

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO**



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

**COMPARACION DE LA EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS DE
DISTRIBUCION DE ELECTRICIDAD DEL ESTADO PERUANO:
CONSIDERANDO EL PARAMETRO CALIDAD DE SUMINISTRO DEL
SERVICIO**

**Tesis para optar el grado de Magíster en Regulación de los
Servicios Públicos**

AUTOR

Edwin Segundo Peña García

ASESOR

Alfredo Dammert Lira

LIMA - PERÚ

2016



Dedicatoria

A mi esposa Erica por su constante apoyo, amor y comprensión y a nuestros hijos Fabio, Thiago e Iker; y a mí Madre Noemí que siempre está al pendiente de nosotros.



Agradecimientos

Al Dr. Alfredo Dammert Lira, por su apoyo al desarrollo del presente estudio.



Resumen

En Perú las empresas de distribución de electricidad de FONAFE están dando servicio de suministro eléctrico a casi cuatro millones de clientes en la costa, sierra y selva, en este sentido, el objetivo de este estudio es evaluar la eficacia de estas empresas en el periodo 2008-2014, teniendo en cuenta la calidad del suministro eléctrico a los clientes, utilizando el análisis envolvente de datos (DEA) y determinar el cambio en la productividad de los servicios públicos en este periodo usando el índice de Malmquist, teniendo en cuenta la calidad de suministro.

Para lograr estos objetivos, la evaluación consideró cinco modelos DEA para el cálculo de la eficiencia. Cada modelo con diferentes combinaciones de variables de entrada con las mismas variables de salida. Como variables de entrada se consideran los costes de explotación, costes de inversión, la calidad del suministro y combinaciones de costo y calidad del suministro; y el costo de la compensación por la falta de calidad del suministro pagado por las empresas distribuidoras a sus clientes. Como variables de salida se considera el número de clientes, las ventas de energía y longitud de la red.

Otro objetivo alcanzado fue encontrar en la metodología DEA, una herramienta para evaluar eficiencia que puede servir a FONAFE para evaluar la gestión de sus empresas de forma estructurada y continua, empleando software libre e información pública, considerando que se pueden evaluar diferentes modelos con diferentes variables y además que permite identificar el grupo de referencia de empresas eficientes que pueden servir de referencia a las ineficientes para definir las estrategias que les permitan mejorar su eficiencia.

Los resultados muestran que las distribuidoras que han alcanzado la frontera eficiente, por lo general presentan mejor eficiencia sólo en los modelos de costos o solamente en los modelos de calidad. Se encontró que las distribuidoras eficientes en costos (es decir rentables) no presentan necesariamente un buen desempeño en cuanto a la calidad de suministro. Asimismo los resultados de los modelos que incorporan la calidad de suministro no mostraron una fuerte correlación con los modelos basados sólo en los costos, lo que indica una posible compensación o competencias diferentes entre costos y la calidad de suministro, es decir, no estuvieron estrechamente ligados a los objetivos de mejorar de la calidad de suministro, o en otros casos fueron insuficientes para mejorar la calidad de suministro.

Estos resultados demuestran que es recomendable para las empresas de distribución de energía del FONAFE integrar la calidad del servicio y los costos en los modelos para determinar las eficiencias de cada empresa. En los modelos de calidad y de costos evaluados se verificó que la eficiencia es menor cuando se considera variables de calidad de suministro.

Otro punto a destacar son los rendimientos a escala, los resultados muestran que existen empresas distribuidoras operando con rendimientos decrecientes a escala en todo el período de estudio, es decir tiene una capacidad de producción sobre-dimensionada para el tamaño de mercado que atienden, posiblemente por la extensión de las redes rurales y por deficiencias en la planificación del crecimiento de redes, una medida de política recomendable a evaluar es analizar la posibilidad de reestructuración de estas empresas, transfiriendo instalaciones a las empresas que cuenten con mejores condiciones para la atención de las instalaciones por efectos de cercanía geográfica, con el propósito de mejorar la eficiencia del conjunto de empresas del FONAFE.

Por último, teniendo en cuenta las variables de calidad de suministro en la evaluación de la eficiencia por intermedio de los índices de Malmquist, se verificó la ganancia de productividad en las empresas de distribución en el período 2008-2014.

Palabras clave: Evaluación de la Eficiencia, Análisis envolvente de datos DEA, Calidad de suministro, índices de Malmquist, Empresas de Distribución de energía eléctrica del FONAFE-Perú.

Abstract

In Peru electricity distribution companies of FONAFE are giving electric supply service to almost four million customers on the coast, mountains and jungle, in this sense the objective of this study is to evaluate the efficiency of these companies in the period 2008-2014 taking into consideration the quality of electric supply to customers, by using the data envelopment analysis (DEA) and determine the change in the productivity of the utilities in this period using the Malmquist index, taking into account the quality of supply.

To achieve these objectives, the evaluation considered five DEA models for calculating efficiency. Each model with different combinations of input variables with the same output variables. As input variables are considered operating costs, investment costs, quality of supply and combinations of cost and quality of supply; and the cost of compensation for failure to quality of supply paid by distribution companies to their clients. As output variables is considered the number of customers, energy sales and network length.

Another objective achieved was found in the DEA methodology, a tool to assess efficiency that can serve the FONAFE to evaluate the administration of its companies in a structured and continuous form, using free software and public information, considering that it can evaluate different models with different variables and also for identifying the reference group of efficient companies that can serve as reference for inefficient to define strategies to improve efficiency.

The results show that distribution companies who have reached the efficient frontier, usually only have a better efficiency in cost models or quality models. It was found that cost efficient distribution companies (i.e profitable) do not necessarily have a good efficiency in terms of quality of supply. Also the results of the models incorporating quality of supply not showed a strong correlation with models based only on costs, indicating a possible trade-off or different interest between costs and quality of supply, namely were not closely linked to the aims to improve the quality of supply, or in other cases were insufficient to improve the quality of supply.

These results demonstrate that it is advisable to integrate quality of supply and capital costs for determining the efficiency of electricity distribution companies of FONAFE. In the models of quality and costs assessed it verified that the efficiency is lower when considering variables of quality of supply.

Another highlight are the returns to scale, the results show that there are distribution companies operating with decreasing returns to scale throughout the study period, i.e. this companies have a production capacity over-sized to the size of the market they serve, possibly by expansion of rural networks and deficiencies in planning the growth of networks, a policy measure recommended to evaluate is to analyze the possibility of restructuring these distribution companies, transferring facilities to distribution companies with better conditions for care facilities by the effects of geographical proximity, with the aim of improving the efficiency of all distribution companies of FONAFE.

Finally, considering the variables of quality service in the evaluation of the efficiency through Malmquist indices, productivity gain was observed in the utilities in the period 2008-2014.

Keywords: Evaluation of the efficiency, Data Envelopment Analysis DEA, Supply quality, Malmquist indexes, Distribution Companies FONAFE- power of Peru

Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Resumen	4
Abstract	5
Listado de Figuras	9
Listado de Tablas	11
Capítulo I	13
Introducción	13
1.1. Planteamiento del problema.	13
1.2. Justificación de la Investigación.....	15
1.3. Objetivos de la investigación: Generales y específicos.....	17
1.4 Estructura de trabajo.....	18
Capítulo II:	20
Sector Eléctrico Peruano: Estructura, Marco normativo sobre calidad y metodología de medición de eficiencia en las empresas de distribución de energía eléctrica del FONAFE.	20
2.1 Estructura del sector eléctrico peruano	20
2.2 Actividades del sector eléctrico peruano.....	20
2.2.1 Generación	20
2.2.2 Transmisión	21
2.2.3 Distribución	22
2.3 Marco regulatorio de la actividad de distribución.....	23
2.4 Empresas eléctricas del sector distribución en el Perú	25
2.5. Regulación de la calidad del servicio en el Perú	26
2.5.1 Resumen histórico de la regulación de la calidad del servicio	26
2.5.2. Normativa vigente sobre calidad de suministro.....	27
2.6. Empresas de distribución bajo el ámbito del FONAFE.....	29
2.6.1 Marco normativo y legal	29
2.7. Resultados de calidad de suministro del servicio de las empresas de la corporación FONAFE.	30
2.8 Compensaciones por calidad de suministro del servicio de las empresas de la corporación FONAFE	31
2.9 Medición de la eficiencia en las empresas de distribución del FONAFE	32
Capítulo III	39
Medición de la eficiencia y productividad: Marco Teórico y estado del arte	39
3.1. Concepto de eficiencia.....	39
3.1.1 Eficiencia Técnica	40
3.1.2 Eficiencia Asignativa	41
3.1.3 Eficiencia Económica o Global.....	42
3.2 Medidas orientadas a la entrada (Input) y a la salida (output)	43
3.3 Medición de la eficiencia	44
3.3.1 Técnicas paramétricas	45
3.3.2 Técnicas no paramétricas	45

3.4	Análisis envolvente de datos DEA.....	46
3.4.1	El modelo de rendimientos constantes a escala (CRS).....	48
3.4.2	El modelo de rendimientos variables a escala (VRS).....	52
3.5.	Características del método DEA.....	54
3.6	Propiedades de los modelos para el método DEA.....	57
3.7	Índice de Productividad de Malmquist.....	58
3.8	Estado del arte.....	60
3.8.1	Trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia en general.....	60
3.8.2	Trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia que incluyen parámetros de calidad de suministro.....	67
Capítulo IV.....		76
Resultados de medición de eficiencia y productividad en las empresas de distribución de energía eléctrica del FONAFE		76
4.1	Proceso a seguir.....	76
4.2	Fuentes de información.....	76
4.3	Unidades de decisión (DMU).....	77
4.4	Determinación de variables de Entrada y Salida de los modelos DEA.....	77
4.5	Descripción de las variables de Entrada y Salida de los modelos DEA	80
4.6	Definición del período de tiempo de análisis.....	81
4.7	Valores de las variables de entrada y de salida para los modelos DEA en el período 2008 al 2014.....	82
4.8	Evolución global de los valores de las variables de entrada y de salida para los modelos DEA en el período 2008 al 2014.....	89
4.9	Especificación de los modelos DEA.....	92
4.10	Herramientas para la resolución del análisis envolvente de datos DEA.....	94
4.11	Resultados obtenidos.....	96
4.11.1.	Resultados obtenidos por Modelo DEA durante todo el período del Estudio	96
4.11.2.	Resultados obtenidos por cada año en todos los modelos DEA.....	105
4.11.3.	Evaluación de retornos a escala en los cinco modelos DEA	115
4.11.4	Resultados promedio obtenidos por el conjunto de empresas en los cinco modelos DEA.....	119
4.11.5	Coeficiente de correlación entre los resultados promedios de eficiencia de los modelos DEA	121
4.11.6	Resultados promedio anuales obtenidos en los modelos DEA con retornos constantes a escala (CRS)	122
4.11.7	Resultados obtenidos de los modelo en retornos variables a escala (VRS).....	123
4.11.8	Evaluación comparativa de eficiencia relativa en el modelo calidad el año 2014	124
4.11.9	Ranking de eficiencia el año 2014	127
4.11.10	Resultados de los índices de productividad de Malmquist	128
Capítulo V.....		130
Conclusiones.....		130
5.1	Aspectos generales	130
5.2	Principales conclusiones y contribuciones	132
5.3	Trabajos futuros	136

Bibliografía.....	137
Apéndice A: Datos utilizados en los modelos DEA.....	144
Apéndice B: Relaciones entre las variables de entrada y variables de salida consideradas en los modelos DEA.....	147
Apéndice C: Resultados obtenidos considerando todos los modelos en cada año del periodo 2008 – 2014.....	153
Apéndice D: Resultados obtenidos de los índices de malmquist	156



Listado de Figuras

FIGURA N° 1. EVOLUCIÓN DEL INDICADOR SAIFI A NIVEL NACIONAL PERÍODO 2012 AL 2014	31
FIGURA N° 2. EVOLUCIÓN DEL INDICADOR SAIDI A NIVEL NACIONAL PERÍODO 2012 AL 2014.....	31
FIGURA N° 3. EVOLUCIÓN DEL PORCENTAJE DE CLIENTES COMPENSADOS POR CALIDAD DE SUMINISTRO	31
FIGURA 4: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE ESTADOS FINANCIEROS	38
FIGURA 5: EFICIENCIA TÉCNICA Y EFICIENCIA ASIGNATIVA.....	41
FIGURA 6: ISOCUANTA CONVEXA LINEAL.....	42
FIGURA 7: ORIENTACIÓN INPUT Y OUTPUT. MEDIDAS DE EFICIENCIA TÉCNICA Y RENDIMIENTOS DE ESCALA.....	43
FIGURA 8: EFICIENCIA TÉCNICA Y ASIGNATIVA. ORIENTACIÓN AL OUTPUT.	44
FIGURA 9: MÉTODOS DE MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA.....	45
FIGURA 10: MEDIDAS DE EFICIENCIA Y HOLGURAS DE INPUT	51
FIGURA 11: CÁLCULO DE ECONOMÍAS DE ESCALA CON EL DEA.....	54
FIGURA 12: PROCESO A SEGUIR.....	76
FIGURA 13: OPEX EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	82
FIGURA 14: COMPENSACIONES POR CALIDAD DE SUMINISTRO EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	82
FIGURA 15: OPEX + COMPENSACIONES EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	83
FIGURA 16: INVERSIONES EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	83
FIGURA 17: TOTEX EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	84
FIGURA 18: LONGITUD DE REDES DE DISTRIBUCIÓN EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	84
FIGURA 19: NÚMERO DE USUARIOS EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	85
FIGURA 20: VENTAS DE ENERGÍA (MWH) EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	85
FIGURA 21: SAIDI EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	86
FIGURA 22: SAIFI EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014	86
FIGURA 23: TINT EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014	87
FIGURA 24: NINT EN LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	87
FIGURA 25: RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES DE SALIDA DEL 2008 AL 2014.....	88
FIGURA 26: EVOLUCIÓN DEL TOTEX Y OPEX DE LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	89
FIGURA 27: EVOLUCIÓN DE LA CANTIDAD DE CLIENTES DE LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	90
FIGURA 28: EVOLUCIÓN DE LA LONGITUD DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	90
FIGURA 29: EVOLUCIÓN DE LA VENTAS DE ENERGÍA DE LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014.....	91
FIGURA 30: EVOLUCIÓN DEL SAIDI Y EL SAIFI DE LAS EMPRESAS DEL 2008 AL 2014....	92
FIGURA 31: MODELO OPEX (CRS) DEL 2008 AL 2014.....	97
FIGURA 32: MODELO OPEX (VRS) DEL 2008 AL 2014	98
FIGURA 33: MODELO OPEX-COM (CRS) DEL 2008 AL 2014	98
FIGURA 34: MODELO OPEXCOM (VRS) DEL 2008 AL 2014.....	99
FIGURA 35: MODELO TOTEX (CRS) DEL 2008 AL 2014.....	100
FIGURA 36: MODELO TOTEX (VRS) DEL 2008 AL 2014.....	100
FIGURA 37: MODELO CALIDAD (CRS) DEL 2008 AL 2014.....	101
FIGURA 38: MODELO CALIDAD (VRS) DEL 2008 AL 2014	102
FIGURA 39: MODELO TOTEX-CAL (CRS) DEL 2008 AL 2014.....	103
FIGURA 40: MODELO TOTEX-CAL (VRS) DEL 2008 AL 2014	103
FIGURA 41: TODOS LOS MODELOS EN CRS EL AÑO 2008	106
FIGURA 42: TODOS LOS MODELOS EN VRS EL AÑO 2008.....	106
FIGURA 43: TODOS LOS MODELOS EN CRS EL AÑO 2009	107
FIGURA 44: TODOS LOS MODELOS EN VRS EL AÑO 2009.....	107
FIGURA 45: TODOS LOS MODELOS EN CRS EL AÑO 2010	108
FIGURA 46: TODOS LOS MODELOS EN VRS EL AÑO 2010.....	108
FIGURA 47: TODOS LOS MODELOS EN CRS EL AÑO 2011	109
FIGURA 48: TODOS LOS MODELOS EN VRS EL AÑO 2011.....	109
FIGURA 49: TODOS LOS MODELOS EN CRS EL AÑO 2012	110
FIGURA 50: EFICIENCIA EN LOS MODELOS EL AÑO 2012 EN VRS.....	110

FIGURA 51: EFICIENCIA EN LOS MODELOS EL AÑO 2013 EN CRS	111
FIGURA 52: EFICIENCIA EN LOS MODELOS EL AÑO 2013 EN VRS.....	111
FIGURA 53: EFICIENCIA EN LOS MODELOS EL AÑO 2014 EN CRS	112
FIGURA 54: EFICIENCIA EN LOS MODELOS EL AÑO 2014 EN VRS.....	112
FIGURA 55: RESULTADOS PROMEDIO DE EFICIENCIA DE LOS MODELOS CRS EN EL PERÍODO DEL 2008 AL 2014.....	120
FIGURA 56: RESULTADOS PROMEDIO DE EFICIENCIA DE LOS MODELOS VRS EN EL PERÍODO DEL 2008 AL 2014.....	121
FIGURA 57: RESULTADOS PROMEDIO ANUALES OBTENIDOS EN LOS CINCO MODELOS DEA CON (CRS).	122
FIGURA 58: RESULTADOS PROMEDIO ANUALES OBTENIDOS EN CUATRO MODELOS DEA CON (CRS).	123
FIGURA 59: RESULTADOS PROMEDIO ANUALES OBTENIDOS EN LOS CINCO MODELOS DEA CON (VRS).....	124
FIGURA B1. USUARIOS/LONG. RED (KM).	147
FIGURA B.2. VENTAS DE ENERGÍA (MWH) / USUARIO.....	147
FIGURA B.3:VENTAS DE ENERGÍAMWH)/LONG.RED(KM).	148
FIGURA B.4. VENTAS ENERGÍA (MWH)/OPEX (MILLONES S/.)	148
FIGURA B.5. USUARIOS/OPEX (MILLONES S/.).....	149
FIGURA B.6. OPEX (MILES S/.) / LONGITUD DE RED (KM)	149
FIGURA B.7. LONGITUD DE RED (KM)/TOTEX (MILLONES S/.).....	149
FIGURA B.8. USUARIOS/TOTEX (MILLONES S/.).....	150
FIGURA B.9.VENTAS DE ENERGÍA(MWH)/TOTEX(MILLONES S/.).....	150
FIGURA B.10.TINT(HORAS)/VENTAS DE ENERGÍA(MWH).....	151
FIGURA B.11. TINT (HORAS)/LONGITUD DE REDES (KM).....	151
FIGURA B.12.NINT(VECES)/VENTAS DE ENERGÍA(MWH).....	151
FIGURA B.13. NINT(VECES)/LONGITUD DE REDES(KM)	152



Listado de Tablas

TABLA 1. SECTORES TÍPICOS DE DISTRIBUCIÓN.....	23
TABLA 2. EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DEL PERÚ.....	26
TABLA 3. RESUMEN HISTÓRICO DE LA REGULACIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO	27
TABLA 4. RESUMEN DE NORMATIVA VIGENTE SOBRE LA CALIDAD DE SUMINISTRO	28
TABLA 5: COMPENSACIONES POR CALIDAD DE SUMINISTRO EN LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE FONAFE	32
TABLA 6: OBJETIVOS ESTRATÉGICOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DE FONAFE	34
TABLA 7: TABLA DE PLANES DE ACCIÓN GENERALES DE LOS OBJETIVOS ESTRATEGICOS ESPECÍFICOS DE LA CORPORACIÓN FONAFE.	34
TABLA 8: PLANES ESTRATÉGICOS DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS ALINEADOS AL PLAN ESTRATÉGICO DEL FONAFE.	35
TABLA 9: RANKING DE GESTIÓN DEL INDICADOR FINANCIERO ROA DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DEL FONAFE EN EL AÑO 2014.....	37
TABLA 10: RANKING DE GESTIÓN DEL INDICADOR FINANCIERO ROE DE LAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DEL FONAFE EN EL AÑO 2014.....	37
TABLA 11: EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA EFICIENCIA EN GENERAL DE EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGÍA.	63
TABLA 12: EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA EFICIENCIA DE EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGÍA QUE INCLUYEN VARIABLES	71
DE CALIDAD DE SUMINISTRO.	71
TABLA 13: EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA EFICIENCIA DE EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGÍA DESARROLLADOS EN EL PERÚ.	74
TABLA 14: UNIDADES DE DECISIÓN	77
TABLA 15: VARIABLES DE ENTRADA Y DE SALIDA UTILIZADAS EN LOS ESTUDIOS INCLUYEN VARIABLES DE CALIDAD DE SUMINISTRO.	78
TABLA 16: VARIABLES DE ENTRADA Y DE SALIDA	80
TABLA 17: DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES PARA LOS MODELOS DEA.	80
TABLA 18: ESPECIFICACIÓN DE LOS MODELOS DEA.	92
TABLA 19. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ENFOQUE CRS.....	114
TABLA 20. RESUMEN DE RESULTADOS DEL ENFOQUE VRS.....	115
TABLA 21: MODELO OPEX Y OPEX-COMPENSACIONES.....	116
TABLA 22: MODELO TOTEX.....	117
TABLA 23: MODELO CALIDAD	117
TABLA 24: MODELO TOTEX-CALIDAD	118
TABLA 25: RESULTADOS DE EFICIENCIA PROMEDIO DE LAS DISTRIBUIDORAS EN EL PERÍODO 2008-2014	119
TABLA 26: COEFICIENTES DE CORRELACIÓN	122
TABLA 27: CONJUNTO DE EMPRESAS DE REFERENCIA CRS	125
TABLA 28: VALORES OBJETIVOS DE LAS VARIABLES CRS.....	125
TABLA 29: CONJUNTO DE EMPRESAS DE REFERENCIA VRS	126
TABLA 30: VALORES OBJETIVOS DE LAS VARIABLES VRS.....	126
TABLA 31: COMPARACIÓN DE RANKING DE EFICIENCIA.....	127
TABLA 32: MEDIA DE LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST – DEA DE	129
LAS EMPRESAS PARA EL MODELO CALIDAD EN EL PERÍODO 2008-2014.....	129
TABLA 33: MEDIA DE LOS ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD DE MALMQUIST – DEA DE	129
LAS EMPRESAS PARA EL MODELO CALIDAD CADA AÑO DEL PERÍODO DE ESTUDIO.	129
TABLA A.1: COSTOS TOTALES DE OPERACIÓN “OPEX” (MILLONES DE SOLES S/.)	144
TABLA A.2: NÚMERO DE USUARIOS.....	144
TABLA A.3: VENTAS DE ENERGÍA (MWH).....	144
TABLA A.4: LONGITUD TOTAL DE REDES DE DISTRIBUCIÓN (MT+BT) (KM).	145
TABLA A.5: COMPENSACIONES A USUARIOS POR CALIDAD DE SUMINISTRO (MILLONES S/.)	145
TABLA A.6: MONTO DE LAS INVERSIONES (MILLONES S/.).....	145
TABLA A.7: SAIDI (HORAS).....	146
TABLA A.8: SAIFI (VECES).....	146
TABLA B.1. USUARIOS/LONG. RED (KM).....	147

TABLA B.2: VENTAS DE ENERGÍA (MWH.)/USUARIO	147
TABLA B.3: VENTAS DE ENERGÍA (MWH) / LONG. RED (KM).....	148
TABLA B.4. VENTAS ENERGÍA (MWH)/OPEX (MILLONES S/.)	148
TABLA B.5. USUARIOS/OPEX (MILLONES S/.)	149
TABLA B.6. OPEX (MILES S/.) / LONGITUD DE RED (KM).....	149
TABLA B.7. LONGITUD DE RED (KM)/TOTEX (MILLONES S/.)	149
TABLA B.8. USUARIOS/TOTEX (MILLONES S/.)	150
TABLA B.9. VENTAS DE ENERGÍA (MWH)/TOTEX (MILLONES S/.).....	150
TABLA B.10. TINT (HORAS)/VENTAS DE ENERGÍA (MWH.).....	151
TABLA B.11. TINT (HORAS)/LONGITUD DE REDES (KM)	151
TABLA B.12. NINT (VECES)/VENTAS DE ENERGÍA (MWH.).....	151
TABLA B.13. NINT (VECES)/LONGITUD DE REDES (KM).....	152
TABLA C.1: RESULTADOS DEL MODELO OPEX PARA CRS.	153
TABLA C.2: RESULTADOS DEL MODELO OPEX-COMPENSACIONES PARA CRS.....	153
TABLA C.3: RESULTADOS DEL MODELO TOTEX PARA CRS.....	153
TABLA C.4: RESULTADOS DEL MODELO CALIDAD PARA CRS.....	154
TABLA C.5: RESULTADOS DEL MODELO TOTEX-CALIDAD PARA CCR.	154
TABLA C.6: RESULTADOS DEL MODELO OPEX PARA VRS.	154
TABLA C.7: RESULTADOS DEL MODELO OPEX-COMPENSACIONES PARA VRS.....	155
TABLA C.8: RESULTADOS DEL MODELO TOTEX PARA VRS.....	155
TABLA C.9: RESULTADOS DEL MODELO CALIDAD PARA VRS.....	155
TABLA C.10: RESULTADOS DEL MODELO TOTEX-CALIDAD PARA VRS.....	155
TABLA D.1: CAMBIO DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES (TFP)	156
TABLA D.2: CAMBIO TECNOLÓGICO.....	156
TABLA D.3: CAMBIO EN LA EFICIENCIA DE ESCALA.....	156



Capítulo I Introducción

1.1. Planteamiento del problema.

A partir de la entrada en vigencia de la Ley de Concesiones Eléctricas (1992), el Ministerio de Energía y Minas (MEM), el organismo regulador OSINERGMIN, las empresas (generadoras, transmisoras y distribuidoras), los organismos estatales y demás agentes del mercado, han tratado de interactuar con el fin de promover el desarrollo, el equilibrio en el mercado de electricidad y la **eficiencia** del sector en conjunto, pero todavía hay cuestiones importantes que revisar, uno de estos aspectos es la calidad del servicio, tal y como se describe en el Libro blanco del marco regulatorio de la distribución eléctrica en el Perú (2009) elaborado por la Universidad Pontificia Comillas por encargo de OSINERGMIN señala: **“Se puede considerar que, casi al inicio del quinto periodo regulatorio, se ha obtenido suficiente estabilidad en el sistema y que la actividad de distribución ha evolucionado de manera adecuada.[...]. También se ha revelado algunos aspectos de la regulación que no están funcionando como sería deseable. Dentro de ellos, como temas de mayor importancia, se puede destacar el nivel de calidad de servicio y la electrificación rural (ampliación de la frontera eléctrica)”** (2009:6).

