Reconexión			
A10	Gestión de Inversión en Distribución Eléctrica			
A11	Gestión de Inversión en Otras Áreas			
A12	Apoyo en Postes			
A13	Otros Servicios			
A14	Negocios Financieros			
A15	Otras			
A16 = A1 + ... + A15	Total Actividades			
A4 + A5 + A6 + A7	Total Distribución			

Tabla A.2 Resumen del Valor Nuevo de Reemplazo por Actividad

Fuente. Osinergmin. Términos de referencia para la Elaboración del Estudio de Costos del Valor Agregado de Distribución (VAD) [3].

ANEXO 2: Empresas sobre la fijación tarifaria VAD 2018-2022 y 2019-2023

Fijación tarifaria	Empresa	Suministros a diciembre de 2016			Tipo de estudio
		Regulados	Libres	Total	
2018-2022	Enel Distribución Perú	1,379,254	229	1,379,483	Un estudio por cada empresa
	Luz del Sur	1,077,628	31	1,077,659	
	Electro Dunas	227,922	7	227,929	
	Electro Tocache	21,693		21,693	Un estudio por cada sector de distribución típico para el conjunto de empresas
	Emseusa	10,140		10,140	
	Proyecto Especial Chavimochic	8,971		8,971	
	Emsemsa	8,038		8,038	
	Sersa	7,085		7,085	
	Eilhicha	5,381		5,381	
	Coelvisac	3,498	10	3,508	
	Egepsa	2,086		2,086	
	Electro Pangoa	1,937		1,937	
	Esempat	1,480		1,480	
	Edelsa	1,320		1,320	
2019-2023	Hidroandina	797,116	10	797,126	Un estudio por cada empresa
	Electrocentro	739,064	2	739,066	
	Electro Sur Este	492,031	2	492,033	
	Electronoroeste	469,955	40	469,995	
	Electro Oriente	419,107	1	419,108	
	Seal	400,210	26	400,236	
	Electronorte	340,548	6	340,554	
	Electro Puno	276,739	1	276,740	
	Electrosur	153,135		153,135	
	Electro Ucayali	86,278		86,278	
	Adinelsa	62,774		62,774	
Total		6,993,390	365	6,993,755	

Tabla A.3 Tipo de estudio tarifario de las empresas distribuidoras.

Fuente: Osinergmin. Términos de referencia para la Elaboración del Estudio de Costos del Valor Agregado de Distribución (VAD) [3].

ANEXO 3: Resumen de Concesionarias de Distribución

Ítem	Empresa	Tecnología VNR (M USD)	Clientes MT	Clientes BT	Total de Clientes	Longitud de red en BT (km)	Longitud de red en MT (km)	Longitud de red Total (km)	Capital de trabajo (MUSD - año)	Número de trabajadores	Ingreso de energía anual en MT (MW.h-año)	Ingreso Potencia en MT (MW)	OPEX (MUSD-año)
1	Luz del Sur	1,242,114	3,024	1,098,954	1,101,978	3,816	8,982	12,798	1,346.29	571	8,850.77	1,455.41	69,062.11
2	Enel Distribución	1,205,015	2,153	1,404,827	1,406,980	4,235	13,485	17,720	925.00	554	7,527.76	1,231.83	67,530.40
3	Electrodunas	102,567	1,586	232,176	233,762	2,470	2,467	4,937	243.00	177	904.43	142.59	15,753.00
4	Electrocentro	324,976	1,263	806,110	807,373	11,746	12,381	24,127	201.24	391	892.28	184.87	55,010.84
5	Electronoroeste	238,691	1,758	493,662	495,420	7,135	7,252	14,387	210.00	236	1,495.74	256.15	33,597.56
6	Electronorte	175,693	1,286	325,666	326,952	5,505	5,945	11,450	139.30	191	869.34	173.01	23,035.45
7	Hidroandina	402,337	2,422	857,048	859,470	10,164	12,007	22,171	269.30	510	2,065.48	407.35	50,403.30
8	Electro Puno	186,780	909	295,212	296,121	8,322	10,001	18,323	535.66	169	370.93	79.62	16,863.99
9	Electrosureste	369,077	1,160	563,159	564,319	12,573	17,149	29,722	75.84	120	727.72	151.59	26,046.52
10	Electrosur	77,998	784	161,145	161,929	1,455	1,843	3,298	36.89	132	423.71	78.82	8,797.82
11	SEAL	253,977	790	425,238	426,028	3,948	4,890	8,838	349.385	245	1,238.89	218.86	18,723.94
12	Electro Oriente	217,403	1,578	452,744	454,322	8,803	7,033	15,836	440.16	421	818.15	162.61	22,768.68
13	Electro Ucayali	47,304	524	93,974	94,498	1,351	1,392	2,743	269.05	126	330.26	59.95	8,031.70

Figura A.1 Información de Concesionarias de Distribución
Fuente: “Fijación tarifaria 2018-2022 y 2019-2023” [46], [47]