En el Perú, el marco regulatorio de la calidad de suministro de energía eléctrica está regido por la Norma Técnica de Calidad de Servicio Eléctrico (NTCSE); dicha norma ha establecido los indicadores de calidad “N” y “D” que miden las interrupciones de suministro a los clientes y los indicadores “SAIFI” y “SAIDI” que miden el rendimiento operativo de las instalaciones eléctricas de los sistemas eléctricos, labor a cargo de las empresas de distribución de energía eléctrica.

El indicador “N” es el número total de Interrupciones por cliente por semestre, sin considerar las interrupciones cuya duración es menor a 3 minutos, ni los casos de fuerza mayor, asimismo las interrupciones programadas por expansión o reforzamiento de redes se incluyen pero ponderadas por un factor. El indicador “D” es la duración total ponderada de interrupciones por cliente por semestre, es la sumatoria de las duraciones individuales ponderadas de todas las interrupciones en el suministro eléctrico al cliente durante un semestre: $D = \sum (K_i \cdot d_i)$; (expresada en: horas).

La NTCSE fija los límites máximos de los indicadores N y D que deben cumplir las empresas; así como las compensaciones que deben pagar a sus clientes por superar los límites máximos establecidos. La fiscalización de la calidad del suministro se realiza en un período semestral e incluye las interrupciones registradas en todos los suministros. Las compensaciones a los clientes en los que se compruebe que la calidad no cumple los estándares establecidos, se calculan semestralmente mediante la fórmula ($C = e \cdot E \cdot ENS$) donde “e” es la compensación unitaria por incumplimiento con la calidad de suministro, cuyos valores son establecidos en la

NTCSE, la “E” es un factor de ajuste según el grado de trasgresión y “ENS” es la energía teóricamente no suministrada en un semestre.

El indicador SAIFI (System Average Interruption Frequency Index o Frecuencia Media de Interrupción por usuario en un periodo determinado) está orientado a evaluar la frecuencia de las interrupciones de suministro relacionado con vulnerabilidad de las instalaciones eléctricas ante las maniobras e indisponibilidades que afectan a los sistemas eléctricos. El indicador SAIDI (System Average Interruption Duration Index o Tiempo Promedio de Interrupción por usuario en un periodo determinado) está orientado a evaluar en tiempo de duración de las interrupciones de suministro, parámetro directamente relacionado con la gestión que realizan las empresas de distribución para la reposición del servicio ante una interrupción del suministro, con los recursos que tiene disponibles como: cuadrillas de personal, vehículos, materiales, medios de comunicación, etc.

El SAIDI y SAIFI, se calculan por las fórmulas siguientes $SAIDI = \sum_{i=1}^n \frac{U_i}{N}$ y $SAIFI = \sum_{i=1}^n \frac{(t_i \times U_i)}{N}$; donde U_i es el número de usuarios afectados en cada interrupción “i”, t_i es la duración de cada interrupción “i” (medido en horas), n es el número de interrupciones en el período y N es el número de usuarios del Sistema Eléctrico al final del período. OSINERGMIN establece el desempeño esperado para cada sistema eléctrico en función a los sectores típicos de distribución establecidos para la fijación tarifaria de acuerdo a lo establecido en la Ley de Concesiones Eléctricas.

Por otro lado, las empresas bajo el ámbito del Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (FONAFE) son las más representativas entre las empresas de distribución del **Estado Peruano**, por la cantidad de clientes que atienden (59.8% del total nacional) y porque su área de influencia comprende cerca del 95% del territorio nacional en la selva, sierra y costa del país (el otro segmento representativo corresponde a las empresas de propiedad **privada** Luz del Sur y Edelnor que atienden el servicio de distribución de energía eléctrica en la Región Lima); motivo por el cuál es relevante la calidad del servicio que brindan a sus clientes.

El FONAFE es la entidad encargada de normar y dirigir la actividad de las empresas que cuentan con participación mayoritaria del Estado, dentro del ámbito del FONAFE se encuentran las Empresas de distribución de energía eléctrica siguientes: Electro Oriente, Electro Ucayali, Hidrandina, Electrocentro, Electronoroeste, Electro Sur Este, SEAL, Electronorte, Electro sur y Electro Puno y Adinelsa.

Los resultados de los indicadores de calidad de suministro durante los años 2012 al 2014 en las empresas de distribución del FONAFE presentan valores superiores a los límites máximos

establecidos por el OSINERGMIN, con registros que superan en más del doble a los obtenidos por las empresas de distribución privadas que atienden la ciudad de Lima.

Asimismo según las estadísticas publicadas por OSINERGMIN, entre los años 2008 al primer semestre del 2014, las empresas del FONAFE han realizado compensaciones a sus clientes por transgresiones de las tolerancias de los indicadores de calidad N y D, por más de 31 millones de dólares.

Para las empresas de distribución de energía eléctrica del FONAFE los resultados de los indicadores de calidad de suministro y los montos de las compensaciones económicas realizadas a sus clientes por transgresiones a las tolerancias establecidas, representa un problema directamente relacionado con la **eficiencia** empresarial, porque incide en sus resultados económicos, debido a los montos de compensaciones que tiene que pagar a sus clientes, así como por el deterioro de la imagen de las empresas ante sus clientes, y porque en cierta medida afecta el crecimiento y sostenibilidad económica y social del país. Por este motivo es necesario revisar cómo se evalúa la eficiencia de las empresas del FONAFE.

1.2. Justificación de la Investigación

Las empresas del FONAFE se encuentran regidas por el Decreto Legislativo N° 1031 cuyo objeto es promover la eficiencia de la actividad empresarial del Estado, en lo que se refiere a sus principios, naturaleza, organización, conducción, funciones, gestión, recursos y su vinculación con los sistemas administrativos del Estado. El Reglamento del DL N° 1031, establece como principio promover el ahorro interno y garantizar la asignación de recursos financieros, en función de los planes estratégicos y operativos, que deben buscar el uso eficiente y rentable de los activos que administran las Empresas del Estado.

Las Empresas de FONAFE son independientes entre sí, es decir cada una hace frente a sus obligaciones con sus propios recursos, aplicando los principios de rentabilidad, pluralismo económico y responsabilidad limitada. Mediante Convenios de Gestión que FONAFE suscribe con cada una de las Empresas de Distribución se establece que se promueve la eficiencia económica y la gestión adecuada y transparente de las mismas, así como la consecución de las metas empresariales y corporativas.

Los Convenios de Gestión contemplan ratios, herramientas de medición o indicadores de desempeño respecto al cumplimiento de los objetivos del Plan Estratégico Corporativo de FONAFE. Asimismo, se establece la medición de ratios, herramientas de medición o indicadores que permitan medir el desempeño financiero, la utilización de los recursos de la Empresa, la innovación y la calidad en la prestación de bienes y servicios. Con base en estos Convenios de Gestión, FONAFE y las empresas de distribución han definido indicadores para

evaluar la gestión de las empresas del sector eléctrico de distribución de energía que administra.

Según el Plan Estratégico Corporativo (PEC) 2013 – 2017 del FONAFE, uno de los Objetivos Estratégicos Generales de las empresas es “Incrementar la eficiencia a través de la excelencia operacional”, y tiene planeado incorporar en su sistema de evaluación de desempeño de las empresas, el módulo de gestión de la eficiencia corporativa basada en indicadores, con el propósito de: Estandarizar en toda la corporación la definición de “eficiencia” y sus formas de medición, desarrollar una metodología para medir la eficiencia (global, de cada empresa y por cartera de empresas); definir los indicadores, la línea base y automatizar un sistema de gestión de la eficiencia basado en indicadores.

En línea con esto, las empresas distribuidoras de la corporación FONAFE han definido 17 indicadores en sus Planes estratégicos propios que están alineados al Plan Estratégico Corporativo (PEC) 2013 – 2017 del FONAFE, para el objetivo estratégico de FONAFE “Incrementar la eficiencia a través de la excelencia operacional” han definido el objetivo estratégico “Mejorar los procesos de gestión interna y gobierno corporativo” que considera los indicadores siguientes: Implementación del Código de Buen Gobierno Corporativo, Implementación del Sistema de Control Interno y los indicadores SAIDI y SAIFI.

Es decir, las empresas distribuidoras del FONAFE han relacionado la eficiencia con los indicadores de calidad de suministro SAIDI y SAIFI y otros parámetros. FONAFE en base a los 17 indicadores establecidos por las empresas de distribución, realiza la evaluación de forma individual del cumplimiento de las metas definidas para cada indicador, asignándole un puntaje porcentual por el cumplimiento de cada indicador y luego obtiene un resultado global que resulta del promedio de los porcentajes obtenidos para cada indicador. Sin embargo, se observa que no se obtiene un valor de la eficiencia y productividad de cada empresa y del conjunto de empresas de distribución.

Según Abbot existen multitud de indicadores para medir el desempeño de una empresa o sector, siendo los más empleados la tasa interna de retorno, rentabilidad y los precios. Ahora bien, el sector de distribución de energía en mercados competitivos opera bajo condiciones de control de precios y costos regulados en función de eficiencia operativa y suficiencia financiera, lo cual hace que los indicadores financieros tradicionales de medición de desempeño no permitan determinar con precisión el desempeño real de las empresas ni realizar un adecuado evaluación comparativa de las empresas y por el contrario pueden inducir distorsiones en la medición (Abbot, 2006) (citado en Tolosa 2013: 18).

Asimismo, Parra indica que en el mercado de distribución eléctrica peruano solamente se han realizado algunos estudios sobre la eficiencia, cuyos alcances son limitados, pero que apuntan

a una misma dirección, a verificar que los resultados de una gestión de la empresa pública son menores a la gestión de una empresa privada (2012: 50). Es decir los estudios realizados de evaluación de la eficiencia en las empresas del sector distribución en el Perú, han incluido en todos los casos a las empresas del FONAFE y las empresas privadas, no habiéndose realizado a la fecha evaluaciones de la eficiencia que sólo incluyan a las empresas del FONAFE.

Por otra parte, para la evaluación de la eficiencia en todo el mundo, la evolución y aceptación de la metodología DEA, se observa en términos del incremento de publicaciones y de autores. La metodología DEA se está convirtiendo en una herramienta importante y esencial en un gran número de campos de las ciencias con más de 4000 artículos de investigación publicados en congresos y capítulos de libros. (Emrouznejad, Parker, & Tavares, 2008: 2).

Las hipótesis que se plantean para el desarrollo de la evaluación de eficiencia son las siguientes:

- En el período 2008-2014, la eficiencia relativa de las empresas de distribución de energía del FONAFE, es menor cuando se considera el parámetro calidad de suministro del servicio.
- En el período 2008-2014, las empresas de distribución de energía del FONAFE, han incrementado su eficiencia técnica y su productividad.

Por lo tanto, este estudio plantea corroborar las hipótesis mediante el desarrollo de una evaluación de la eficiencia de las empresas distribuidoras de FONAFE, a través de un procedimiento metodológico matemático, generalizado y sistemático que permita determinar la frontera de eficiencia y las eficiencias relativas de las empresas, empleando la técnica del Análisis Envolvente de Datos (DEA), que por su simplicidad y posibilidad de desarrollo con software libre, puede ser utilizada como herramienta de evaluación comparativa entre las empresas del FONAFE, para mejorar sus niveles de eficiencia, autoevaluarse en el cumplimiento de un proceso de mejora continua, así como cumplir con el mandato legal establecido en el Decreto Legislativo N° 1031.

1.3. Objetivos de la investigación: Generales y específicos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la eficiencia de las empresas distribuidoras de energía eléctrica del FONAFE en el período de estudio 2008-2014, empleando el Análisis Envolvente de Datos (DEA) y se determinará el cambio en la productividad de las empresas en dicho período utilizando los índices de malmquist.

1.3.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos se tienen los siguientes:

- 1.3.2.1 Determinar las variables de entrada y salida que permitan una medición y evaluación de la eficiencia de las empresas distribuidoras de energía eléctrica del FONAFE, a

partir de trabajos anteriores, información publicada por dicha empresa contrastada con información de otras fuentes.

1.3.2.2 Determinar los modelos DEA (incluyendo los indicadores de calidad de suministro de energía) que mejor se adapten a las características propias de las empresas de distribución del FONAFE, a partir del marco teórico y la información disponible.

1.3.2.3 Aplicar la metodología empleando software libre que permita a las empresas de distribución de energía de FONAFE, su uso de manera continua, con fines de evaluación comparativa y soporte para la toma de decisiones, para mejorar la eficiencia.

1.3.2.4 Evaluar la productividad y la evolución de la eficiencia de las empresas en el período 2008-2014, teniendo en cuenta las variables de calidad de servicio a través de los índices de Malmquist.

1.4 Estructura de trabajo

Este trabajo se estructura en seis capítulos para alcanzar los objetivos específicos, y en conjunto permiten alcanzar el objetivo descrito en el numeral anterior.

El capítulo 1 presenta la introducción con el planteamiento del problema, la justificación de la investigación, los objetivos de la investigación que guían su desarrollo y la estructura del trabajo para alcanzarlos.

El capítulo 2 está referido al sector eléctrico peruano; se presenta el marco normativo, el marco histórico donde se describen los aspectos más relevantes del sector de distribución de energía eléctrica, asimismo se hace una reseña de la normativa de calidad con especial énfasis en la calidad de suministro. Se incluye también la metodología de medición de la eficiencia que utilizan actualmente las empresas de distribución de energía eléctrica del FONAFE.

El Capítulo 3 está referido a la medición de la eficiencia y productividad, se presenta el marco teórico y conceptual y la revisión bibliográfica. Se presentan los métodos para medir la eficiencia operacional, la metodología del análisis envolvente de datos DEA y los índices de productividad de Malmquist, incluyendo una revisión del estado del arte, que permite conformar la base teórica para la definición del problema planteado y el logro de los objetivos propuestos en este trabajo.

El Capítulo 4 presenta los resultados de la evaluación de eficiencia y productividad en las empresas de distribución de energía eléctrica del FONAFE, se describe las fuentes de los datos de las empresas, se desarrolla un análisis de los datos de entrada y los datos de salida disponibles, el modelo conceptual para realizar la evaluación de eficiencia, la definición de los modelos DEA a ser evaluados y la definición del software libre a emplear. Seguidamente, se

presentan los resultados en cada modelo DEA desarrollado y su análisis correspondiente, que es sin lugar a dudas el aporte más significativo de este trabajo.

El Capítulo 5 presenta las Conclusiones, donde se mencionan los comentarios, conclusiones finales del trabajo realizado y las contribuciones principales del mismo.



Capítulo II:

Sector Eléctrico Peruano: Estructura, Marco normativo sobre calidad y metodología de medición de eficiencia en las empresas de distribución de energía eléctrica del FONAFE.

2.1 Estructura del sector eléctrico peruano

De acuerdo a la Ley de Concesiones Eléctricas y su reglamento se estructuró la industria eléctrica peruana en las siguientes actividades: (i) generación, (ii) transmisión, y (iii) distribución y comercialización.

La Ley de Concesiones eléctricas determina los siguientes participantes principales como parte de la estructura del sector eléctrico peruano:

- Los clientes o usuarios, divididos en dos categorías: clientes libres (con una demanda mayor a 2500kW) y clientes regulados.
- Las empresas eléctricas generadoras, transmisoras y distribuidoras, organizadas bajo el concepto de desintegración vertical, es decir pueden realizar un sólo tipo de actividad dentro del sistema eléctrico interconectado nacional, sin embargo, les es permitido realizar más de una actividad bajo ciertas restricciones reguladas en la Ley Antimonopolio y Antioligopolio del Sector Eléctrico y sus normas reglamentarias.
- El Comité de Operación Económica del Sistema (COES) del sistema interconectado nacional, es un organismo de carácter técnico que coordina la operación y programa el mantenimiento de todas las instalaciones interconectadas del sistema de generación y de transmisión al mínimo costo, garantizando la seguridad en el abastecimiento de la electricidad.
- El estado, representado por el MEM a través de la Dirección General de Electricidad (DGE), que ejerce las funciones en materia normativa dentro del sector, y además, es responsable del otorgamiento de concesiones y autorizaciones para participar en el sector eléctrico.
- El OSINERGMIN, encargado de la regulación del sector eléctrico encargado de la determinación de las tarifas, así como de la Fiscalización de las empresas.
- El instituto de Defensa de la Libre Competencia y la Propiedad Intelectual (Indecopi), encargo de velar por el cumplimiento de la Ley antimonopolio y oligopolio y de promoción de la competencia.

2.2 Actividades del sector eléctrico peruano

2.2.1 Generación

En el Perú la generación de energía eléctrica es llevada a cabo por empresas estatales o privadas, las cuales producen electricidad principalmente a partir de centrales hidroeléctricas o

termoeléctricas. Esta actividad según la Ley de Concesiones Eléctricas se desarrolla en un mercado de libre (no regulado) donde cualquier empresa puede instalar equipos de generación de electricidad. Sin embargo en el caso de explotar recursos hidráulicos o geotérmicos para centrales mayores a 500 KW, se requiere de una concesión del Ministerio de Energía y Minas.

Las empresas generadoras venden a las empresas concesionarias de distribución o a los denominados “clientes libres” (usuarios finales con consumo mayor 2 500 kW). La venta de energía a empresas distribuidoras que van a utilizarla exclusivamente para atender el Servicio Público de Electricidad, se realiza a la denominada “Tarifa en Barra” fijada por el OSINERGMIN, mientras que la energía que venden a “clientes libres” se pactan libremente.

Existe también la Generación Distribuida conformada por las Instalaciones de Generación con capacidad no mayor de 20 MW, conectada directamente a las redes de los concesionarios de distribución eléctrica.

2.2.2 Transmisión

La transmisión tiene como principal objetivo el transporte de la energía desde los generadores a los clientes, para lo que utiliza de líneas de transmisión y subestaciones de transformación.

La Ley de Concesiones Eléctricas estableció dos tipos de sistemas de transmisión: Sistema Principal de Transmisión (SPT) y Sistema Secundario de Transmisión (SST). Posteriormente, la Ley N° 28832, crea y pone en vigencia dos nuevos sistemas: Sistema Garantizado de Transmisión (SGT) y Sistema Complementario de Transmisión (SCT). Cabe indicar que los sistemas creados por la Ley de Concesiones Eléctricas (SPT y el SST) continúan vigentes sin la posibilidad de agregar nuevas instalaciones a partir de la Ley N° 28832.

El SPT está compuesto por líneas de transmisión de muy alta y alta tensión que se unen a las subestaciones, es el sistema común al conjunto de generadores de un sistema interconectado que permite el intercambio de electricidad y la libre comercialización de la energía eléctrica. Por su parte el SST está compuesto por líneas de transmisión de menor tensión que transportan la energía eléctrica hacia un distribuidor o consumidor final desde el SPT. Son parte de este sistema, las instalaciones que transportan energía desde una central de generación hasta una él SPT.

Por su parte el SCT está conformado por las instalaciones del Plan de Transmisión cuya concesión y construcción sean resultado de un proceso de licitación. A su vez, el SGT es parte del Plan de Transmisión, cuya construcción es resultado de la iniciativa propia de uno o varios agentes. También son parte del SCT todas aquellas instalaciones no incluidas en el Plan de Transmisión.

Cabe indicar que existen empresas de distribución de energía que son concesionarias de instalaciones del SST y SCT y deben cumplir con las obligaciones correspondientes a la concesión de transmisión.

2.2.3 Distribución

La actividad de distribución consiste en la transmisión de electricidad al usuario final partiendo de una barra de transmisión. En esta fase se transporta la energía desde las subestaciones o barras base a los consumidores finales vía líneas de sub-transmisión o líneas y redes eléctricas de media tensión que antes de llegar al consumidor final son transformadas a baja tensión (380V ó 220 V).

Las empresas de distribución eléctrica adquieren energía de los generadores que lo venden a sus clientes regulados y/o clientes libres. El primero, constituye el mercado regulado, en donde vende a precio regulado a los usuarios regulados (mercado regulado) y; el segundo, constituye el mercado libre, en donde vende a precio libre (comercialización).

La distribución de energía eléctrica, al ser una actividad regulada debe cumplir con las obligaciones respecto al servicio que brinda a sus clientes, relacionadas a cobrar un precio máximo fijado por el organismo regulador, cumplir con estándares mínimos de calidad del servicio, así como de respetar normas de seguridad pública en la operación y manejo de su infraestructura.

La Ley de Concesiones Eléctricas, considera la distribución de energía como una actividad regulada en tanto constituye suministro eléctrico para uso colectivo o destinado al uso colectivo (Servicio Público de Electricidad), hasta los límites de potencia fijados establecidos en el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas, por lo que requiere contar con concesión definitiva.

La distribución de energía eléctrica es un monopolio natural por su característica de infraestructura de redes para el suministro de energía eléctrica. Justamente el uso de redes conlleva un riesgo del negocio, el de las pérdidas de energía. Esto último está relacionado a las condiciones de las instalaciones eléctricas entre otros factores.

Estas regulaciones hacen de la actividad una con costos elevados para cumplirlos, no obstante, el carácter regulado de la tarifa también le otorga a la empresa estabilidad respecto al flujo de caja, lo cual le permite tener mejores condiciones de financiamiento.

En el caso de la distribución, la dimensión geográfica es local, es decir la actividad no se circunscribe a un ámbito nacional, sino a localidades específicas de acuerdo a su contrato de concesión.

Asimismo, es pertinente señalar que en la distribución al mercado regulado existe un subsidio al consumo, vía el Fondo de Compensación Social (FOSE), en la que los usuarios cuyo consumo mayor a 100 kW subsidian a los que tienen menos de dicho consumo. Este es considerado un subsidio cruzado.

Finalmente, existen zonas rurales que se encuentran en gran parte bajo control de empresas estatales y las cuales se han ido incrementando el nivel de inversión del Estado como subsidio directo al acceso (inversión en infraestructura).

2.3 Marco regulatorio de la actividad de distribución

Si bien la actividad de distribución eléctrica se realiza sobre la base de la concesión o permiso (otorgado por la Municipalidad), la regulación tarifaria solo se da sobre aquellas que gozan de concesión, en vista que de acuerdo al artículo 121º de la Ley de Concesiones Eléctricas, las empresas que gozan de permiso fijan las condiciones del servicio con el usuario. No obstante, ello no implica que se encuentren exentas de supervisión por parte del regulador.

Las áreas de concesión de las empresas distribuidoras son de características diversas no solo geográficamente sino en términos socioeconómicos, lo cual hace difícil establecer un costo referencial único a ser cubierto por una tarifa. Esta diversidad exige que se establezca tipos de sistemas eléctricos, agrupado por características similares y por ende, con costos de servicio similares.

En ese sentido, la Ley de Concesiones Eléctricas permite que se definan sistemas eléctricos típicos (basados en densidad de instalaciones, clientes y carga). Para la Fijación Tarifaria del VAD y Cargos Fijos 2013 - 2017, el OSINERGMIN remitió su propuesta de sectores de distribución típicos a la Dirección General de Electricidad (DGE) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), que mediante la Resolución Directoral N° 154-2012 EM/DGE, estableció los sectores de distribución típicos siguientes:

Tabla 1. Sectores típicos de distribución

Sector Típico de Distribución	Denominación
Sector de Distribución Típico 1	Urbano de alta densidad.
Sector de Distribución Típico 2	Urbano de media densidad.
Sector de Distribución Típico 3	Urbano de baja densidad.
Sector de Distribución Típico 4	Urbano rural.
Sector de Distribución Típico 5	Rural de media densidad.
Sector de Distribución Típico 6	Rural de baja densidad.
Sector de Distribución Típico Sistemas Eléctricos Rurales (SER):	SER calificados según la Ley General de Electrificación Rural (LGER)

Para cada sector típico se selecciona un sistema eléctrico y se elabora una “empresa modelo” tomando en cuenta parámetros de eficiencia, dispersión geográfica y los niveles esperados de consumo (demanda esperada).

Así, usando esta metodología la tarifa de distribución se calcula cada cuatro años y considera: Costos asociados al usuario independiente del consumo; Pérdidas estándar de energía y potencia; Costos estándar de inversión estimados a valor de reemplazo (VNR), operación y mantenimiento por unidad de demanda suministrada (VAD).

El costo de distribución o valor agregado de distribución (VAD) obtenido luego es sometido a un reajuste en función a si la TIR (Tasa Interna de Retorno) esperada sea mayor o igual al 8% y menor o igual de 16%.

Cabe señalar que de acuerdo al Libro Blanco del Marco Regulatorio de la Distribución Eléctrica en el Perú (2009) elaborado por la Universidad Pontificia Comillas, la clasificación en sectores típicos hace que algunas empresas tengan menor rentabilidad que otras debido a la poca homogeneidad entre los sistemas de distribución, no siendo representativa para algunos casos. Estas diferencias no necesariamente se compensan dentro de cada empresa. La situación se vuelve más relevante si se considera que gran parte de los sectores típicos en los que se requiere mayor inversión pertenecen a empresas públicas.

Con fecha 24 de setiembre de 2015 se ha publicado en el Peruano el Decreto Legislativo N° 1221 Decreto Legislativo que mejora la Regulación de la Distribución de Electricidad para promover el acceso a la Energía Eléctrica en el Perú modificando veintitrés artículos de la Ley de Concesiones Eléctricas, se establecen requisitos para las concesiones eléctricas, se introduce el concepto de Zona de Responsabilidad Técnica (ZRT) que será determinada por el Ministerio de Energía y Minas; la ZRT comprende las áreas geográficamente definidas para lograr el acceso al servicio público de electricidad; estableciendo las responsabilidades de los concesionarios de distribución y el Ministerio de Energía y Minas (MEM) en estas zonas en lo relacionada al desarrollo de nuevos proyectos de electrificación. En relación al VAD se establece que se calcula individualmente para cada concesionario de distribución que preste servicio a más de cincuenta mil suministros, de acuerdo al procedimiento que fije el Reglamento, para los demás concesionarios de distribución, el VAD se calcula de forma agrupada, conforme lo aprobado por el MEM a propuesta de OSINERGMIN; es decir ya no se calculará el VAD para una empresa representativa por sector típico.

Asimismo, el Decreto Legislativo N° 1221 establece que en el VAD de cada concesionario, se incluirá adicionalmente un factor de reajuste que promueve el mejoramiento de la calidad del servicio. El cumplimiento de estos indicadores se realizará anualmente y no debe exceder el porcentaje del VAD que se define en el Reglamento. Los factores de reajuste se aplicarán

como incentivo o penalidad sobre el cumplimiento de metas anuales, conforme lo defina el Reglamento.

El DL N° 1221 es parte de la propuesta de la reforma en la regulación de la distribución eléctrica en el Perú, aún no se ha publicado la Reglamentación correspondiente, en este acápite se hace una breve indicación de los puntos más relevantes, por lo que se aclara que su revisión y análisis escapan del alcance del presente estudio.

2.4 Empresas eléctricas del sector distribución en el Perú

En la capital Lima el servicio público de Electricidad está a cargo de dos (2) empresas distribuidoras Luz del Sur y Edelnor (ambas de propiedad privada), en las demás regiones del país atienden en su mayoría empresas del Estado Peruano de las cuáles diez (10) empresas se desarrollan en el ámbito del FONAFE (Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado), y son las más representativas por la cantidad de clientes que atienden (59.8% del total nacional) y porque su área de influencia comprende cerca del 95% del territorio nacional en la selva, sierra y costa del Perú. Asimismo, se tiene empresas privadas y otras que realizan dicha la actividad de distribución de energía en virtud a un permiso otorgado por las Municipalidades, en concordancia con el artículo 121° de la Ley de Concesiones Eléctricas, así como una empresa que se encuentra bajo el control del Gobierno Regional La Libertad como un órgano desconcentrado de ejecución. En la Tabla 1 se muestran las empresas que atienden el servicio de distribución de energía eléctrica en el Perú.

Tabla 2. Empresas Distribuidoras del Perú

N°	Empresa	Razón Social	Propiedad	N°Clientes (2013)	%
1	ELECTRONOROESTE (ENOSA)	Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Noroeste S.A.	FONAFE	426,011	6.8%
2	ELECTRONORTE (ENSA)	Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Norte S.A.	FONAFE	399,950	6.4%
3	HIDRANDINA	Empresa de Servicio Público de Electricidad Electro Norte Medio S.A	FONAFE	708,728	11.4%
4	ELECTROCENTRO	Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Centro S.A.	FONAFE	639,675	10.3%
5	ELECTRO SUR ESTE (ELSE)	Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Sur Este S.A.A	FONAFE	412,284	6.6%
6	SEAL	Sociedad Eléctrica del Sur Oeste S.A.	FONAFE	354,498	5.7%
7	ELECTROSUR	Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Sur S.A.	FONAFE	141,885	2.3%
8	ELECTRO ORIENTE	Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad del Oriente S.A.	FONAFE	247,454	4.0%
9	ELECTRO PUNO	Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad de Puno S.A.A.	FONAFE	322,195	5.2%
10	ELECTRO UCAYALI	Empresa Concesionaria de Electricidad de Ucayali S.A	FONAFE	70,536	1.1%
11	ELECTRO TOCACHE	Electro Tocache S.A.	Municipal	15,701	0.3%
12	EMSEMSA	Empresa de Servicios Eléctricos Municipales de Paramonga S.A.	Municipal	7,702	0.1%
13	EMSEUSA	Empresa Municipal de Servicios Eléctricos Utcubamba S.A.	Municipal	8,426	0.1%
14	PROYECTO ESPECIAL CHAVIMOCHIC	Proyecto Especial Chavimochic	Gobierno Regional	7,445	0.1%
15	EPASA	Electro Pangoa S.A.	Municipal	1,744	0.0%
16	LUZ DEL SUR	Luz del Sur S.A.A.	Privada	959,859	15.4%
17	EDELNOR	Empresa de Distribución Eléctrica de Lima Norte S.A.A.	Privada	1,254,546	20.1%
18	ELECTRO DUNAS	Electro Dunas S.A.A.	Privada	206,588	3.3%
19	COELVISA	Consortio Eléctrico Villacuri S.A.	Privada	3,233	0.1%
20	EDECAÑETE	Empresa de Distribución Eléctrica de Cañete S.A	Privada	36,003	0.6%
21	SERSA	Servicios Eléctricos Rioja S.A.	Privada	6,155	0.1%
Total				6,230,618	100.0%
Total FONAFE (10)				3,723,216	59.8%
Total Pública Municipal y Regional (5)				41,018	0.7%
Total Privada (6)				2,466,384	39.6%

Elaboración propia. Fuente de datos: Página web FONAFE, MEM, OSINERGMIN, otros.

2.5. Regulación de la calidad del servicio en el Perú

2.5.1 Resumen histórico de la regulación de la calidad del servicio

Según la historia de normativa de electricidad del Perú, se ha regido principalmente por las siguientes leyes:

- Ley de la Industria Eléctrica - Ley N° 12378 (1955)
- Decreto Ley Normativo de la Electricidad - Ley N° 19521 (1972)
- Ley General de Electricidad - Ley N° 23406 (1982)
- Ley de Concesiones Eléctricas -Ley N° 25844 (1992)
- Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica - Ley N°28832 (2006)
- Ley General de Electrificación Rural y de localidades aisladas y de frontera – Ley N° 27744 (2002)
- Ley general de electrificación rural Ley N° 28749 (2006)

Estas leyes en el tema referido a la calidad del servicio han legislado lo siguiente:

Tabla 3. Resumen histórico de la regulación de calidad de servicio

Fecha	Normativa	Objeto General	Objeto referido a calidad de servicio
08.07.55	Ley de la Industria Eléctrica - Ley N° 12378	Fomentar el desarrollo y mejoramiento de la industria eléctrica; estimular inversión privada, regular la utilización y consumo de la energía eléctrica, establecer requisitos para otorgar concesiones.	Establece requisitos para la calidad de tensión, continuidad de servicio y atención al cliente; se complementaba con el primer Código Eléctrico del Perú que fue elaborado por la Asociación Electrotécnica Peruana en el año 1946. Esta ley estuvo vigente hasta 1972.
05.09.72	Decreto Ley Normativo de la Electricidad - Ley N° 19521	Establece la nacionalización de todas las empresas privadas que brindaban servicio y dispone la creación de la empresa estatal ELECTROPERU a la cual le confieren la gestión del Estado en el Sub sector eléctrico para el aprovechamiento de los recursos energéticos ligados a la producción, transmisión, distribución y comercialización en todo el país.	Dispuso que la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas elabore la "Ley General de Electricidad", y un nuevo "Código Nacional de Electricidad", donde se establezcan los requisitos de calidad del servicio, estructurado en cuatro tomos: Tomo I Prescripciones Generales; Tomo II Sistema de Generación; Tomo III Sistema de Transmisión; Tomo IV Sistema de Distribución y Tomo V Sistema de Utilización. El Tomo IV - Sistema de Distribución del CNE, aprobado por Resolución Ministerial N° 303-1978-EM/DGE 30.05.78, se establece parámetros sólo de calidad de tensión, no se mencionan parámetros de calidad de servicio respecto de la continuidad de suministro y de servicio al cliente.
1982	La Ley General de Electricidad (Ley N° 23406)	Aprovechamiento de los recursos energéticos con fines de producción de electricidad, así como las actividades relativas a la generación, interconexión, transmisión, distribución, comercialización y utilización de la energía eléctrica.	En relación a la calidad de servicio establece el cumplimiento de los requisitos que se señala el Código Nacional de Electricidad y las Normas Técnicas y Procedimientos Complementarios que apruebe la Dirección General de Electricidad.
18.11.92	La Ley de Concesiones Eléctricas (Ley N° 25844) y su Reglamento (Decreto Supremo N° 009-93-EM) aprobado el 19.02.93	Establece la reforma del sector eléctrico del Perú estableciendo la desintegración vertical de las actividades de generación, transmisión y distribución, estableciendo que podrán ser desarrolladas por personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras.	Establece que las empresas distribuidoras deben garantizar la calidad del servicio que fije en su contrato de Concesión y la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE).
09.10.97	Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos NTCSE (Decreto Supremo N° 020-97-EM) y la "Base Metodológica para la aplicación de la NTCSE" que se aprobó mediante Resolución del Consejo Directivo OSINERG N° 438-98-OS/CD, publicada el 17.11.98.	La NTCSE en concordancia con la Ley de Concesiones Eléctricas (Ley N° 25844) y su Reglamento (DS N° 009-93-EM) fija estándares mínimos de calidad. La NTCSE requirió de un documento normativo complementario Base Metodológica para su aplicación.	La NTCSE garantiza a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno. Los estándares mínimos fijados están referidos a la calidad de suministro, calidad de producto (tensión), calidad de servicio comercial y calidad de alumbrado público . La BM de la NTCSE describe los principios conceptuales y procedimientos para la estructuración de la Base de Datos que permita una efectiva aplicación y control de la NTCSE, para la transferencia de información a la autoridad, para la ejecución de las campañas de medición y registro y la aprobación de especificaciones técnicas del equipamiento a utilizarse para el control de calidad.
31.05.02	Ley general de electrificación rural y de localidades aisladas y de frontera Ley N° 27744	Establece que la electrificación rural debe tener normas específicas de diseño y construcción para zonas rurales, así como su Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos rurales y un régimen tarifario especial.	Establece que la electrificación rural debe tener Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos rurales.
23.07.06	Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica (Ley N° 28832)	Perfecciona las reglas establecidas en la Ley de Concesiones Eléctricas (Ley N° 25844) para asegurar la suficiencia de generación, propiciando la competencia en el mercado de generación.	Estableció que la NTCSE debía adecuarse a esta Ley N° 28832, dictándose diversas medidas para su adecuación en legislación complementaria y modificatoria de la NTCSE.
30.05.06	Ley general de electrificación rural Ley N° 28749 (reemplazó a la Ley N° 27744), y su Reglamento aprobado mediante D.S. N° 025-2007-EM (03.05.07)	Establece marco normativo para la promoción y el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación de zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país.	En lo referido a la calidad del servicio establecen que los Sistemas Eléctricos Rurales (SER) deberán contar con normas técnicas de calidad aplicables a la electrificación rural, emitidas por la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas (DGE-MEM)
01.07.08	Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos rurales (NTCSER) Resolución Directoral N° 016-2008-EM/DGE.	La NTCSER en concordancia con la Ley General de Electrificación Rural (Ley N° 28749) fija estándares mínimos de calidad.	La NTCSER asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los SER sin que represente una barrera para ampliar la cobertura eléctrica, debe garantizarse a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno. Los estándares mínimos fijados están referidos a la calidad de suministro, calidad de producto (tensión), calidad de servicio comercial y calidad de alumbrado público .
24.09.15	Decreto legislativo que mejora la Regulación de la Distribución para promover el acceso a la Energía Eléctrica en el Perú (DL N° 1221)	Establece cambios en la regulación de la distribución de la electricidad en el Perú.	Se agrega en el Valor Agregado de Distribución un factor de reajuste que promueve el mejoramiento de la calidad del servicio. El cumplimiento de los indicadores se revisará anualmente y no debe exceder el porcentaje del VAD que se define en el Reglamento del DL. Los factores de reajuste se aplican como incentivo o penalidad sobre el cumplimiento de las metas anuales. El reajuste contará con un período de adecuación el cual partirá desde los valores reales de los indicadores de calidad de cada concesionario de distribución hasta un valor objetivo. El incumplimiento de la calidad de suministro originará el pago de compensaciones a los clientes de acuerdo a lo que establezca el Reglamento, no generando adicionalmente la imposición de multas.

Fuentes: Pagina web MEM, OSINERGIN.

2.5.2. Normativa vigente sobre calidad de suministro.

Actualmente la normativa vigente de calidad en lo referido a la calidad de suministro del servicio establecida en los documentos siguientes:

- Ley de Concesiones Eléctricas
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos Rurales

- Procedimiento “Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos”, aprobado con Resolución OSINERG N° 074-2004-OS/CD

Esta normativa prescribe lo siguiente en relación a la calidad de suministro del servicio:

Tabla 4. Resumen de normativa vigente sobre la calidad de suministro

Normativa	Regula lo siguiente
Ley de Concesiones Eléctricas (Ley N° 25844)	<p>Artículo 86°.- Si el suministro de energía sufriera interrupción total o parcial por un período consecutivo mayor de cuatro horas, el concesionario deberá compensar a los usuarios por el costo de la potencia y energía no suministrada en las condiciones que establezca el Reglamento, excepto en las oportunidades en que ellas fueren originadas por causa imputable al usuario afectado.</p> <p>Artículo 103°.- Las municipalidades y/o los usuarios del Servicio Público de Electricidad comunicarán al OSINERG las interrupciones o alteraciones que se produzcan en el servicio, así como los defectos que se adviertan en la conservación y funcionamiento de las instalaciones.</p>
Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas (DS N°009-93-EM)	<p>Artículo 168°. Si se produjera la interrupción total o parcial del suministro, a que se refiere el Artículo 86° de la Ley, el concesionario de distribución deberá compensar al usuario bajo las siguientes condiciones:</p> <p>a) Todo período de interrupción que supere las cuatro horas consecutivas, deberá ser registrado por el concesionario. El usuario podrá comunicar el hecho al concesionario para que se le reconozca la compensación;</p> <p>b) La cantidad de energía a compensar se calculará multiplicando el consumo teórico del usuario por el cociente resultante del número de horas de interrupción y el número total de horas del mes. El consumo teórico será determinado según lo establecido en el segundo párrafo del Artículo 131° del Reglamento; y,</p> <p>c) El monto a compensar se calculará aplicando a la cantidad de energía, determinada en el inciso precedente, la diferencia entre el Costo de Racionamiento y la tarifa por energía correspondiente al usuario.</p> <p>Igualmente se procederá a efectivizar los correspondientes descuentos en los cargos fijos de potencia por la parte proporcional al número de horas interrumpidas y el número total de horas del mes.</p> <p>La compensación se efectuará mediante un descuento en la facturación del usuario, correspondiente al mes siguiente de producida la interrupción. Para este efecto no se considerarán las interrupciones programadas y comunicadas a los usuarios con 48 horas de anticipación</p> <p>Artículo 201°. El OSINERG sancionará a los concesionarios y entidades que desarrollan actividades de generación y/o transmisión y/o distribución de energía eléctrica, y/o clientes libres, así como al COES cuando incumpla sus obligaciones previstas en la Ley, el Reglamento o las normas técnicas, con multas equivalentes al importe de 100 000 a 2 000 000 kilovatios-hora, en los siguientes casos, según corresponda: 186</p> <p>d) Por incumplimiento de la obligación de compensar a los usuarios, de conformidad a lo dispuesto en los Artículos 57° y 86° de la Ley;</p> <p>j) Por no registrar las interrupciones a que se refiere el Artículo 168° del Reglamento;</p>
Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos NTCSE (Decreto Supremo N° 020-97-EM).	<p>La Calidad de Suministro es función de la continuidad del servicio eléctrico a los Clientes, es decir, de acuerdo a las interrupciones del servicio. Se toman en cuenta indicadores que miden el número de interrupciones del servicio eléctrico, la duración de las mismas y la energía no suministrada a consecuencia de ellas. El Período de Control de interrupciones es de seis (6) meses calendario de duración.</p> <p>No se consideran las interrupciones totales de suministro cuya duración es menor de tres (3) minutos ni las relacionadas con casos de fuerza mayor debidamente comprobados y calificados como tales por la Autoridad.</p> <p>La Calidad de Suministro se evalúa utilizando los siguientes dos (2) indicadores que se calculan para Períodos de Control de un semestre.</p> <p>a) Número Total de Interrupciones por Cliente por Semestre (N): Es el número total de interrupciones en el suministro de cada Cliente durante un Período de Control de un semestre: $N = \text{Número de Interrupciones} / \text{semestre}$.</p> <p>b) Duración Total Ponderada de Interrupciones por Cliente (D) Es la sumatoria de las duraciones individuales ponderadas de todas las interrupciones en el suministro eléctrico al Cliente durante un Período de Control de un semestre: $D = \sum (K_i \cdot d_i)$; (expresada en: horas).</p> <p>Se establecen Tolerancias por semestre para los indicadores N y D según Nivel de tensión son: Clientes en Muy Alta y Alta Tensión; Clientes en Media Tensión, Clientes en Baja Tensión.</p> <p>Se establecen Compensaciones por mala calidad de suministro que los Suministradores deben compensar a sus Clientes por aquellos suministros en los que se haya comprobado que la calidad del servicio no satisface los estándares fijados en la Norma. Las compensaciones establecidas en esta Norma son complementarias a las de la LCE y del Reglamento. En consecuencia, de los montos de las compensaciones por mala calidad de suministro, calculadas de acuerdo a esta Norma, se descuentan aquellos montos pagados conforme la LCE y del Reglamento, abonándose la diferencia, al Cliente, por la mala calidad de suministro eléctrico recibido.</p> <p>Las compensaciones se calculan semestralmente en función de la Energía Teóricamente No Suministrada (ENS), el Número de Interrupciones por Cliente por Semestre (N) y la Duración Total Acumulada de Interrupciones (D), de acuerdo a las siguientes fórmulas:</p> <p>Compensaciones por Interrupciones = e · E · ENS; Donde: e: Es la compensación unitaria por incumplimiento en la Calidad de Suministro, cuyos valores son establecidos en US\$/kW.h, por Etapas de aplicación de la NTCSE: 1ra. Etapa: e = 0,00, 2da. Etapa: e = 0,05, 3ra Etapa: e = 0,35; E: Es el factor que toma en consideración la magnitud de los indicadores de calidad de suministro y está definido en función de los valores N y D según fórmula definida en la NTCSE. ENS es la energía teóricamente no suministrada al cliente según fórmula definida en la NTCSE.</p> <p>La NTCSE ha sido modificada desde su publicación en varias oportunidades, mediante Decreto Supremo No 020-97-EM del 10.09.2010, se modificó entre otros el Numeral 1.3 de la NTCSE, estableciendo que los indicadores de calidad N y D, miden exclusivamente la calidad de suministro que entrega un Suministrador a sus clientes, precisando que estos no son indicadores de performance del Suministrador, ni de la operación del sistema eléctrico, establece que de requerirse tales indicadores de performance, éstos deberán ser establecidos mediante Resolución Ministerial y se calculan excluyendo los efectos de las fallas no imputables a cada Suministrador. Asimismo resaltan que en ningún caso se fiscalizará la calidad del servicio con los dos tipos de indicadores, por lo que no se aplicarán compensaciones y/o sanciones sobre la base de los dos tipos de indicadores simultáneamente, debiendo prevalecer los indicadores de calidad establecidos en la NTCSE.</p> <p>Asimismo, mediante Resolución Ministerial N° 163-2011-MEM/DM, de fecha 01.04.2011, se establecen los indicadores de performance de la NTCSE: Para sistemas de distribución: Frecuencia de interrupciones promedio del Sistema y Duración de interrupciones promedio del sistema; y para Sistemas de Transmisión: Frecuencia de falla de subestaciones, Frecuencia de fallas de Líneas, Disponibilidad de Subestaciones y Disponibilidad de Líneas.</p>
Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos rurales (NTCSER) Resolución Directoral N° 016-2008-EM/DGE	<p>La Calidad de Suministro en cada Servicio Eléctrico Rural (SER) se expresa en función de la continuidad del servicio eléctrico a los Clientes, es decir, de acuerdo a las interrupciones del servicio por deficiencias originadas en el mismo SER. Las interrupciones del servicio eléctrico en el SER que hayan ocurrido por fallas en las instalaciones de generación y/o transmisión del SEIN, serán tratadas conforme a lo establecido en el numeral 8.1.2, las mismas que no son consideradas en el cálculo de los indicadores de calidad definidos en la NTCSE.</p> <p>Para evaluar la Calidad de Suministro, se toman en cuenta indicadores que miden el número de interrupciones del servicio eléctrico y la duración de las mismas, originadas en el SER. El Período de Control de interrupciones es de seis (6) meses calendario de duración.</p> <p>No se consideran las interrupciones totales de suministro cuya duración es menor de tres (3) minutos ni las relacionadas con casos de fuerza mayor debidamente comprobados y calificados como tales por el OSINERGMIN.</p> <p>Los Indicadores de la Calidad de Suministro se evalúan considerando sólo las interrupciones que se originan en cada SER, utilizando los siguientes dos (2) indicadores que se calculan para Períodos de Control de un semestre y para cada nivel de tensión (BT y MT).</p> <p>a) Número de Interrupciones por Cliente (NIC), Es el número de interrupciones promedio por Cliente, originadas en el SER durante un Período de Control de un semestre: $NIC = \sum (C_i) / CT$; (expresada en: interrupciones/semestre). Donde: C_i: Cantidad de Clientes afectados por la interrupción (i). CT: Cantidad total de Clientes en el SER.</p> <p>b) Duración de Interrupciones por Cliente (DIC), Es la duración ponderada acumulada de interrupciones promedio por Cliente, originadas en el SER durante un Período de Control de un semestre: $DIC = \sum (C_i \cdot d_i) / CT$; (expresada en: horas); Donde: d_i: Es la duración individual de la interrupción (i).</p> <p>K_i: Factores de ponderación de la duración de las interrupciones por tipo (programadas, por expansión o reforzamiento, por mantenimiento).</p> <p>Se establecen Tolerancias por semestre para los indicadores NIC y DIC según Nivel de tensión: Clientes en Media Tensión y Clientes en Baja Tensión, clasificando a los SER en dos tipos “Rural Concentrado” (actual Sector de Distribución Típico 4), y “Rural Disperso” (actual Sector de Distribución Típico 5, Especial y a aquellos nuevos Sectores de Distribución Típicos que se establezcan con mayor nivel de dispersión).</p> <p>Se establecen Compensaciones que De superarse, por causas originadas en el SER, las tolerancias de los indicadores de Calidad del Suministro establecidas, el Suministrador deberá efectuar el pago de compensaciones que será abonado por los Suministradores a OSINERGMIN a fin que este organismo, anualmente, transfiera al MEM para los recursos para el desarrollo de la electrificación rural. Sólo en caso de interrupciones del servicio eléctrico en el Suministro en el SER conectados al SEIN, que sean originadas por cualquier causa no producida en el SER, dará lugar al pago de compensaciones a los Clientes afectados del SER por aplicación extensiva de la NTCSE.</p> <p>Las compensaciones se calculan semestralmente. Compensación por Interrupciones = e · E · ENS; Donde: e: Es la compensación unitaria por incumplimiento con la Calidad de Suministro, cuyos valores son: Primera Etapa : e = 0,00 US\$/kW.h; Segunda Etapa : e = 0,35 US\$/kW.h; E : Es el factor que considera la magnitud de los indicadores de calidad de suministro NIC y DIC según fórmula definida en la NTCSE; y ENS: Es la energía teóricamente no suministrada a los Clientes del Suministrador en un SER determinado, según fórmula definida en la NTCSE.</p>
Procedimiento “Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos”.	<p>En el periodo 1997 al 2004 el control de la calidad de suministro a los usuarios, se efectuó mediante la aplicación de la Norma Técnica de la Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), que se orienta a la calidad del suministro por usuario y cuando superaban las tolerancias las concesionarias compensaban al usuario afectado. Lo cual presentaba tres importantes restricciones: a) Indicadores de interrupciones no adecuados para la evolución de la performance de los sistemas eléctricos. b). Asimetría de la Información y alcance limitado solamente a las zonas donde se aplicaba la NTCSE. c) Carencia de señales económicas para motivar inversiones.</p>

aprobado con Resolución OSINERG N° 074-2004-OS/CD	<p>El Procedimiento de "Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos", aprobado con Resolución OSINERG N° 074-2004-OS/CD, tuvo por objeto afrontar las restricciones indicadas, siendo sus objetivos los siguientes:</p> <p>a) Que las concesionarias de distribución reporten información complementaria a la NTCSE de las interrupciones ocurridas en todos los sistemas eléctricos de su concesión: Las interrupciones importantes; que afectan a todo un sistema eléctrico, o cuando el número de usuarios afectados es el 5% o más (se considerarán a aquellas que afecten más de 5000 usuarios), la empresa distribuidora está obligada a informar a OSINERGMIN, vía web este hecho en las siguientes 12 horas de ocurrido el evento. El control de veracidad de las interrupciones reportadas se efectúa mediante el registro de interrupciones con equipos propios de la supervisora (equipos testigos), ubicados en localizaciones desconocidas por la distribuidora. Se instalan equipos testigos en los alimentadores de media tensión, para determinar si las interrupciones fueron parciales o totales. Estos equipos se instalan por un periodo mínimo de dos meses, el resultado de las interrupciones registradas y reportadas por la empresa se les comunica mediante el informe de supervisión.</p> <p>b) Establecer indicadores de performance que refleje el desempeño de los componentes de las instalaciones de los sistemas eléctricos: Se establecieron dos indicadores de continuidad y la cuantificación de la fiabilidad de los sistemas eléctricos de potencia, cuya terminología está definida en la guía del Trial – Use Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices (IEEE), Indicador SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) Está orientado a evaluar la frecuencia y vulnerabilidad de las instalaciones eléctricas ante las maniobras e indisponibilidades que afectan a los sistemas eléctricos, estas pueden ser internas (sistemas de protección, diseño de redes, estado instalaciones) y externos (medio ambiente y terceros). Además conocer las causas que la originan. Indicador SAIDI (System Average Interruption Duration Index), Está orientado a evaluar en duración, la gestión de las concesionarias para la reposición del servicio ante una interrupción (está relacionado con los recursos disponibles como: cuadrillas, vehículos, materiales, medios de comunicación, además las vías de acceso, la longitud de redes, etc) Estos indicadores permiten evaluar la gestión de las empresas e identificar los componentes interrumpidos de los sistemas eléctricos, pudiendo discriminar las que corresponden por su origen (sistemas de distribución, transmisión o generación) por su naturaleza (programada o no programada), responsabilidad (propia o de terceros) entre otros aspectos. A partir del año 2008, OSINERGMIN fijó los Desempeños Esperados (tolerancias), de los referidos indicadores a nivel de Media Tensión, para cada sector típico y para cada año.</p> <p>c) Establecer señales económicas para motivar inversiones en los sistemas de distribución. En base a los indicadores, a partir del año 2008, OSINERGMIN también estableció la escala de multas contenido en el anexo N° 13 de la Escala de Multas y Sanciones de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica aprobada mediante la Resolución N° 590-2007-OS/CD del 04 de octubre del 2007, el cual fue aplicado a partir del 2009. La escala de multas establecida por OSINERGMIN permite a las concesionarias evaluar los beneficios y costos que significa la trasgresión de las tolerancias esperadas, para que prioricen la mejora de la calidad de suministro a los usuarios. Mediante Resolución Ministerial N° 163-2011-MEM/DM, de fecha 01 de abril 2011, el Ministerio de Energía y Minas, ha precisado la forma de aplicación de las multas teniendo en cuenta los montos de las compensaciones efectuadas a los usuarios: En ningún caso se fiscalizará la calidad del servicio con los dos tipos de indicadores, por lo que no se aplicarán compensaciones y/o sanciones sobre la base de los dos tipos de indicadores simultáneamente, debiendo prevalecer los indicadores de calidad establecidos en la NTCSE. Por otro lado, el FONAFE ha considerado dentro del Plan de Inversiones del año 2010 de las empresas distribuidoras, el cumplimiento de las tolerancias de los indicadores de performance.</p>
---	--

2.6. Empresas de distribución bajo el ámbito del FONAFE

2.6.1 Marco normativo y legal

El Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado – FONAFE es una empresa de Derecho Público adscrita al Sector Economía y Finanzas creada por la Ley No. 27170, que entró en vigencia el 10.09.99, dando origen al FONAFE como la Entidad encargada de normar y dirigir la actividad empresarial del Estado, asumiendo las funciones de la desaparecida Oficina de Instituciones y Organismos del Estado –OIOE.

Según el Informe Final del Plan Estratégico Corporativo (PEC) 2013 – 2017 del FONAFE, bajo el ámbito de FONAFE se encuentran las empresas que cuentan con participación mayoritaria del Estado, sea que se encuentren activas o en proceso de liquidación, y las empresas que le han sido entregadas por encargo, cuyo detalle se muestra a continuación:

- Empresas de distribución de energía eléctrica: Electro Oriente, Electro Ucayali, Hidrandina, Electrocentro, Electronoroeste, Electro Sur Este, SEAL, Electronorte, Electrosur, Electro Puno, Adinelsa.
- Empresas de generación de Energía Eléctrica: Egasa; Egemsa; Electroperu; Egesur y San Gabán.
- Empresas Financieras: Banco de la Nación, COFIDE, Fondo Mi Vivienda, Agrobanco,
- Empresas de infraestructura no eléctrica: Sedapal, Corpac, Serpost, Enapu.
- Empresas diversas: SIMA Perú, SIMA Iquitos, FAME, ENACO, Perupetro, Activos Mineros, Editora Perú.

Con relación a la conformación del Directorio y facultades principales del FONAFE, en el artículo 9º del Reglamento de la Ley No. 27170, aprobado mediante Decreto Supremo No. 072-2000-EF, modificado mediante Decreto Supremo No. 115-2004-EF se dispone lo siguiente:

FONAFE cuenta con un Directorio conformado por seis miembros, todos ellos Ministros de Estado de los siguientes sectores: Economía y Finanzas; Transportes y Comunicaciones; Vivienda, Construcción y Saneamiento; Energía y Minas; el Ministro a cuyo sector esté adscrito PROINVERSIÓN; y, Presidencia del Consejo de Ministros. Sin embargo, dado que PROINVERSIÓN se encuentra adscrita al Ministerio de Economía y Finanzas, en la práctica el Directorio de FONAFE está compuesto por cinco Ministros de Estado, quienes tienen entre sus facultades principales, las siguientes:

- (I) Ejercer la titularidad de las acciones representativas del capital social de todas las empresas (creadas o por crearse) en las que participa el Estado y administrar los recursos provenientes de dicha titularidad.
- (II) Aprobar el presupuesto consolidado de las empresas en las que FONAFE tiene participación mayoritaria, en el marco de las normas presupuestales correspondientes.
- (III) Aprobar las normas de gestión en dichas empresas.
- (IV) Designar a los representantes ante la Junta General de Accionistas de las empresas en las que tiene participación mayoritaria.

Bajo el ámbito de FONAFE se encuentran únicamente las empresas que cuentan con participación mayoritaria del Estado, sea que dichas empresas se encuentren activas o en proceso de liquidación. Asimismo, se encuentran bajo su ámbito las empresas que le han sido entregadas por encargo.

2.7. Resultados de calidad de suministro del servicio de las empresas de la corporación FONAFE.

Para el control de la “calidad de suministro” la NTCSE establece los indicadores siguientes: Los indicadores N^1 y D^2 que miden la calidad de suministro que entrega un Suministrador a sus clientes y los indicadores de performance de los sistemas eléctricos SAIFI³ y SAIDI⁴ referidos a la operación de los sistemas eléctricos por las empresas distribuidoras.

Los resultados obtenidos en estos indicadores durante los años 2012 al 2014 muestran mejores resultados en la ciudad de Lima en comparación con los resultados del Resto del país, tal y como se muestra en la información publicada por OSINERGMIN, en las Figura 1, Figura 2 y Figura 3, en este período los valores del SAIFI, SAIDI y el porcentaje de clientes compensados por calidad de suministro en el “Resto de País” fue más del doble que en Lima.

¹ El indicador Número Total de Interrupciones por Cliente por Semestre (N), es el número total de interrupciones en el suministro de cada Cliente durante un Período de Control de un semestre: $N = \text{Número de Interrupciones}$; (expresada en: interrupciones / semestre).

² El indicador Duración Total Ponderada de Interrupciones por Cliente (D) Es la sumatoria de las duraciones individuales ponderadas de todas las interrupciones en el suministro eléctrico al Cliente durante un Período de Control de un semestre: $D = \sum (K_i \cdot d_i)$; (expresada en: horas).

³ Indicador SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) Está orientado a evaluar la frecuencia y vulnerabilidad de las instalaciones eléctricas ante las maniobras e indisponibilidades que afectan a los sistemas eléctricos, estas pueden ser internas (sistemas de protección, diseño de redes, estado instalaciones) y externos (medio ambiente y terceros). Además conocer las causas que la originan.

⁴ . Indicador SAIDI (System Average Interruption Duration Index), Está orientado a evaluar en duración, la gestión de las concesionarias para la reposición del servicio ante una interrupción (está relacionado con los recursos disponibles como: cuadrillas, vehículos, materiales, medios de comunicación, además las vías de acceso, la longitud de redes, etc.)

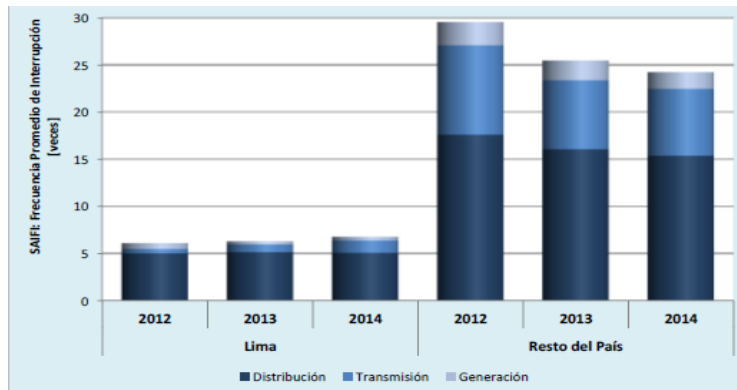


Figura N° 1. Evolución del indicador SAIFI a Nivel Nacional Período 2012 al 2014

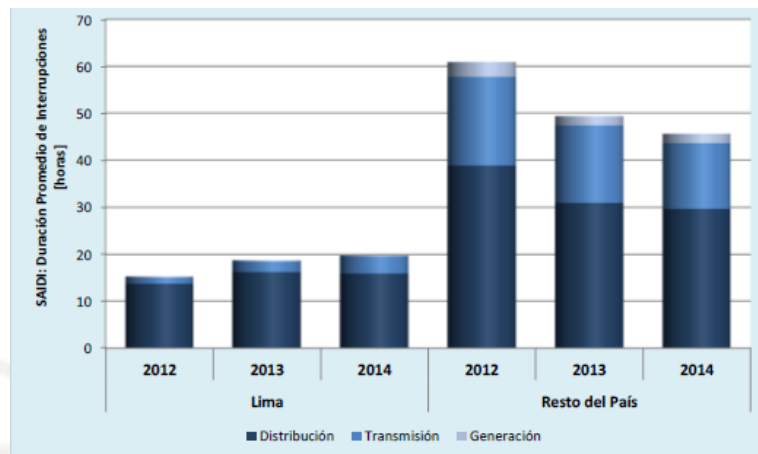


Figura N° 2. Evolución del indicador SAIDI a Nivel Nacional Período 2012 al 2014

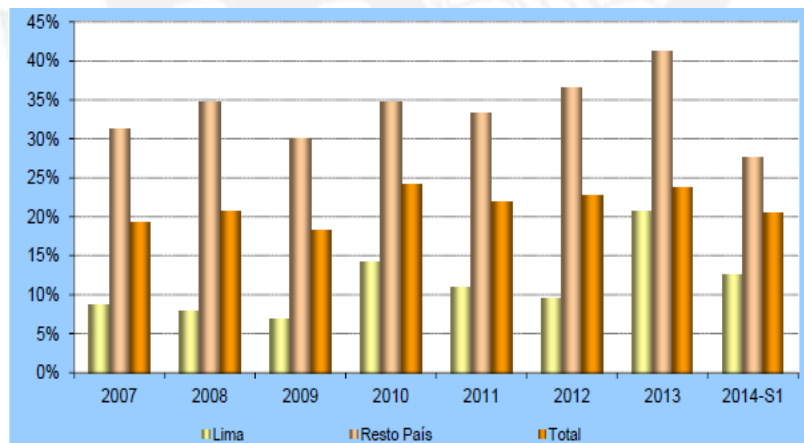


Figura N° 3. Evolución del porcentaje de clientes compensados por calidad de suministro

2.8 Compensaciones por calidad de suministro del servicio de las empresas de la corporación FONAFE

Según lo mostrado en el Tabla 5, entre los años 2008 al primer semestre del 2014, las empresas del FONAFE han realizado compensaciones a sus clientes por incumplimiento de la calidad de suministro en lo referido a los indicadores N y D, por más de 31 millones de dólares.

Tabla 5: Compensaciones por calidad de suministro en las empresas distribuidoras de FONAFE

Empresa	2008 S1	2008 S2	2009 S1	2009 S2	2010 S1	2010 S2	2011 S1	2011 S2	2012 S1	2012 S2	2013 S1	2013 S2	2014 S1	TOTAL
ENOSA	269.95	93.39	751.85	87.88	131.27	139.03	136.15	170.85	369.38	232.93	107.23	288.83	296.91	3,076
ENSA	217.64	123.38	158.12	76.98	172.14	108.76	19.77	338.28	253.89	275.81	94.25	239.98	168.84	2,248
HIDRANDINA	376.39	287.98	284.21	128.01	231.40	203.30	143.95	438.76	474.27	464.30	259.84	817.76	725.58	4,836
ELECTROCENTRO	197.49	297.70	104.68	142.69	152.47	186.30	151.02	163.19	166.56	153.21	57.67	244.98	150.13	2,168
ELSE	43.12	109.55	633.72	692.81	159.64	396.49	94.22	278.65	224.11	244.56	140.67	297.11	140.85	3,455
SEAL	141.44	68.51	65.59	201.69	168.50	271.48	242.71	160.13	350.55	230.77	165.66	200.31	179.44	2,447
ELECTROSUR	86.96	80.35	94.05	239.85	297.19	203.50	153.29	104.75	99.33	266.68	193.04	166.01	266.01	2,251
ELECTRO ORIENTE	86.43	261.26	179.27	98.75	1,089.01	1,444.52	1,529.26	1,884.12	314.45	423.78	293.61	272.02	705.90	8,582
ELECTRO PUNO	3.04	58.08	33.63	21.81	26.66	28.64	12.99	0.00	40.24	34.30	5.02	21.73	65.51	352
ELECTRO UCAYALI	38.28	68.38	74.29	97.90	74.08	314.08	195.25	125.14	24.37	620.47	32.17	189.68	37.86	1,892
Total	1,461	1,449	2,379	1,788	2,502	3,296	2,679	3,664	2,317	2,947	1,349	2,738	2,737	31,307

Elaboración propia. Fuente de Datos: Página web OSINERGMIN.

Es decir, considerando los resultados de los indicadores de calidad técnica y los montos de las compensaciones económicas a los clientes establecidos en la NTCSE en las empresas distribuidoras de FONAFE, el problema de la calidad técnica del servicio es importante **para la mejora de su eficiencia**, porque inciden en sus resultados económicos, la imagen de las empresas ante sus clientes, y porque en cierta medida afecta el crecimiento y sostenibilidad económica y social del país.

2.9 Medición de la eficiencia en las empresas de distribución del FONAFE

Las empresas del FONAFE se encuentran regidas por el DECRETO LEGISLATIVO N° 1031 *Decreto Legislativo que promueve la eficiencia de la actividad empresarial del Estado*, que en relación a la eficiencia establece lo siguiente:

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto

El presente Decreto Legislativo tiene por objeto promover la eficiencia de la Actividad Empresarial del Estado, principalmente en lo que se refiere a sus principios, naturaleza, organización, conducción, funciones, gestión, recursos y su vinculación con los Sistemas Administrativos del Estado.

Para tal efecto, se establece disposiciones que buscan promover una gestión eficiente y autónoma y un sistema de control adecuado, en un contexto de transparencia

Asimismo el Reglamento del DECRETO LEGISLATIVO N° 103, en relación a la eficiencia establece lo siguiente:

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

[...]

Artículo 2.- Principios Generales

Las Empresas del Estado se rigen por los siguientes principios:

[...]

d) Planificación y Racionalidad en el gasto

Se debe promover el ahorro interno y garantizar la asignación de recursos financieros, en función de los planes estratégicos y operativos, enfatizando la responsabilidad de los Directorios en el manejo **eficiente** de las Empresas del Estado.

[...]

l) Rentabilidad

Se debe buscar el uso **eficiente** y rentable de los activos que administran las Empresas del Estado, procurando alcanzar un equilibrio económico adecuado

[...]

Artículo 6.- Uso de los recursos de las Empresas

Los recursos de las Empresas del Estado -incluidos los de FONAFE- deben utilizarse para el logro de sus objetivos en el marco de una gestión moderna, transparente y **eficiente**, y en concordancia con la política corporativa definida por FONAFE y con los planes estratégicos y operativos correspondientes. Las Empresas son independientes entre sí, por lo que cada una hace frente a sus obligaciones con sus propios recursos, en aplicación de los principios de rentabilidad, pluralismo económico y responsabilidad limitada.

[...]

CAPÍTULO VII

CONVENIOS DE GESTIÓN Y ESTADOS FINANCIEROS

Artículo 26.- Convenios de gestión

26.1 Mediante los Convenios de gestión que FONAFE suscribe con las Empresas del Estado se promueve la eficiencia económica y la gestión adecuada y transparente de las mismas, así como la consecución de las metas empresariales y corporativas. Los Convenios pueden involucrar a varias Empresas a la vez y contar con la participación de terceros.

26.2 Los Convenios de Gestión deben contemplar ratios, herramientas de medición o indicadores de desempeño respecto al cumplimiento de los objetivos de los Planes Estratégicos de las Empresas, de las políticas corporativas y del Plan Estratégico Corporativo de FONAFE, así como de los principios del Buen Gobierno Corporativo. Asimismo, deben incluir ratios, herramientas de medición o indicadores que permitan medir el desempeño financiero, la utilización de los recursos de la Empresa, la innovación y la calidad en la prestación de bienes y servicios, y otros que disponga FONAFE (2010:12).

Con base en estos Convenios de Gestión, FONAFE y las empresas de distribución han definido indicadores financieros, técnicos, administrativos, de calidad y otros para evaluar la gestión de las empresas del sector eléctrico de distribución de energía que administra.

Según la Tabla 6 (Cuadro N° 25 del Informe Final del Plan Estratégico Corporativo (PEC) 2013 – 2017 del FONAFE), uno de los Objetivos Estratégicos Generales de las empresas es “OEG2. Incrementar la eficiencia a través de la excelencia operacional”, y los objetivos específicos de dicho objetivo general son “OEE2. Incrementar la eficiencia de la corporación” y “OEE 6. Alcanzar niveles de excelencia en los procesos de la corporación”.

Tabla 6: Objetivos Estratégicos Generales y Específicos de FONAFE

Objetivo Estratégico General	Objetivo Estratégico Específico	
OEG 1. Impulsar el crecimiento de las empresas para contribuir al desarrollo del país	OEE 1. Incrementar la creación de valor económico de la corporación.	OEE 9. Optimizar la gestión del portafolio de empresas de FONAFE
	OEE 3. Fomentar el crecimiento de las empresas de FONAFE de acuerdo a las necesidades del país	
OEG 2. Incrementar la eficiencia a través de la excelencia operacional	OEE 7. Incrementar el acceso al financiamiento para las empresas de FONAFE	OEE 10. Impulsar el mejoramiento del marco normativo que afecta a la corporación FONAFE
	OEE 2. Incrementar la eficiencia de la corporación.	
OEG 3. Impulsar la creación de valor social	OEE 6. Alcanzar niveles de excelencia en los procesos de la corporación.	
	OEE 4. Crear valor social en las empresas de FONAFE.	
	OEE 5. Posicionar a FONAFE como una corporación cuyas empresas brindan servicios de calidad que benefician al país.	
OEG 4. Fortalecer el talento humano, la organización y el uso de las TIC en la corporación	OEE 8. Mejorar la Gestión de la Responsabilidad Social Empresarial de la corporación FONAFE.	
	OEE 11. Mejorar el uso de las TIC, alineados con la Estrategia de Gobierno Electrónico	
	OEE 12. Fortalecer la gestión del talento humano, la cultura y la organización corporativa.	

Elaboración: GERENS

Según la Tabla 7 (Cuadro N° 28 del Informe Final del Plan Estratégico Corporativo (PEC) 2013 – 2017 del FONAFE, referido a los Planes de acción general por objetivo estratégico específico) FONAFE tiene planeado incorporar en el sistema de evaluación de desempeño, el módulo de gestión de la eficiencia corporativa basada en indicadores, con el propósito de:

- Estandarizar en toda la corporación la definición de “eficiencia” y sus formas de medición.
- Desarrollar una metodología para medir la eficiencia de la corporación: (1) global; (2) centro corporativo; (3) de cada cartera; (4) de cada empresa.
- Definir los indicadores y línea base.
- Automatizar un sistema de gestión de la eficiencia basado en indicadores.

Tabla 7: Tabla de Planes de Acción generales de los Objetivos Estratégicos Específicos de la Corporación FONAFE.

OEE 2. Incrementar la eficiencia de la Corporación									
Plan de Acción General (PAG)	Indicador / Hito	UM	Línea Base	Metas / Cronograma					Responsables
				2013	2014	2015	2016	2017	
2.1 Incorporar en el sistema de evaluación del desempeño, el módulo de gestión de la eficiencia corporativa basado en indicadores.	Avance en el desarrollo del sistema de gestión de indicadores	%					100%		RE: SP RS: GPD
<ul style="list-style-type: none"> • Estandarizar en toda la corporación la definición de “eficiencia” y sus formas de medición • Desarrollar una metodología para medir la eficiencia de la corporación: (1) global; (2) del centro corporativo; (3) de cada cartera; (4) de cada empresa¹⁰⁷ • Definir los indicadores y líneas de base • Automatizar un sistema de gestión de la eficiencia basado en indicadores. 									

¹⁰⁷ Alineado al Sistema de Gestión Estratégica Corporativa, ver PAG 6.7

Ahora bien, las empresas distribuidoras de la corporación FONAFE han definido sus propios Planes estratégicos alineados al Plan Estratégico Corporativo (PEC) 2013 – 2017 del FONAFE, definiendo 17 indicadores, según se muestra en la Tabla 8 siguiente:

Tabla 8: Planes estratégicos de las empresas distribuidoras alineados al Plan estratégico del FONAFE.

Perspectiva	Objetivo Estratégico FONAFE	Objetivo Estratégico Empresa	Objetivo Específico Empresa	Indicador	Unidad de Medida	Forma de Cálculo
Financiera	Impulsar el crecimiento de las empresas para contribuir al desarrollo del país	Maximizar la creación de valor económico	Lograr una rentabilidad sostenida	Rentabilidad patrimonial - ROE	Porcentaje	$(\text{Ganancia (Pérdida) Neta del ejercicio} / \text{Total Patrimonio al cierre del ejercicio anterior}) \times 100$
				Rentabilidad operativa - ROA	Porcentaje	$(\text{Ganancia o Pérdida Operativa} / \text{Total Activo al cierre del año anterior}) \times 100$
				Margen de ventas	Porcentaje	$(\text{Ganancia (Pérdida) Neta del ejercicio} / \text{Total de Ingresos de Actividades Ordinarias del ejercicio}) \times 100$
			Incrementar los ingresos y optimizar los costos	Rotación de activos	Porcentaje	$(\text{Total de Ingresos de Actividades Ordinarias del ejercicio} / \text{Total Activos del ejercicio}) \times 100$
				Incremento de la venta de energía a clientes	Porcentaje	$(\text{Venta de energía en MWh del ejercicio} / \text{Venta de energía en MWh del ejercicio anterior} - 1) \times 100$
				Pérdidas de energía totales	Porcentaje	$((\text{Energía total entregada} - \text{Energía vendida}) / (\text{Energía total entregada})) \times 100$
Clientes y Grupos de Interés	Impulsar la creación de valor social	Crear valor social	Fortalecer las relaciones con los grupos de interés y el medio ambiente.	Implementación del Programa de Responsabilidad Social Empresarial	Porcentaje	$(\text{Número de actividades implementadas} / \text{Número de actividades programadas}) \times 100$
				Percepción del alcance de la misión social de la empresa	Porcentaje	Porcentaje de clientes con buena percepción del alcance de la misión social de la empresa en base a encuesta.
			Promover la electrificación rural, el uso productivo de la electricidad y energías renovables	Número de usuarios incorporados por electrificación rural	Número	Número de usuarios incorporados por electrificación rural
		Mejorar la imagen empresarial	Garantizar la calidad del suministro eléctrico y mejorar el servicio de atención al cliente	Índice de satisfacción de los usuarios con el servicio de energía eléctrica	Porcentaje	Porcentaje de clientes satisfechos y muy satisfechos en base a encuesta.
			Promover la preservación del medio ambiente	Descarte de presencia de Bifosfos Policlorados - PCB	Porcentaje	$(\text{Cantidad de transformadores analizados} / \text{Cantidad de transformadores programados}) \times 100$
			Incrementar la eficiencia a través de la excelencia operacional	Mejorar los procesos de gestión interna y gobierno corporativo	Incorporar buenas prácticas de gestión corporativa	Implementación del Código de Buen Gobierno Corporativo
Fortalecer el control de la gestión empresarial	Implementación del Sistema de Control Interno	Porcentaje			$(\text{Número de actividades implementadas} / \text{Número de actividades programadas}) \times 100$	
Procesos Internos			Ampliar y mejorar la infraestructura eléctrica	Duración promedio de interrupciones del sistema - SAIDI	Número	$(\sum (\text{Usuarios afectados} \times \text{Duración de la interrupción en horas}) / \text{Total Usuarios})$
				Frecuencia promedio de interrupciones del sistema - SAIFI	Veces	$(\sum (\text{Usuarios afectados} \times \text{Número de interrupciones}) / \text{Total Usuarios})$
Aprendizaje	Fortalecer el talento humano, la organización y el uso de las TIC en la corporación	Fortalecer la gestión del talento humano	Lograr un ambiente de trabajo que fomente la productividad laboral	Clima Laboral	Porcentaje	Porcentaje de satisfacción laboral en base a estudio realizado
			Fortalecer el desarrollo del personal	Mejora de competencias	Porcentaje	$(\text{Cursos realizados para mejorar competencias} / \text{Cursos programados}) \times 100$

Nota: LB: Línea Base, PD: Por definir

Como se puede apreciar en la Tabla 8, las empresas de distribución de la corporación FONAFE han definido dentro del objetivo estratégico de FONAFE “Incrementar la eficiencia a través de la excelencia operacional” su propio objetivo estratégico (Mejorar los procesos de gestión interna y gobierno corporativo); con los objetivos específicos (Incorporar buenas prácticas de gestión corporativa, fortalecer el control de la gestión empresarial, Ampliar y mejorar la infraestructura eléctrica) y sus respectivos indicadores (Implementación del Código de Buen Gobierno Corporativo, Implementación del Sistema de Control Interno y SAIDI – SAIFI).

FONAFE en base a estos parámetros e indicadores, realiza de forma individual para cada empresa, la revisión del cumplimiento o no de lo definido para cada indicador, asignándole un puntaje porcentual por el cumplimiento de cada indicador y luego obtiene un resultado global que resulta del promedio de los porcentajes obtenidos para cada indicador. Este tipo de indicadores así como su forma de evaluación, si bien sirven como herramientas para evaluar la gestión de las empresas de manera individual, se quedan cortos para determinar la eficiencia y productividad de las empresas de distribución de FONAFE, así como para realizar la evaluación comparativa de las mismas, al respecto Abbot menciona:

Existen multitud de indicadores para medir el desempeño de una empresa o sector, siendo los más empleados la tasa interna de retorno, rentabilidad y los precios (Abbot, 2006). Ahora bien, el sector de distribución de energía en mercados competitivos opera bajo condiciones de control de precios y costos regulados en función de eficiencia operativa y suficiencia financiera, lo cual hace que los indicadores financieros tradicionales de medición de desempeño no permitan determinar con precisión el desempeño

real de las empresas ni realizar un adecuado benchmarking dentro del sector y por el contrario pueden inducir distorsiones en la medición (Abbot, 2006).

Asimismo, en la página web de FONAFE se publica un Ranking de desempeño de las empresas, que es un reporte que mide la gestión de las empresas en función a los resultados obtenidos en los siguientes aspectos: Transparencia, Nivel de Inversiones e Indicadores de Gestión y Financieros. Según se indica el objetivo del Ranking es que las empresas tengan elementos de comparación y de medición que les sirvan de incentivos para una mejora continua de su gestión, así como trasladar y compartir con la ciudadanía los resultados de la Gestión de las Empresas del ámbito de FONAFE, de manera periódica en aspectos puntuales de su gestión:

- El Ranking Corporativo de Transparencia es un sistema de monitoreo que evalúa y mide la oportunidad de la información que las Empresas de FONAFE brindan a la ciudadanía, a través de sus respectivos Portales de Transparencia, información referida a los aspectos siguientes: Información financiera y presupuestal, Proyectos de inversión, Información de personal, Información de contrataciones, Actividades oficiales y Registro de visita.
- El Ranking de Inversiones permite comparar el nivel de eficiencia en la gestión de los programas de inversión - FBK de las Empresas bajo el ámbito de FONAFE. Se calcula el porcentaje de cumplimiento de la ejecución del Presupuesto de inversiones de las empresas.
- El Ranking de Gestión de Indicadores Financieros permite comparar la gestión económica de las Empresas bajo el ámbito de FONAFE, a través de la rentabilidad del Activo (ROA) y del Capital (ROE). Este ranking contiene información a partir del año 2014. En las siguientes Tablas 9 y 10 se muestra el ranking de las empresas de distribución del FONAFE para el año 2014, el que nos servirá más adelante para compararlo con el ranking obtenido a partir de los resultados de eficiencia de los modelos DEA a desarrollar a partir del presente trabajo.

Tabla 9: Ranking de Gestión del Indicador Financiero ROA de las empresas distribuidoras del FONAFE en el año 2014.

EMPRESA	ROA	Ranking 2014 - ROA
SEAL	9.1	1
ELECTRONOROESTE	6.4	2
ELECTROCENTRO	5.7	3
ELECTRONORTE	4.7	4
ELECTRO SUR ESTE	4.3	5
HIDRANDINA	4.1	6
ELECTROSUR	4.0	7
ELECTRO PUNO	3.9	8
ELECTRO UCAYALI	2.3	9
ELECTRO ORIENTE	2.0	10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Ranking de Gestión del Indicador Financiero ROE de las empresas distribuidoras del FONAFE en el año 2014.

EMPRESA	ROE	Ranking 2014 - ROE
SEAL	11.8	1
ELECTRONOROESTE	10.1	2
ELECTRONORTE	8.2	3
ELECTROCENTRO	7.1	4
HIDRANDINA	5.7	5
ELECTRO PUNO	5.4	6
ELECTROSUR	5.0	7
ELECTRO SUR ESTE	4.9	8
ELECTRO ORIENTE	2.8	9
ELECTRO UCAYALI	2.5	10

Fuente: Elaboración propia

Sobre los métodos de evaluación de los estados financieros Kassai (2002:63) hace una propuesta de evolución del análisis de los estados financieros, que se resume en la Figura 4 siguiente:

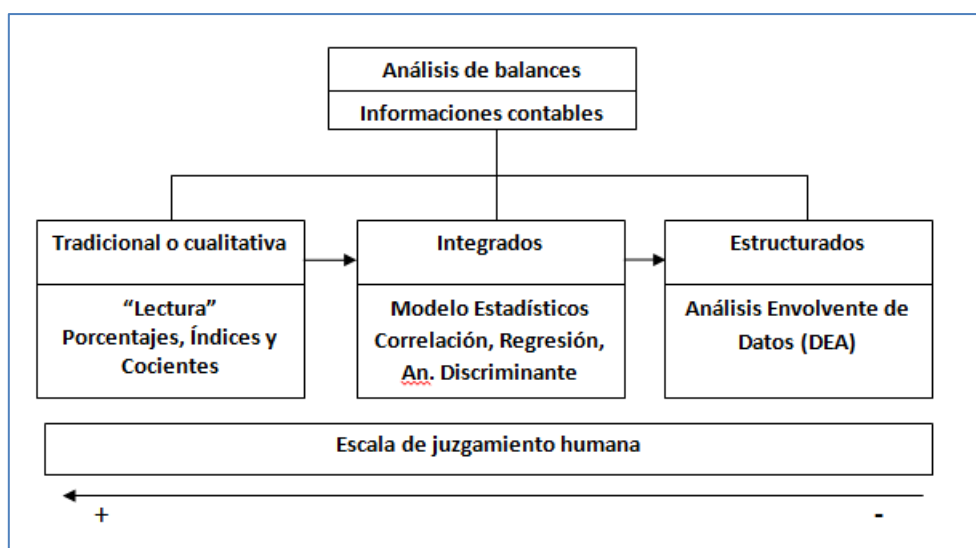


Figura 4: Métodos de evaluación de estados financieros
Fuente: Kassai (2002:63)

Kassai propone en este estudio la evolución del análisis de los estados financieros, precisando que debe entenderse que tiene sus bases en todas las etapas anteriores, desde el análisis tradicional hasta los modelos integrados de análisis, por lo tanto, no prescinde de cualquiera de los otros análisis; se alimenta de ellos. Así, el análisis de desempeño va de un alto grado de intervención humana y por lo tanto la subjetividad a una escala cada vez mayor de estructuración. Se entiende por estructuración la determinación de las etapas de análisis sucesivos, puesta en una secuencia lógica con el fin de impulsar al analista a las conclusiones o a la necesidad de datos adicionales.

El esquema de Kassai (2002) propone un primer paso de un análisis detallado de la información mediante la lectura de los estados financieros a fin de comprender en su totalidad; los índices, porcentajes y relaciones tradicionales. A continuación, como segundo paso, se puede hacer uso de modelos estadísticos para identificar las características individuales de cada empresa analizada y confrontarlos con las empresas de un determinado grupo. Y como tercer paso propone el uso del método de Análisis envolvente de datos (DEA) a fin de construir un modelo de evaluación del desempeño que ayuda en la determinación de la excelencia empresarial. Es decir se propone la metodología DEA como una herramienta de análisis complementaria del análisis de los estados financieros de las empresas.

Capítulo III

Medición de la eficiencia y productividad: Marco Teórico y estado del arte.

3.1. Concepto de eficiencia

Los términos: "eficiente", "ineficiente", "alta eficiencia", son vocablos de uso común en nuestro lenguaje habitual. Se suele escuchar frases como: "hay que aumentar la eficiencia de la empresa", "la industria A es mucho más eficiente que la industria B", "hay que conseguir un nivel de producción eficiente". Sin embargo, con mucha frecuencia el concepto teórico de eficiencia acaba mal interpretado, y la medida de eficiencia, que, por otro lado es una herramienta muy útil y poderosa que puede ser empleada en campos y ocupaciones muy diversas, al ser empleada incorrectamente acaba transformándose en un instrumento que genera indicadores totalmente artificiales.

Una definición de "eficiencia" es la siguiente: "La eficiencia es la relación entre un ingreso y un gasto; entre una entrada y una salida; entre un recurso y un producto". La expresión en cualquiera relación de eficiencia toma la forma de una proporción: un output dividido por un input, y se presenta en forma matemática de la siguiente forma:

$$F = E/I$$

Donde: F = eficiencia

I = output especificado

E = input especificado

Muchos análisis de la eficiencia en la economía se han basado en el cálculo de ratios del tipo cantidad de producto por trabajador, que aunque nos informa del rendimiento de la mano de obra, no nos dice nada acerca de otros factores productivos como la maquinaria, la energía, los capitales invertidos, etc.

La eficiencia a nivel de las organizaciones comenzó a intentar ser medida a partir del trabajo de Farrell (1957) quien entiende por eficiencia técnica la obtención de la mayor cantidad posible de producto, a partir de un conjunto dado de insumos. La anterior definición implica analizar relaciones puramente físicas entre insumos y productos, o en el lenguaje de los economistas, la función de producción, que implica establecer la relación existente entre el producto final y los insumos utilizados.

Por ejemplo, para los propósitos de nuestro estudio, entregar al cliente un kilovatio hora de energía eléctrica (producto), requiere de una infraestructura de redes de energía y esfuerzo laboral humano (es decir, capital y trabajo). La función de producción establece una relación numérica entre cuántos kilovatios hora de energía eléctrica pueden ser distribuidos con K kilómetros de red eléctrica y H horas hombre. La "forma" de dicha relación puede ser muy diversa, según como sea necesario combinar los insumos para

lograr el producto. Cada combinación es una técnica productiva. Habrá técnicas que usen más insumos y otras que usen menos para lograr el mismo producto. Una técnica que ahorre insumos para obtener el mismo producto, por definición, es más eficiente que una que utiliza más.

En el presente trabajo, la eficiencia será enfocada como la mejor manera de realizar la actividad de distribución de electricidad, consumiendo el mínimo de los recursos necesarios para obtener el servicio cumpliendo con los estándares de calidad técnica establecidos.

Farrell propuso un método para medir la eficiencia teniendo en cuenta varios factores de producción al mismo tiempo y a partir de un caso sencillo de una empresa que emplea dos Inputs (x_1 y x_2) para la obtención de un único Output (y) representado en la Figura 5, determina los conceptos de Eficiencia técnica, Eficiencia asignativa y Eficiencia Global (1957; 253-257), bajo los supuestos siguientes:

- Las empresas operan bajo condiciones de rendimientos constantes a escala, esto es, que el incremento porcentual de la salida es igual al incremento porcentual experimentado por la entrada. Este supuesto permite que la tecnología de producción pueda ser representada mediante la isocuanta unidad, que identifica las distintas combinaciones de los dos factores que una empresa perfectamente eficiente podría usar para producir una unidad de salida.
- Isocuanta convexa hacia el origen y con pendiente no positiva, en teoría económica significa que si dos puntos se pueden alcanzar en la práctica, entonces también se podrá obtener cualquier otro que sea una media ponderada de aquellos, y que no tenga en ningún punto pendiente positiva, para asegurar que el aumento de los factores utilizados no implicará nunca una reducción en la cantidad de producto.
- La función de producción eficiente representada por SS' en el Figura 5 es conocida, unidad isocuanta de una empresa (o economía).

3.1.1 Eficiencia Técnica

El conocimiento de la función de producción eficiente (isocuanta SS'), permite la medición de la eficiencia técnica. Si una empresa en el Figura 5 utiliza unas cantidades de entradas, definidos por el punto P, para producir una unidad de salida, la ineficiencia técnica quedaría representada por la distancia QP, la cual representa la proporción en la cual todas las entradas podrían ser proporcionalmente reducidas sin una reducción en la salida. Esta distancia se expresa normalmente en términos de porcentaje a través del ratio QP/OP , el cual representa el porcentaje por el cual todas las entradas podrían reducirse.

La eficiencia técnica (TE) es “la unidad menos la máxima reducción equiproporcional posible en todas las entradas para un nivel dado de salidas”:

$$TE_i = OQ/OP = 1 - QP/OP \quad (1)$$

Esta medida tomará un valor entre 0 y 1, constituyendo un indicador del grado de eficiencia técnica de esta unidad. Un valor de 1 indica que la empresa presenta una eficiencia técnica completa. Por ejemplo, el punto Q es técnicamente eficiente, ya que está situado sobre la isocuanta eficiente.

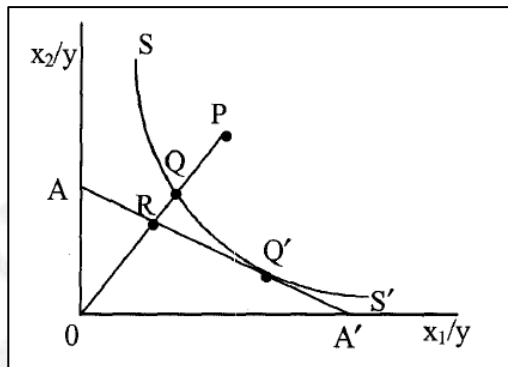


Figura 5: Eficiencia técnica y Eficiencia asignativa

3.1.2 Eficiencia Asignativa

Farrell (1957) pasó a considerar a continuación los precios, si en la Figura 5, la variación de los precios de la entrada, está representada por la línea AA', el punto Q' es en el que minimiza el costo. Y tanto Q como Q' son técnicamente eficientes (están sobre la isocuanta SS') pero los costos de producción en Q' son tan solo una fracción, OR/OQ, de los costos de producción en Q. Por este motivo Farrell considera al cociente OR/OQ como eficiencia de precio o asignativa de Q, que también mide la eficiencia asignativa (AE) de la empresa operando en P:

$$AE_i = OR/OQ \quad (2)$$

La eficiencia asignativa de P mide exclusivamente el exceso de costos en que se está incurriendo por combinar las entradas de una forma diferente a la óptima. De esta forma, la distancia RQ representa la reducción de los costos de producción que ocurriría si la empresa P fuera eficiente en la asignación de recursos. Así, el punto Q', es eficiente técnicamente y asignativamente, siendo el ratio RQ/OQ la proporción de la reducción de los costos al desplazarse de Q a Q'

Es de observar que el valor de la eficiencia asignativa pura precisa la eliminación de la eficiencia técnica y en esa situación, cuantificar el exceso de costos. Asimismo, que al igual que la eficiencia técnica, la eficiencia asignativa varía entre cero y uno, estando más próximo a la unidad conforme más eficiente es la unidad en evaluación.

3.1.3 Eficiencia Económica o Global

La eficiencia técnica, refleja la habilidad de obtener el máximo de salida para un determinado nivel de entrada, y la Eficiencia asignativa, refleja la habilidad de una empresa para utilizar las entradas en una proporción óptima, considerando los precios de las entradas. Estos dos conceptos combinados constituirían la eficiencia económica.

Farell (1957) define la Eficiencia Económica o Eficiencia Global por el ratio OR/OP , ya que si la DMU fuera completamente eficiente sus costos serían una proporción OR/OP de los costos actuales. La eficiencia económica (EE) total se define a través de la proporción:

$$EE_I = OR/OP \quad (3)$$

donde la distancia RP puede ser interpretada en términos de reducción de costo. Cabe resaltar, que la eficiencia económica puede ser calculada a través del producto de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa, estando comprendido su valor, también entre 0 y 1:

Eficiencia Técnica x Eficiencia Asignativa = Eficiencia Económica

$$TE_I \times AE_I = (OQ/OP) \times (OR/OQ) = (OR/OP) = EE_I \quad (4)$$

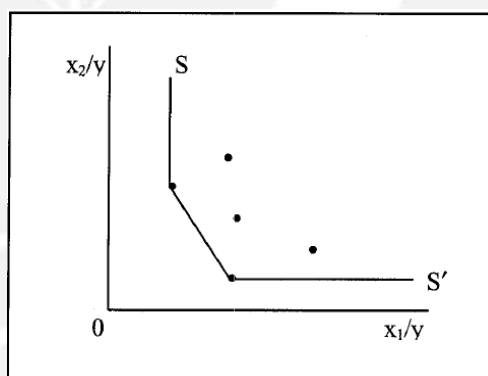


Figura 6: Isocuanta Convexa Lineal

Cabe recordar que tal y como se indicó en estas medidas de eficiencia se asumen que la función de producción de una empresa completamente eficiente representada por la isocuanta SS' es conocida; hecho que en situaciones reales no se da, y la isocuanta de la empresa eficiente deberá ser estimada utilizando los datos de las unidades evaluadas.

Farell, propone un método de estimación de la función de producción a partir de los datos de la muestra de las unidades evaluadas, lo que denomina función de producción empírica, que trata de utilizar como referencia las mejores prácticas de otras unidades (denominada frontera de mejores prácticas *best practice frontier*) que ha tenido una relevante repercusión en la literatura posterior sobre la medición de la eficiencia en aplicaciones reales.

Determinada la isocuanta eficiente, el proceso de medir la eficiencia de cualquier unidad productiva es comparando cada entidad que no pertenece a la isocuanta eficiente, con otra entidad que se encuentre en el mismo radio vector desde el origen y que pertenezca a la isocuanta eficiente.

3.2 Medidas orientadas a la entrada (Input) y a la salida (output)

La eficiencia técnica, eficiencia asignativa y eficiencia global desarrollados en los acápites 3.1.1., 3.1.2 y 3.1.3 anteriores daban respuesta a la pregunta: ¿Qué cantidad de entrada (input) puede ser reducida proporcionalmente sin cambiar la cantidad de la salida (output)?, por este motivo se conocen como orientadas a la entrada. La otra pregunta alternativa sería: ¿en qué cantidad podemos aumentar la salida sin alterar las cantidades de entradas utilizados? En este caso, la respuesta nos da una medida de eficiencia orientada a la salida, en contraste a la pregunta inicial.

La diferencia entre las medidas orientadas a la entrada y a la salida puede ser ilustrada usando un ejemplo sencillo de una industria que produce una sola salida con una única entrada. En la Figura 7(a) en donde se representa una tecnología $f(x)$ con rendimientos decrecientes a escala, y una empresa ineficiente operando en el punto P. La eficiencia técnica (TE) orientada a la entrada de Farrell debería ser igual al ratio AB / AP , mientras que la eficiencia técnica (TE) orientada a la salida CP / CD . Las medidas orientadas a la entrada y a la salida sólo proporcionarán medidas equivalentes de eficiencia técnica cuando existen rendimientos constantes a escala, pero serán distintas si los rendimientos son crecientes o decrecientes a escala (Fare and Lovell 1978). Una tecnología con rendimientos constantes a escala como la representa en la Figura 7(b), muestra que $AB / AP = CP / CD$, en el punto P.

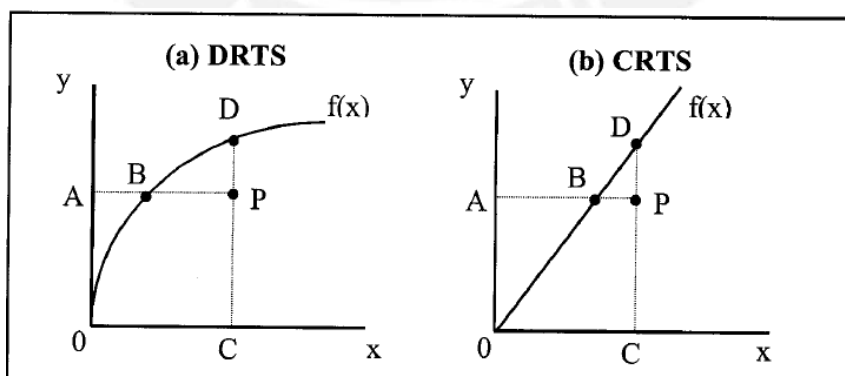


Figura 7: Orientación a la entrada y la salida. Medidas de eficiencia técnica y rendimientos de escala

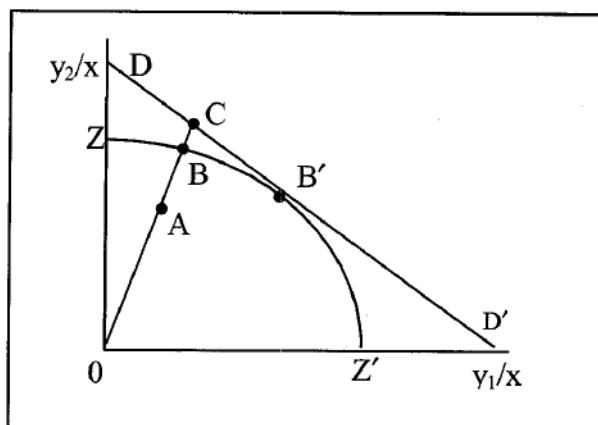


Figura 8: Eficiencia técnica y asignativa. Orientación a la salida.

De la Figura 8 se tiene las medidas de eficiencia técnica orientada a la salida de Farrell de la manera siguiente: La distancia AB representa la ineficiencia técnica, esto es, la cantidad por el cual las salidas podrían ser incrementados sin requerir entradas extra. La eficiencia técnica orientada a la salida es el ratio:

$$TE_o = OA/OB \quad (5)$$

Si tenemos en cuenta información de precios en la isocuanta de ingresos DD' , la eficiencia asignativa es el ratio:

$$AE_o = OB/OC \quad (6)$$

La cual se interpreta como el incremento de ingresos, similar a la interpretación de la reducción de costos en el caso de la eficiencia asignativa en la medición orientada a las salidas. Asimismo, se puede definir la eficiencia económica total como el producto de estas dos medidas:

$EE_o = \text{Eficiencia técnica} \times \text{Eficiencia asignativa}$

$$EE_o = (OA/OC) = (OA/OB) \times (OB/OC) = TE_o \times AE_o \quad (7)$$

Nuevamente, todas estas medidas están comprendidas entre 0 y 1.

3.3 Medición de la eficiencia

De forma general los métodos de estimación para construir la frontera de producción se pueden clasificar en función de que se requiera o no especificar una forma funcional que relacione las entradas con las salidas en Métodos paramétricos y Métodos no-paramétricos. A su vez, pueden emplearse métodos estadísticos o programación matemática para estimar la frontera que, en última instancia, puede ser especificada como estocástica (aleatoria) o determinista. En la Figura 9 se presenta una estructura en forma que árbol que trata de recoger los principales métodos para estimar la frontera eficiente y sus precursores.

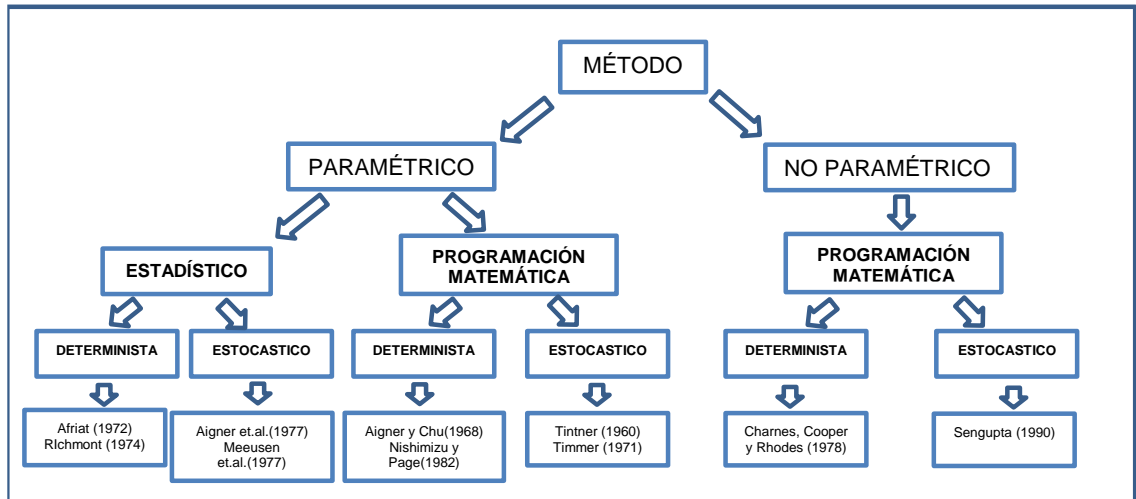


Figura 9: Métodos de medición de la eficiencia
Fuente: Coll y Blasco(s.f: 8)

3.3.1 Técnicas paramétricas

Este tipo de metodología parte de información estadística histórica que permita construir una función promedio aplicable a cada unidad productiva, para calcular las medidas de eficiencia a partir de los residuos de una regresión. Esto implica la definición de una forma funcional específica que relacione las variables a emplear, o sea lo que se estima son los parámetros de la función y no la forma de la función en sí misma, de ahí el término de “paramétrico”. Como lo que se busca es elaborar una función que represente de mejor manera los comportamientos de todas las unidades estudiadas, lo que se obtiene es una estimación promedio y no la medición de la mejor práctica, sin embargo al emplear procedimientos estadísticos esto permite considerar el ruido aleatorio que se puede generar por errores de medición (Berrío Guzmán & Muñoz Santiago, 2005).

3.3.2 Técnicas no paramétricas

Las técnicas no paramétrica no implica el imponer a los datos una forma particular a la función, emplean técnicas de programación lineal para calcular las medidas de eficiencia técnica y se establecen supuestos de producción bastante flexibles, lo cual implica que no es necesario asumir una forma funcional concreta de la frontera, el desempeño de las diferentes unidades de estudio se determina a partir de la razón entre las entradas y las salidas; o sea la medición de eficiencia en esta técnica parte de la forma más básica de comparación: $\text{outputs(salidas)/inputs(entradas)}$.

Al no emplear una forma específica de la función de producción, lo que se hace es tomar todos los datos observados de entrada-salida de las diferentes unidades para computarlos en una libre disposición de relaciones causa-efecto con la cual se construye la superficie

envolvente o forma convexa de la frontera de eficiencia, que permite ubicar a aquellas unidades eficientes sobre la envolvente y lejos de ella a las no eficientes. Tal como lo afirma Sengupta (2000), esto permite dar una medida específica de la eficiencia técnica de cada firma en vez de una medida promedio, como en el caso de las técnicas paramétricas. Adicionalmente, al lograr ubicar cada empresa en el plano isocuanta de eficiencia, se tiene una medición de cuanto hay que mejorar en cada unidad productiva ineficiente para emular a aquellas de referencia que se ubican mejor en la frontera de eficiencia. Dentro de las técnicas no-paramétricas más empleadas está el modelo Análisis envolvente de Datos DEA desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), que es la técnica que utilizaremos en el presente estudio.

3.4 Análisis envolvente de datos DEA

El análisis envolvente de Datos (DEA) es una técnica de programación matemática no paramétrica, que es utilizada para determinar la estimación de la frontera. DEA (Data envelopment Analysis) fue desarrollado por Charnes, Rhodes y Cooper (1978, 429) y se emplea para estimar los niveles de eficiencia de unidades organizativas sobre diversos campos de aplicación.

DEA extiende y hace operativo el concepto de eficiencia empírica propuesto por Farrell (1957), mediante técnicas de programación lineal en lugar de realizar el cálculo de los índices de eficiencia de manera algebraica como proponía Farrell, se propone resolver un problema de programación lineal para cada una de las unidades. El objetivo es obtener un escalar que representa la mínima proporción a la que se pueden reducir los consumos de entradas sin que se disminuya la cantidad producida de salidas.

La eficiencia relativa de las diferentes unidades consiste en calcular los siguientes cocientes que miden la relación entrada (input) – salida (output):

$$\text{Eficiencia de la unidad } i - \text{ésima} = \frac{\text{Salida de la unidad } i - \text{ésima}}{\text{Entrada de la unidad } i - \text{ésima}} \quad (8)$$

Sin embargo, las unidades organizativas emplean varias entradas para obtener simultáneamente varias salidas, por lo que la expresión anterior se generaliza de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia de la unidad } i - \text{ésima} = \frac{\text{Suma de las salidas de la unidad } i - \text{ésima}}{\text{Suma de las entradas de la unidad } i - \text{ésima}} \quad (9)$$

El principal problema asociado con la medida de la eficiencia dada por la anterior expresión, reside en la falta de homogeneidad dimensional de las diferentes salidas y entradas. Este problema se resuelve, introduciendo un sistema de pesos adecuados que normalice tanto el numerador como el denominador:

$$\text{Eficiencia de la unidad } i - \text{ésima} = \frac{\text{Suma ponderada de las Salidas de la unidad } i - \text{ésima}}{\text{Suma ponderada de los Entradas de la unidad } i - \text{ésima}} \quad (10)$$

Recurriendo a la notación algebraica, para el caso de m salidas y n entradas tenemos:

$$E_j = \frac{U_1 Y_{1j} + U_2 Y_{2j} + \dots + U_i Y_{ij} + \dots + U_m Y_{mj}}{V_1 X_{1j} + V_2 X_{2j} + \dots + V_i X_{ij} + \dots + V_n X_{nj}} \quad (11)$$

Dónde:

E_j es la eficiencia relativa de la unidad organizativa j-ésima.

U_i es el peso asociado a la salida genérica i-ésima.

V_i es el peso asociado a la entrada genérico i-ésima.

Y_{ij} es la cantidad de salida genérica i-ésima en la unidad organizativa j-ésima.

X_{ij} es la cantidad de entrada genérica i-ésima en la unidad organizativa j-ésima.

En consecuencia de la definición de eficiencia relativa para esta expresión, se plantea el problema de determinar los conjuntos de pesos U_i y V_i que permiten normalizar tanto las salidas como las entradas. Una primera cuestión a considerar es si los pesos a aplicar a las diferentes unidades organizativas deben o no ser los mismos. Farrell (1957) abordó este problema intentando establecer un mismo conjunto de pesos para ponderar las salidas y entradas de todas las unidades organizativas. Por el contrario, Charnes (1978) sostiene que cada unidad organizativa puede valorar sus salidas y entradas de manera diferente.

La forma de determinar los mejores conjuntos de pesos para las salidas y entradas de cada unidad organizativa constituye el núcleo analítico del análisis de la metodología DEA. De esta manera la eficiencia de la unidad j-ésima se obtendrá maximizando el cociente que mide la eficiencia de dicha unidad, sujetando el proceso de optimización a que la eficiencia de todas las unidades organizativas, incluyendo la propia unidad j-ésima, sea menor o igual que la unidad. En términos analíticos, se formula un modelo de programación matemática, cuyas variables representan los pesos más favorables para la unidad organizativa j-ésima.

La estructura algebraica del modelo, tal como lo propusieran Charnes y otros (1978:430), original no era lineal sino que era fraccional tal y como se muestra a continuación:

$$\text{Max}_{u,v} E_j = \frac{\sum_{i=1}^m U_i Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n V_i X_{ij}} \quad (12)$$

Sujeto a (s.a).

$$\frac{\sum_{i=1}^m U_i Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n V_i X_{ij}} \leq 1, \forall j: 1..n$$

$$U_i, V_j \geq 0 \quad \forall i: 1 \dots m \quad \forall j: 1 \dots n$$

Donde:

E_j : función objetivo. Medida de la eficiencia.

Y_{ij} : salida i -ésima de la DMU j -ésima.

X_{ij} : entrada i -ésima de la DMU j -ésima.

V_i, U_i : ponderaciones de entradas y salidas respectivamente (soluciones del modelo).

La función objetivo (E_j) es el ratio de eficiencia de la unidad comparada (la j) y su maximización está sujeta a que ningún ratio de eficiencia supere la unidad. Obsérvese que el numerador de E_j es una suma ponderada de salidas y el denominador de entradas, lo cual implica que proporciona una medida de la cantidad de salidas generada por unidad de entradas de las DMUs (convencionalismo para evitar que la solución del programa se dispare a infinito).

El modelo (12) busca como soluciones los parámetros u y v que hagan que E_j alcance su máximo valor y , a la vez, hagan que el ratio de eficiencia de cualquier DMU no supere la unidad. Una particularidad importante del modelo es que es él mismo quien, en función de los datos, determina el valor de las ponderaciones y asigna el mismo valor para todas las DMUs.

La no linealidad junto con la particularidad de que las soluciones del modelo (12) son infinitas, complicaba la resolución del problema. Así que los autores, tras proponer un ejemplo de aplicación del modelo fraccional al campo de la ingeniería de combustión, lo transformaron en un modelo lineal (Charnes y otros (1978:431)). El procedimiento de transformación consistió en la consideración de diversas modificaciones del modelo (12) mediante recíprocos duales.

La solución del modelo (12) proporciona la cuantificación de la eficiencia relativa de la unidad organizativa j -ésima con respecto al resto de unidades:

- Sí $E_j=1$, significa que la unidad j -ésima es eficiente en términos relativos con respecto a las otras $k-1$ unidades.
- Sí $E_j<1$ significa que aun habiendo elegido la unidad j -ésima sus pesos más favorables, existen unidades organizativas en la muestra analizada que combinan sus entradas en salidas de una manera más eficiente.

Comenzaremos con una descripción del modelo CRS orientado a la entrada, ya que este modelo fue el primero en ser ampliamente aplicado.

3.4.1 El modelo de rendimientos constantes a escala (CRS)

Según Coelli (1995), el propósito de DEA es construir una frontera no paramétrica sobre los puntos de referencia, tal que todos los puntos observados queden sobre la frontera de la producción o por debajo. En el ejemplo del Figura 5 donde una empresa produce una salida usando dos entradas, esto puede ser visualizado como un número de planos que se

intersectan formando una envolvente sobre una dispersión de puntos en un espacio tridimensional, y dado el supuesto de rendimientos constantes a escala, se representa por la isocuanta SS' .

Charnes y otros (1978, 429) denominó a las unidades evaluadas DMU's "Decision Making Units", que se ha generalizado en la aplicación DEA y utilizaremos a partir de ahora. En primer lugar definimos la notación a utilizar. Asumimos que cada una de las N empresas distribuidoras tienen K entradas y M salidas. La i -ésima DMU está representada por los vectores x_i e y_i , respectivamente. La matriz ($K \times N$) de entradas, X , y la matriz ($M \times N$) de salidas, Y , representan los datos de las N DMU's.

La eficiencia en cada DMU se obtiene a partir de una medida del cociente de todas las salidas sobre todas las entradas, $u'y_i/v'x_i$, donde u es el vector de dimensión $M \times 1$ de los pesos de las salidas y v es el vector de $K \times 1$ de los pesos de las entradas. Para seleccionar los pesos óptimos especificamos el siguiente problema de programación matemática:

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} (u'y_i/v'x_i), & (13) \\ \text{s.a} & \quad u'y_j/v'x_j \leq 1, \quad j=1,2,\dots,N, \\ & \quad u, v \geq 0. \end{aligned}$$

Esto implica el encontrar los valores para u y v , de manera que la medida de la eficiencia del i -ésimo DMU es maximizada, sujeto a la restricción de que todas las medidas de la eficiencia deben ser menores o iguales a uno. El problema de esta formulación es que tiene un número infinito de soluciones⁵. Para evitar esto se impone la restricción $v'x_i = 1$, reemplazando en (13) se tiene:

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} (\mu'y_i), \\ \text{s.a} & \quad v'x_i = 1, \\ & \quad \mu'y_j - v'x_j \leq 0, \quad j=1,2,\dots,N, \\ & \quad \mu, v \geq 0, & (14) \end{aligned}$$

donde el cambio en la notación de u y v a μ y v reflejan la transformación. Esta forma se conoce como la forma del multiplicador del problema de programación lineal⁶.

Usando la dualidad en la programación lineal, una manera equivalente de expresar dicho problema es:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta,\lambda} \theta, \\ \text{s.a} & \quad -y_i + Y \lambda \geq 0, \\ & \quad \theta x_i - X \lambda \geq 0, \\ & \quad \lambda \geq 0, & (15) \end{aligned}$$

⁵ Si (u^*, v^*) es una solución, entonces $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ es otra solución, etc.

⁶ μ y v se denominan en este caso precios sombra normalizados.

donde θ es un escalar y λ es un vector $N \times 1$ de constantes. Esta forma de plantear el problema implica menos restricciones que la forma del multiplicador ($K+M < N+1$), y por lo tanto es generalmente la forma utilizada.

El valor de θ obtenido será la eficiencia de la i ésima DMU y está comprendido entre 0 y 1, tomando un valor de 1 si el DMU está situado en la frontera de referencia, es decir, será técnicamente eficiente de acuerdo a la definición de Farrell (1957). El problema de programación lineal debe de ser resuelto N veces, una para cada DMU de la muestra, obteniendo un θ (valor de eficiencia) para cada DMU.

Holguras (Slacks)

La forma de la frontera no paramétrica del DEA, formada por segmentos de rectas, puede causar algunas dificultades en la medida de la eficiencia. El problema se presenta debido a las secciones de la frontera que discurren paralelas a los ejes (Figura 6) que no ocurren en la mayoría de las funciones paramétricas (Figura 5).

Para ilustrar el problema, en el Figura 10 las DMU's que utilizan las combinaciones de inputs C y D son dos DMU's eficientes, las cuales definen la frontera, y A y B son ineficientes. Las medidas de eficiencia técnica de Farrell (1957) dan la eficiencia de A y B como OA'/OA y OB'/OB , respectivamente.

Sin embargo, es cuestionable si el punto A' es un punto eficiente puesto que podría reducirse la cantidad de la entrada x_2 usada (por la cantidad CA') y todavía producir la misma cantidad de salida. Esto se conoce como *holgura de la entrada*. Análogamente se define las holguras de las salidas.

Para la i ésima DMU las holguras de las salidas serán iguales a cero solamente si $Y\lambda - y_i = 0$, mientras que las holguras de las entradas serán iguales a cero si $\theta x_i - X\lambda = 0$ (para los valores óptimos dados de θ y λ). Sin embargo, debemos anotar que la medida de las holguras obtenidas a partir de (15) no necesariamente identifica todas las holguras "verdaderas" en el sentido de Koopmans (1951) - quién definió la eficiencia técnica de forma más estricta que Farrell (1957) - ya que propone que una DMU es técnicamente eficiente solamente si opera sobre la frontera de referencia y además todas las holguras asociadas son cero. Esto puede ocurrir cuando existan 2 o más vectores óptimos λ para una DMU. Por lo que sí se desea calcular todas las holguras se debe resolver problemas adicionales de programación lineal.

Así podría ser discutido que la medida de Farrell de la eficiencia técnica (θ) y cualquier holgura diferente a cero en la entrada o en la salida debería ser calculada, de cara a proporcionar una indicación exacta de la eficiencia técnica de un DMU en el análisis DEA.

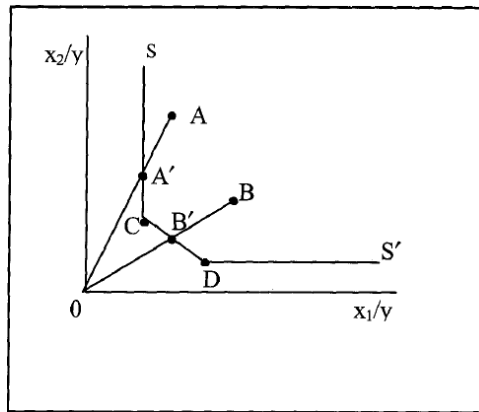


Figura 10: Medidas de eficiencia y holguras de la entrada

En la Figura 10 la holgura de la entrada x_2 asociada al punto A' es CA'. En casos con más entradas y salidas, la identificación del punto eficiente "más cercano" de la frontera (tal como C) es complicado de identificar, y por lo tanto el cálculo de las holguras, también es complicado.

Ali y Seiford (1993) han sugerido la solución de una segunda etapa del problema de programación lineal para mover a un punto eficiente de la frontera, maximizando la suma de las holguras requeridas para moverse desde un punto ineficiente de la frontera (tal como A' en la Figura 10) a un punto eficiente de la frontera (tal como el punto C). Esta segunda etapa del problema de programación lineal, Coelli (1995, 198) lo define como:

$$\begin{aligned} & \min_{\lambda, OS, IS} - (M1'OS + K1'IS), & (16) \\ \text{s a} & -y_i + Y\lambda - OS = 0, \\ & \theta x_i - X\lambda - IS = 0, \\ & \lambda \geq 0, OS \geq 0, IS \geq 0, \end{aligned}$$

donde OS es un vector $M \times 1$ de holguras del output, IS es un vector $K \times 1$ de holguras del input, M1 y K1 son vectores unitarios de $M \times 1$ y $K \times 1$, respectivamente. En esta segunda etapa, θ no es una variable, su valor es tomado de los resultados derivados de la primera etapa. Asimismo, este problema debe resolverse para cada una de las DMU's de la muestra.

Hay dos problemas importantes asociados a esta segunda etapa. El primero y más obvio es que la suma de holguras está *maximizada* en lugar que *minimizada*. Por lo tanto identificará no el punto eficiente más cercano sino el punto eficiente más alejado. El segundo problema es que no es invariante a las unidades de medida. La alteración de las unidades de medida, podría dar lugar a la identificación de diferentes fronteras de eficiencia y por lo tanto de diferentes holguras y medidas de eficiencia.

Como resultado de este problema, muchos estudios solucionan simplemente el problema lineal de primera etapa (ecuación 12) para los valores de las medidas técnicas radiales de la eficiencia de Farrell (1957) para cada DMU y las holguras residuales $OS = -y_i + Y\lambda$, y $IS = \theta x_i - X\lambda$.

Las holguras se pueden ver como una consecuencia del método de construcción de la frontera elegida (DEA) y del uso de los tamaños de muestra finitos. Si un tamaño de muestra infinito estuviera disponible y/o si un método alternativo de construcción de la frontera fuera utilizado, que implique una superficie suave de la función, el problema de las holguras desaparecería.

Además, es necesario hacer referencia al argumento de Ferrier y Lovell (1990, 235), que observa a las holguras como un problema de ineficiencia asignativa. Por lo tanto, un análisis de la eficiencia técnica puede razonablemente concentrarse sobre la medida de la eficiencia radial proporcionada en la primera etapa del DEA, que es la forma como abordaremos el estudio de la presente investigación.

3.4.2 El modelo de rendimientos variables a escala (VRS)

El supuesto de rendimientos constantes a escala (CRS) es apropiado sólo cuando todas las DMU's operan sobre una escala óptima. En competencia imperfecta, puede ocurrir que las DMU's no funcionen en la escala óptima, Banker, Charnes y Cooper(1984, 1084) sugirieron una extensión del modelo de CRS DEA para explicar las situaciones con rendimientos variables a escala (VRS). El uso de la especificación de CRS cuando no todas las DMU está funcionando en la escala óptima, dará lugar a medidas de Eficiencia Técnica que pueden confundirse con las eficiencias de la escala (SE). El uso de la especificación de VRS permitirá el cálculo de Eficiencia Técnica desprovista de los efectos de las eficiencia de escala (SE).

El programa lineal CRS se modifica a un VRS, añadiendo la siguiente restricción de convexidad: $N1'\lambda=1$ a (4), con lo cual:

$$\begin{array}{ll}
 \min_{\theta, \lambda} & \theta \\
 \text{s.a} & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\
 & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\
 & N1'\lambda=1 \\
 & \lambda \geq 0
 \end{array} \tag{17}$$

donde $N1$ es un vector $N \times 1$ de unos. Este acercamiento forma un casco convexo de los planos que se intersectan sobre los puntos de referencia más firmemente que el casco

cónico del CRS proporcionando medidas de eficiencia mayores o iguales que las obtenidas usando el modelo de CRS.

Eficiencias de escala

Muchos estudios han descompuesto la Eficiencia Técnica (TE) obtenidas de un método DEA CRS en dos componentes, uno debido a la ineficiencia de escala y uno debido a la ineficiencia técnica "pura". Esto puede realizarse elaborando un DEA CRS y un VRS sobre los mismos datos. Si hay una diferencia en las dos puntuaciones de Eficiencia Técnica (TE) para un DMU particular, esto indicará que el DMU tiene ineficiencia de escala, y que la ineficiencia de escala se puede calcular como la diferencia entre la puntuación de Eficiencia Técnica de VRS (TE_{VRS}) y la puntuación Eficiencia Técnica del CRS (TE_{CRS}).

La Figura 11 muestra un ejemplo con una entrada y una salida, con las fronteras del DEA CRS y DEA VRS. La ineficiencia técnica del CRS orientado a la entrada del punto P es la distancia PP_c , mientras que la ineficiencia técnica VRS sería solamente PP_v . La diferencia entre estos dos, $PcPv$, se interpreta como ineficiencia de escala. En términos de ratios, esto se puede expresar como sigue:

$$TE_{i,CRS} = AP_c/AP \quad (18)$$

$$TE_{i,VRS} = AP_v/AP \quad (19)$$

$$SE_i = AP_c/AP_v \quad (20)$$

donde todas las medidas están comprendidas entre 0 y 1. Además, se cumple que:

Eficiencia Técnica (CRS) = Eficiencia Técnica (VRS) x (Eficiencia de Escala)

$$TE_{i,CRS} = TE_{i,VRS} \times SE_i \quad (21)$$

ya que:

$$AP_c/AP = (AP_v/AP) \times (AP_c/AP_v)$$

Es decir, la medida de eficiencia técnica CRS se descompone en eficiencia técnica pura y eficiencia de escala.

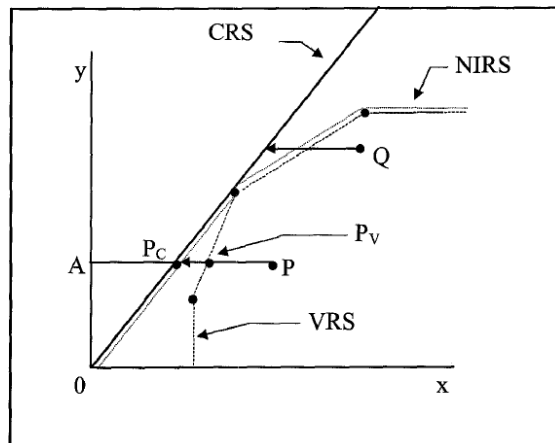


Figura 11: *Cálculo de Eficiencia de Escala con el DEA*

Un vacío de esta medida de eficiencia de escala es que el valor no indica si la DMU está funcionando en un área de rendimientos crecientes o decrecientes a escala. Esto puede ser determinado adicionando al problema DEA la imposición de rendimientos no crecientes a escala (NIRS). Esto se hace alterando el modelo DEA en la ecuación (17), sustituyendo la restricción $N1'\lambda = 1$ con $N1'\lambda \leq 1$, obteniendo:

$$\begin{aligned}
 & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\
 \text{s.a} \quad & -y_i + Y \lambda \geq 0, \\
 & \theta x_i - X \lambda \geq 0, \\
 & N1'\lambda \leq 1 \\
 & \lambda \geq 0,
 \end{aligned} \tag{22}$$

La frontera de DEA NIRS también se muestra en la Figura 11. La naturaleza de las ineficiencias de escala (rendimientos crecientes o decrecientes de escala) para un DMU particular puede ser determinada considerando si el valor de la Eficiencia Técnica (TE) para NIRS es igual al valor de la Eficiencia Técnica (TE) para VRS. Si son desiguales (punto P en el Figura 11) entonces existen “rendimientos crecientes a escala” (IRS) para ésa DMU. Si son iguales (punto Q en la Figura 1) entonces existirán “rendimientos decrecientes a escala” (DRS).

3.5. Características del método DEA

Como resumen de las características del método DEA, se podría decir que es una técnica de evaluación comparativa muy potente, que posee las siguientes ventajas en su aplicación:

- No exige del conocimiento previo de la función de producción sino, únicamente, de un conjunto de combinaciones de factores que generen cantidades de output. Está podría ser su mayor ventaja, su flexibilidad, en el sentido de que impone

condiciones menos restrictivas sobre la tecnología de referencia (forma de la función de producción) y también en cuanto a que se adapta a contextos multiproducto e, incluso, de ausencia de precios, con relativa sencillez.

- Se adapta al análisis de sectores que emplean en su proceso productivo múltiples inputs y generan varios outputs, es decir permite relacionar simultáneamente todos los inputs con los outputs, pudiendo identificarse cuales inputs están siendo infrutilizados. Esto se logra mediante la comparación de la mezcla y el volumen de los servicios prestados y los recursos utilizados por cada DMU en comparación con los de todas las otras DMUs.
- Se ajusta a situaciones en los que los precios de factores y productos son desconocidos o difícilmente calculables, puesto que el propio DEA el que genera valores para esos precios.
- Las empresas ineficientes son comparadas a las empresas reales, en lugar de alguna medida estadística, de esta forma ofrece una gran cantidad de información particularizada para cada DMU que puede ser empleada para establecer guías de actuación de cara a mejorar la eficiencia de las unidades ineficientes, específicamente en lo siguiente:
 - Calcula la cantidad y tipo de ahorro de costes y de recursos que se puede lograr haciendo que cada unidad ineficiente tan eficiente como la más eficiente - las mejores prácticas.
 - Se identifican los cambios específicos en las unidades de servicios ineficientes, que la administración puede implementar para lograr ahorros potenciales identificados mediante DEA. Estos cambios harían acercar el desempeño de las unidades ineficientes a la unidad de mejor actuación en la práctica. Además, DEA estima la cantidad de servicio adicional que una unidad ineficiente puede proporcionar sin la necesidad de utilizar recursos adicionales.
 - La administración de las DMU recibe información sobre el desempeño de las unidades de servicio que se puede utilizar para ayudar la transferencia del sistema y la experiencia administrativa de las unidades mejor gestionadas, es decir de las unidades relativamente eficientes a las unidades ineficientes. Lo que da como resultado la mejora de la productividad de las unidades ineficientes, lo que reduce los costos de operación y el aumento de la rentabilidad.

Sin embargo, al igual que otros métodos DEA presenta también inconvenientes:

- La exigencia de la homogeneidad de las DMUs sometidas a análisis, necesaria para evitar que las ineficiencias de las DMUs sean detectadas por causa de cualquier factor no uniforme y que queda centrada en dos aspectos: Debería haber adoptado la misma utilización de entradas y salidas, variando solamente la intensidad y la realización de las mismas tareas con los mismos objetivos,

trabajando en las mismas condiciones de mercado y con la misma autonomía en la toma de decisiones.

- Es un método determinístico y, por tanto, supone que cualquier alejamiento de la frontera de una asignación de insumos y productos se deberá únicamente a un comportamiento ineficiente, no dando paso a la cabida de ineficiencia por motivos aleatorios.
- Es un modelo con el que se debe tener especial cuidado al seleccionar las variables de entrada y salida (inputs y outputs) a incluir pues no existen pruebas adecuadas para estimar si los resultados del análisis son estables o variarían significativamente con la utilización de otro tipo de variables. Los índices de eficiencia tienden a ser sensibles a la elección de variables de entrada y de salida.
- Por lo tanto, debe realizar una selección previa de las variables, es decir, identificar las variables que pueden representar el método. La elección debe hacerse entre una amplia lista de posibles variables relacionadas con el modelo. Esta lista nos permite tener un mayor conocimiento de las unidades a ser evaluadas explicando mejor sus diferencias. Las variables deben reflejar de la mejor manera posible aspectos fundamentales del uso de recursos en la actividad de su interés. La decisión de qué variables entran en el modelo de manera efectiva debe ameritar un análisis exhaustivo.
- La fiabilidad de los resultados también depende de la relación existente entre el número de variables consideradas y el de unidades a analizar. Además, mientras más variables son incluidas en los modelos, el número de empresas en la frontera aumenta. Así,
 - Banker y otros (1989) establecían, a modo orientativo, el requisito de que el número de unidades analizadas sea mayor o igual a la suma de inputs y outputs para que el modelo tenga carácter discriminatorio. Otros autores como Norman, M. Stoker (1991) mencionan que veinte DMUs serían suficientes para no hacer depender del número de la cantidad de variables al modelo.
 - Según Sarkis (2002: 2) se menciona que los autores Boussofiane y otros(1991) estipulan que para obtener un buen poder discriminatorio de los modelos CCR y BCC el límite inferior del número de DMU debe ser un múltiplo del número de entradas y el número de salidas, Golany and Roll (1989) establecieron una regla de oro que el número de unidades debe ser de al menos el doble del número de entradas y salidas consideradas. Bowlin (1998) menciona la necesidad de tener tres veces el número de entradas y salidas. Dyson y otros (2001) recomiendan un total de dos veces el producto del número de variables de entrada y de salida. Por ejemplo, con un modelo de 3 de entrada y 4 salidas Boussofiane y otros(1991) recomienda como mínimo 12 DMU; Golany and Roll(1989)

recomiendan 14 DMU, mientras Bowlin(1998) recomienda 21 DMU, y Dyson(2001) recomienda 24 DMU.

3.6 Propiedades de los modelos para el método DEA

Según Giannakis, Jamasb y Pollitt (2003), Mello, Meza, Gomes y Neto (2005), los modelos a ser utilizados para el método DEA tienen propiedades comunes e individuales propias de cada modelo. A continuación se mencionan las propiedades más relevantes:

- Para cualquier modelo de DEA, cada DMU selecciona su propio conjunto de pesos, de modo que su rendimiento sea lo mejor posible en relación con los otros. Por lo tanto, cada unidad de decisión puede tener un conjunto diferente de pesos.
- Todos los modelos son invariantes a la escala de medición, es decir, usar como una variable, por ejemplo, la extensión de la red de distribución en km, m o cm no afecta el resultado;
- Para cualquier modelo DEA, la DMU que ofrece la mejor relación entre las salidas y las entradas será siempre eficiente;
- El modelo CRS tiene como principal propiedad la proporcionalidad entre las entradas y las salidas de la frontera, es decir, el aumento o la disminución de la cantidad de las entradas provocará un aumento o disminución proporcional al valor de las salidas;
- En el modelo VRS, la unidad de decisión que tiene el menor valor de una determinada entrada o el menor valor de una determinada salida será eficiente, esta unidad de decisión se denomina la partida eficiente.
- Para la evaluación de los modelos DEA deben ser verificados las correlaciones estadísticas entre los resultados: Una correlación negativa indica que las dos variables se mueven en direcciones opuestas, y que la relación también es más fuerte mientras más cerca a menos 1 el índice de correlación se mantiene. El análisis de correlación tiene como objetivo evaluar los resultados de cada modelo a partir de la composición de las entradas y salidas adoptadas.
- La definición estándar de eficiencia radial del modelo CRS, determina la reducción proporcional máxima posible de las entradas, mientras que las salidas se mantienen constantes. Una empresa fija la frontera para una determinada entrada o salida para recibir una eficiencia unitaria en esta entrada o salida, independientemente de cuán malo sea el desempeño de esta, en relación con las otras entradas y salidas. Así que sí una unidad de decisión (DMU) cuenta con un excelente rendimiento con respecto a los costos, alcanzando la frontera eficiente, ella continuará en la frontera cuando se añada las variables de calidad, incluso si su rendimiento no es tan satisfactorio.

- Las muestras pequeñas pueden limitar el número de variables en el modelo. Al mismo tiempo, es importante capturar todas las características principales de la actividad en cuestión.

En conclusión, es posible afirmar que la técnica DEA es apropiada para ser utilizada en la comparación de la eficiencia en el ámbito de las empresas de distribución de energía del FONAFE, en consideración de las ventajas que ofrece sobre otro tipo de métodos de cuantificación de la eficiencia y de las posibilidades que existen de minimizar los inconvenientes de su aplicación.

3.7 Índice de Productividad de Malmquist

El índice de productividad de Malmquist se introdujo en la literatura por Caves, Christensen y Diewert (1982, 1407). En este artículo, los autores proponen un índice obtenido a partir de las funciones de distancia de entradas y salidas para medir la evolución de la productividad de Malmquist. Una de sus principales ventajas es la capacidad de ser utilizado incluso cuando no hay suficiente información sobre los precios de las entradas y salidas.

Färe y Grosskopf (1992: 159) fueron los primeros en defender la posibilidad de obtener este índice mediante técnicas de programación matemática. El análisis envolvente de datos es el método más utilizado en las estimaciones del índice de Malmquist, pero también se puede obtener utilizando otros métodos, como Frontera Estocástica, por ejemplo.

La formulación utilizada en este trabajo es el mismo adoptado por Thanassoulis (2001), como se muestra en la ecuación (23).

$$MI = \left[\frac{C_{EF_{T0}^{D1}} * C_{EF_{T1}^{D1}}}{C_{EF_{T0}^{D0}} * C_{EF_{T1}^{D0}}} \right]^{1/2} \quad (23)$$

En la ecuación, el término $C_{EF_{T0}^{D1}}$ representa el coeficiente de eficiencia calculado utilizando DEA, considerando el modelo CRS para una DMU se mide en relación a la tecnología del año 0 y los datos de entrada y salida de la misma DMU considerando el año 1.

La razón del lado izquierdo mide la eficiencia de la DMU con los datos del período 1 (**D1**), con una tecnología del año 0 (**T0**), con relación a la eficiencia de la DMU con los datos de la tecnología del año 0 (**D0** y **T0**).

La razón del lado derecho mide la eficiencia de la DMU con los datos de la tecnología del año 1 (**D1** y **T1**), con relación a la eficiencia de la DMU con los datos del año 0 (**D0**) y la tecnología del año 1 (**T1**).

Una ventaja del índice de Malmquist es la posibilidad de descomposición. Según Fare y Grosskopf (1992), el índice puede ser dividido en componentes de aumento de la

productividad y de cambio de frontera, tal como se describe en la ecuación (24). El factor de aumento de la productividad es una medida de cuanto la DMU se acercó a la frontera (componente del lado izquierdo). El cambio de frontera (componente del lado derecho) refleja el nivel de cambio tecnológico y de innovación.

$$MI = \frac{C_{EF_{T1}^{D1}}}{C_{EF_{T0}^{D0}}} X \left[\frac{C_{EF_{T0}^{D1}} * C_{EF_{T0}^{D0}}}{C_{EF_{T1}^{D1}} * C_{EF_{T1}^{D0}}} \right]^{1/2} \quad (24)$$

Además, Fare, Grosskopf y Lovell (1985) propusieron la descomposición del factor de aumento de productividad en factores de “eficiencia técnica pura” y de “eficiencia de escala”, según la ecuación (25). El factor de aumento de eficiencia técnica pura (componente del lado izquierdo) es similar al factor de aumento de eficiencia, sin embargo, es medido con una variable de rendimientos variables a escala, utilizando el modelo de VRS. Mientras que el factor de captación de eficiencia de escala (el componente del medio) muestra cómo la empresa se convierte eficiente en escala.

$$MI = \frac{B_{EF_{T1}^{D1}}}{B_{EF_{T0}^{D0}}} X \frac{EE_{EF_{T1}^{D1}}}{EE_{EF_{T0}^{D0}}} X \left[\frac{C_{EF_{T0}^{D1}} * C_{EF_{T0}^{D0}}}{C_{EF_{T1}^{D1}} * C_{EF_{T1}^{D0}}} \right]^{1/2} \quad (25)$$

Los componentes del índice de productividad de Malmquist, tal como se especifica en las ecuaciones (23-25) pueden ser calculados por separado con el Análisis Envolvente de Datos. Los componentes de eficiencia con los datos de tecnología del mismo año pueden ser calculados utilizando el método DEA básico descrito en la ecuación (15). La eficiencia temporal cruzada con base en la tecnología del año 0 y datos del año 1 año puede ser calculada a partir de la ecuación (26) con los datos de la especificación utilizada en Thanassoulis (2001).

$$\begin{aligned} & \text{Min } w, \lambda (w) && (26) \\ \text{s.a} & -q^1 + Q^0 \lambda \geq 0, \\ & w x^1 + X^0 \lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0. \end{aligned}$$

Los superíndices 1 y 0 para las entradas x y salidas q de la n -ésima DMU indican el período de tiempo relevante para los datos utilizados para el cálculo de la eficiencia. Los superíndices para la matriz de entrada X y la matriz de salida Q indican el período de tiempo para la tecnología utilizada para el cálculo de la eficiencia. Este procedimiento puede ser modificado para calcular la eficiencia relativa de los componentes restantes de la ecuación (24) con la tecnología del año 1 y los datos del año 0.

3.8 Estado del arte

La revisión del estado del arte de la evaluación comparativa de la eficiencia en las empresas de distribución, para su mejor comprensión la clasificaremos para los fines de la presente investigación en tres partes:

- Trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia en general.
- Trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia que incluyen parámetros de calidad de suministro.
- Trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia desarrollados en el Perú.

3.8.1 Trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia en general.

El proceso de transformación del sector eléctrico en la década del 90, donde muchos países enfrentaron oleadas de reformas institucionales y de organización de la industria de la electricidad en ese momento, originó los primeros trabajos de medición de la eficiencia en el sector eléctrico, el propósito de estos trabajos fue establecer rankings de eficiencia y aumentar la eficiencia del sector (JAMASB y Pollit, 2001). Este efecto también se observó en países como Tailandia (CHIRARATTANANON y NIRUKKANAPORN, 2006); India; (Gupta y SRAVAT, 1998); Turquía (Erdogdu, 2007); Colombia; (CAVALIERE y otros, 2007); Argentina, (Estache y otros, 1999) y otros.

En respuesta a esta necesidad de medición de la eficiencia, el uso de herramientas como la evaluación comparativa DEA se volvió muy usual en los estudios de investigación. Así, por ejemplo, uno de los primeros trabajos en esta línea es el estudio de Weyman - Jones (1991), que aplica el método DEA a un conjunto de 12 distribuidores en el Reino Unido para el período 1986-1987, para evaluar la eficiencia de las empresas de distribución en Inglaterra y Gales, y establece un ranking para doce empresas y muestra que cinco de ellas pueden considerarse eficientes, concluyendo que el análisis de la eficiencia a través de DEA es útil para comparar a las compañías de distribución en un contexto de regulación.

Asimismo, Miliotis (1992) utiliza DEA en un análisis de 45 distribuidores en Grecia, los resultados indican el uso excesivo del factor trabajo en las empresas menos eficientes, por lo tanto, la reducción de la cantidad de trabajadores sería la mejor estrategia a adoptar por estas empresas para aumentar la eficiencia. Thakur y otros (2006) y Yadav y otros (2011) muestran que estos resultados son comunes a las empresas indias también ineficiente, ambos autores hacen uso de la DEA, pero con los datos para el año 2001-2002 y 2007-2008, respectivamente.

Otra cuestión inherente a la literatura sobre eficiencia en empresas de distribución es la privatización, la relación entre eficiencia y la propiedad empresas públicas y privadas se encuentran entre los temas más estudiados. Un argumento económico a favor de la privatización es que aumenta la rentabilidad y la competencia necesaria para generar incentivos para la eficiencia y calidad (Megginson, 2005).

Sclar (2000) no está de acuerdo y sostiene que afirmar que la privatización mejora el desempeño de las empresas es demasiado simplista, porque ignora las cuestiones relacionadas con el desempeño de las empresas estatales como elecciones competitivas y el escrutinio minucioso de los medios de comunicación sobre las operaciones del gobierno. Esta disonancia en el fundamento teórico es seguida por resultados empíricos contradictorios.

En un análisis de los estudios de caso de Turquía como Bagdadioglu y otros (1996) indican que la privatización tiene un efecto reductor sobre las ineficiencias de las distribuidoras, los autores emplean el modelo DEA como referencia. En contraste con los resultados anteriores, Kwoka (2005) concluye que las empresas estadounidenses públicas son más eficientes que las privadas.

Sobre este tema en particular, Motta (2004) para Brasil, y Pombo y Taborda (2006) para Colombia, no encuentran significación estadística para afirmar que el régimen de propiedad impacta en la eficiencia de las distribuidoras. Por lo tanto, en lo referido a este aspecto los resultados son diferentes, lo que hace que sea imposible llegar a un consenso sobre el impacto de la privatización de las empresas sobre su eficacia. Otros aspectos analizados es el análisis de las economías de escala y los factores ambientales (Kumbhakar Hjalmarsson, 1998).

En cuanto al alcance de los estudios desarrollados, se dividen entre los que se centran en un país (individual) y los que cubren varios países. Los estudios de un país individual son más comunes entre los reguladores y los estudios académicos. Los estudios comparativos entre países, tienen la ventaja de la adición de más agentes comparativos a la muestra, lo que proporciona una mayor robustez al estudio (JAMASB y Pollit, 2003). Aunque las diferencias entre las empresas de diferentes países hacen delicada la comparabilidad de las empresas bajo este enfoque.

La revisión de estos estudios muestra que la metodología DEA ha sido empleada para abordar diferentes aspectos de la actividad de distribución de energía eléctrica, incluyendo la medición de eficiencia en el sector público y privado, evaluación comparativa entre empresas de un solo país y entre países, comparación de eficiencia entre el sector público

y privado, medición del desempeño a través del tiempo y análisis de situación ex ante y ex post de los cambios regulatorios, entre otros.

Las principales características de algunos estudios publicados en diferentes países en la Tabla 11 siguiente:



Tabla 11: Evaluación comparativa de la eficiencia en general de empresas distribuidoras de energía.

Autor	Objeto del estudio	VARIABLES DE ENTRADAS	VARIABLES DE SALIDAS	Número de DMU	Métodos de eficiencia y productividad	Orientación
Weyman-Jones (1991)	Eficiencia productiva en una industria regulada: En el área de electricidad de Inglaterra y Gales.	E1-Capital financiero, E2-capital físico (km de red de distribución) y E3-mano de obra (número de empleados)	S1-Ventas (kWh) a clientes domésticos, S2-comerciales e industriales.	12	CCR	Entrada
Hjalmarsson and Veiderpass (1992)	Productividad en la distribución de electricidad minorista de Suecia.	E1-Fuerza de trabajo (h), E2-Líneas de alto voltaje (km), E3-líneas de bajo voltaje (km), E4-capacidad de transformación (kVA)	S1-Ventas en alto y bajo voltaje (kWh), S2-número de clientes para alto y bajo voltaje		CRS	No hay información
Miliotis (1992)	Obtener la medición de eficiencia para los 45 distritos de distribución de electricidad de la Corporación Pública de Energía de Grecia	E1-Longitud total de red (km); E2-Capacidad total de transformación instalada (KVA); E3-Gastos generales (dracmas); E4-Horas laborales administrativas; E5-Horas laborales técnicas;	S1-Número de usuarios; S2-Ventas de energía(kWh); S3-Área total(km ²)	45	CCR	Entrada
Pollit (1994)	Eficiencia productiva en sistemas de transmisión y distribución.	E1-No de trabajadores, E2-N° de transformadores, E3-kilometros de redes	S1-N° clientes, S2-Electricidad ofertada (KWh), S3-Área de servicio	145	DEA, OLS	Entrada
Bagdadioglu et al. (1996)	Benchmarking entre las empresas públicas y privadas midiendo la eficiencia relativa en sector de distribución de energía eléctrica en Turquía en 1991	E1-Empleados; E2-Capacidad de transformación (MVA); E3-Longitud de red (km); E4-Gastos Generales (Millones de liras turcas); E5-Pérdidas en la red (MWh)	S1-Número de usuarios; S2-Ventas (MWh); S3-Demanda máxima (MW); S4-Área de servicio (km ²);	70	CCR y BCC	Entrada
Forsund y Kittelsen (1998)	Estudiar el desarrollo del factor de productividad total de empresas de distribución en Noruega entre los años 1983 y 1989	E1-Número de empleados; E2-Pérdidas de energía (MWh); E3-Materiales (miles coronas noruegas); E4-Capital (miles coronas noruegas);	S1-Índice de distancia ¹¹ ; S2-Número de usuarios; S3-Ventas totales de energía(MWh)	157	CCR	Entrada
Scarsi (1999)	Distribución de electricidad local en Italia: análisis comparativo de la eficiencia y verificación cruzada metodológica	E1-N° de empleados, E2-kilometros de línea de distribución	S1-Energía Distribuida, S2-N° de clientes	76	CCR	Salida

Autor	Objeto del estudio	VARIABLES DE ENTRADAS	VARIABLES DE SALIDAS	Número de DMU	Métodos eficiencia y productividad	Orientación
Hattori et al. (2002)	Análisis de la eficiencia relativa de la distribución de electricidad en el Reino Unido y Japón durante el periodo 1985-1998 con el fin de proveer otro posible ejemplo de comparación internacional	E1-Opex13; E2-Totex; E3-Densidad de usuarios; E4-Ventas totales por potencia; E4 factor de carga	S1-Número total de usuarios; S2-Energía vendida (MWh); S3-Energía vendida sector residencial (MWh); S4-Energía vendida sector no residencial(MWh); Longitud total de red	21	CCR y BCC	Entrada
Pacudan y De Guzmán (2002)	Analizar el efecto de las políticas de eficiencia energética sobre la eficiencia técnica de la industria de distribución de electricidad en Filipinas	E1-Número de empleados; E2-Longitud de red(km); E3-Pérdidas en la red(GWh);	S1-Número de usuarios; S2-Ventas de energía(GWh); S3-Área de servicio(km2)	15	CCR y BCC	Entrada
Chen (2002)	Comparar la eficiencia técnica y la eficiencia cruzada del sector de distribución de electricidad en Taiwán en 1997/98	E1-Capacidad total de transformación (MVA); E2-Longitud de red (km); E2-Gastos generales S1-Número de usuarios residenciales;	S1-Número de usuarios residenciales; S2-Número de usuarios no residenciales; S3-Ventas sector residencial (MWh); S4-Ventas sector no residencial (MWh); S5-Demanda máxima (MW); S6-Ingresos totales por energía vendida; S7-Número de empleados;	22	CCR	Entrada
Resende (2002)	Medición de eficiencia para la distribución de electricidad en Brasil en los años 1997 y 1998	E1-Número de empleados; E2-Capacidad de transformadores (MVA); E3-Extensión de red (km);	S1-Área de concesión (km2); S2-Número de usuarios; S3-Ventas sector industrial (MWh); S4-Ventas sector residencial (MWh);	24	CCR y BCC	Entrada
Edvarsen y Forsund (2003)	Evaluación comparativa Internacional de Empresas Eléctricas de Distribución	E1-Costos de operación y mantenimiento, E2-valor de reemplazo, E3-pérdidas	S1-Energía Distribuida, S2-Nº de clientes		DEA (Producción)	No hay información
Edvarsen y Forsun (2003)	Medición de eficiencia técnica e índice de productividad de Malmquist para comparar internacionalmente el sector de distribución entre los países de Dinamarca, Finlandia, Noruega, Suiza y Holanda en el año 1997	E1-Costo de nómina (francos suizos); E2-Costo total de operación y mantenimiento (francos suizos); E3-Valor de reposición (coronas noruegas); E4-Pérdidas (MWh);	S1-Ventas de energía (MWh); S2-Número de usuarios	9	CCR y Malmquist	Entrada

Autor	Objeto del estudio	VARIABLES DE ENTRADAS	VARIABLES DE SALIDAS	Número de DMU	Métodos eficiencia y productividad	Orientación
Sanhueza (2003)	Fronteras de eficiencia, metodología para la determinación del valor agregado de distribución	E1-Costos de operación y mantenimiento, E2-costos de capital, E3-número de trabajadores, E4-remuneraciones, E5-energía no vendida	S1-Ventas de energía (kWh), S2-Máxima demanda (kW), S3-Número de clientes, S4-longitud de red de distribución (Km)	35	VRS	Entrada
Motta (2004)	Comparando el desempeño de la distribución de energía eléctrica en Brasil y EE.UU.: ¿Cuál fue el impacto de la privatización?	E1-Costos operacionales, E2-Costos operacionales totales (incluidos costos de capital)	S1-Ventas totales (MWh), S2-número de clientes y S3-longitud de la red de distribución (km)	86	CCR	No hay información
Pombo y Taborda (2004)	Evaluar el desempeño y la eficiencia para el sistema de distribución de energía de Colombia después de la reforma regulatoria de 1994.	E1-Número de empleados en distribución; E2-Longitud de red(km); E3-Transformadores;	S1-Número de usuarios; S2-Ventas de energía(GWh); S3-Área de servicio urbana(km ²)	12	CCR y BCC	Entrada
Von Hirschhausen (2005)	Análisis de eficiencia de las empresas de distribución de electricidad Alemanas: Pruebas No- paramétricas y paramétricas	E1-Trabajo, E2-capital y la capacidad de carga máxima	Unidades vendidas y el número de clientes.	307	CRS	Salida
Thakur, Deshmukh y Kaushik (2006)	Explorar las ineficiencias de las empresas de electricidad de propiedad estatal de India, con el fin de delinear e identificar las causas subyacentes de los inadecuados desempeños del sector	E1-Costos totales (Rs millones); E2-Número de empleados: E3-Extensión de red (km);	S1-Número de usuarios; S2-Ventas energía (MWh);	26	CCR y BCC	Entrada
Yang y Lu (2006)	Propuesta de un método DEA alternativo para explorar la eficiencia, la localización de recursos y el benchmarking de los distritos de distribución de la Compañía Eléctrica de Taiwán en el 2003	E1-Costos de nómina; E2-Costos operacionales; E3-Activos fijos; E4-Extensión de red (km); E5-Capacidad de transformadores;	S1-Número de usuarios; S2-Ventas energía (MWh); S3-Porcentaje de pérdidas de energía	24	CCR y BCC	Entrada
Abbot (2006)	La productividad y la eficiencia de la industria de suministro de electricidad de Australia.	E1- Capital físico (líneas de distribución, capacidad de las líneas de transmisión y capacidad de las líneas de generación y capacidad de las subestaciones de transmisión), E2-energía usada	S1-Consumo de energía (MWh)	7	DEA	No hay información
Yu et al. (2007)	Incorporando el precio de la calidad en los análisis de la ineficiencia: El caso de la regulación de la distribución de electricidad en el Reino Unido.	Costos operacionales, Costos operacionales totales (incluidos costos de capital), duración de las interrupciones de energía y pérdidas (con sus respectivos precios)	Número de clientes, Energía distribuida (GWh), y Longitud de las líneas (km)	14	CCR	Entrada

Autor	Objeto del estudio	VARIABLES DE ENTRADAS	VARIABLES DE SALIDAS	Número de DMU	Métodos eficiencia y productividad	Orientación
Sadjadi Ohrami, (2008)	Análisis envolvente de datos robusto para datos discretos inciertos: Una aplicación para las empresas de distribución de electricidad de Irán.	Número de trabajadores, Capacidad de transformación (MVA), Longitud de la red y capacidad de transformación, Longitud de la red y ventas de energía (Km y MWh respectivamente).	Número de trabajadores, Capacidad de transformación y longitud de la red.	38	CRS	Entrada
Estache et al (2008)	¿Son las empresas de distribución de electricidad de África eficientes? La evidencia de los países de África del Sur.	Capacidad instalada (MW) y número de trabajadores	Generación (GWh), Número de clientes y Ventas (GWh)	12	CRS, VRS	Entrada
Ramos-Real et al., (2009)	La evolución y principales determinantes de la productividad de la distribución de electricidad en Brasil de 1998-2005: Un análisis empírico.	Longitud de la red eléctrica (Km), Número de empleados, pérdidas (GWh)	Ventas (GWh), Número de Clientes	18	CRS, VRS	Entrada
González (2010)	Establecer índices de productividad que permitan encontrar valores de eficiencia, con el fin de establecer escalas de remuneración por concepto de gastos AOM en Colombia durante los años 2004 y 2005.	E1-Gastos de administración, S1-Longitud de red, S2-Propiedad planta y equipo	S1-Longitud de red, S2-Propiedad planta y equipo	24	CCR y BCC	Entrada
Souza et al (2010)	Los costos de operación eficientes de las empresas distribuidoras de electricidad: Una comparación entre los modelos DEA y SFA	Costos operacionales (POEX)	Cantidad de energía distribuida (MWh), Número de clientes, Extensión de la red de distribución (km)	40	CRS, VRS, NDRS	Entrada
Salazar et al. (2011)	Estudio de la fusión de mercados de comercialización y su consecuencia en la cobertura y costos de comercialización y distribución en Colombia	E1-Capacidad promedio de transformadores; E2-Longitud de red; E3-Gastos de AOM más inversiones en red; E4-Índice urbano (# usuarios urbanos/total usuarios);	S1-Ventas de electricidad	28	CCR y BCC	Entrada
Kuosmanen et al (2013)	¿Cuál es la mejor práctica para la Regulación por comparación de la Distribución de Electricidad? Comparación de los métodos DEA, SFA y StONED.	Energía transmitida, Longitud de la red, Número de clientes.		89	DEA STONED CRS	No hay información

Fuente: Elaboración propia.

3.8.2 Trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia que incluyen parámetros de calidad de suministro.

Para el objeto del presente estudio, que está enfocado a la evaluación de la eficiencia de las empresas de distribución de propiedad estatal incluyendo en la evaluación indicadores de calidad de suministro, el estado del arte nos indica que no se han desarrollado muchos trabajos, a continuación se hace referencia de algunos desarrollados:

Estellita y otros (2007) desarrollado en Brasil, que han incluido los indicadores de calidad de suministro DEC⁷ y FEC⁸, conjuntamente con el Número de empleados, los costos operacionales, pérdidas de energía y longitud de la red como las variables de entrada para la evaluación de la eficiencia de 18 empresas distribuidoras en Brasil. El estudio es una propuesta alternativa al estudio de determinación de la eficiencia de las empresas distribuidoras desarrollada por el regulador ANNEL, desde el punto de vista de las empresas de distribución, cuyo objetivo es dar a los gestores de las empresas mayor flexibilidad para buscar mejoras en la eficiencia, respetando sus objetivos estratégicos.

A diferencia del modelo planteado por el regulador que plantea una evaluación de la eficiencia homogénea para todas las empresas, el estudio a través de un modelo DEA complementario al planteado por el regulador desarrollado en una segunda fase, que considera la fijación de ponderadores sobre las variables de entrada de cada empresa los mismos que cada empresa tiene la opción de establecer, con el propósito que dicha selección la realice de acuerdo a su realidad y su proyección empresarial, la misma que no necesariamente es la misma que el regulador plantea.

Sin embargo, el estudio como conclusión resalta que permanecen aún, los grandes retos para la planificación y el ritmo de tiempo correspondiente para la obtención de la meta propuesta de eficiencia. Además, destaca que la metodología propuesta, es decir el análisis bajo la doble perspectiva regulador y empresa, puede proporcionar información importante para el concesionario evaluado para afrontar las discusiones con el regulador, en el sentido de que se establezcan objetivos más adecuados a sus características.

Giannakis y otros (2003) utilizó el método de análisis envolvente de datos (DEA), método de frontera para medir la eficiencia técnica (TE) basado en funciones de entrada no paramétricas y de productividad total de los factores (PTF) mediante los índices de Malmquist; entre 14 empresas de distribución del Reino Unido para el período 1991-1992 y 1998-1999. Las variables de entrada utilizadas en el modelo fueron los indicadores de calidad de suministro NINT⁹ y TINT conjuntamente con los gastos de operación OPEX¹⁰ y los gastos totales TOTEX¹¹.

⁷ DEC (Duración equivalente de interrupción por unidad de consumo), es el intervalo de tiempo que en promedio en cada unidad de consumo de un determinado grupo se suspendió la distribución de electricidad, durante el período de observación.

⁸ FEC (Frecuencia Equivalente de Interrupción por Unidad Consumidor), es el número de interrupciones que se produjeron en promedio durante el período de observación en cada unidad de consumo.

⁹ En este estudio se adoptaron los índices de calidad de suministro de OFGEM (2000: 57-58), que miden (i) Número de clientes por 100 usuarios conectados" = ((Suma del número de clientes con interrupción por todos los incidentes *100)/(Número de clientes conectados) asociado a la seguridad del abastecimiento y (ii)

Los resultados mostraron que las empresas rentables no mostraron necesariamente alta calidad de servicio, sin embargo se menciona que es conveniente integrar la calidad del servicio en un análisis de evaluación comparativa.

Yu y otros (2009) presentó un enfoque empírico para medir e incorporar la calidad del servicio en el análisis de la evaluación comparativa de las redes de distribución de electricidad del Reino Unido de 1990 a 1991 y de 2003 a 2004 mediante la técnica DEA extendiendo la investigación anterior de Giannakis y otros (2005). Los resultados mostraron que desde un punto de vista de la eficiencia, el costo y la calidad no son separables y que hay potenciales compensaciones entre costos y calidad del servicio.

Coelli y otros (2008) estimaron un modelo de evaluación comparativa que incorpora un parámetro de calidad de servicio para 92 empresas de distribución de energía eléctrica de Francia para el período 2003-2005. Dicho estudio en sus modelos como variable de entrada incluyó el indicador de calidad de suministro NINT ($NINT = SAIFI \times \text{Número total de clientes}$), conjuntamente con el costo del Capital y los costos operacionales.

Usando ambas técnicas DEA y SFA en la estimación de las funciones de distancia, los resultados mostraron que la inclusión de variables de calidad de servicio (NINT) no tuvieron un efecto significativo en las puntuaciones medias de eficiencia técnica, es decir incluir un indicador de calidad en la evaluación comparativa de eficiencia no tiene efecto significativo. Sin embargo, en este análisis encontramos que el precio sombra medio en términos de gastos operativos de una sola interrupción varía de aproximadamente ocho a once euros por año. En otras palabras, los operadores de distribución de energía eléctrica se enfrentan a una disyuntiva entre realizar inversiones en la red y realizar gastos de operación, pero las interrupciones están estrechamente correlacionadas con la densidad de los clientes. Estos resultados resultan útiles para propósitos de diseño de regulación, ya que podrían ser comparados con la voluntad de los clientes y la sociedad para pagar por el nivel de calidad producida por cada empresa.

Growitsch y otros (2006) realizaron análisis de la eficiencia de las redes de distribución de siete países europeos mediante el método de análisis de frontera estocástica (SFA) para estimar la eficiencia de costos y economías de escala. El estudio resalta la importancia económica de la calidad del servicio en las industrias de infraestructura de monopolio natural e introduce en los modelos incorpora la calidad de suministro del servicio mediante el uso del indicador LMC “cantidad de minutos perdidos por los clientes”. LMC mide la duración media de interrupciones por cliente conectado y es un indicador de

“Promedio de minutos perdidos por cliente conectado” = ((La suma de los minutos perdidos por los clientes en todas las etapas de restauración del servicio para todos los incidentes)/(Número de clientes conectados) asociado a la disponibilidad de la oferta). Como DEA requiere de cantidades absolutas de entradas y salidas con el fin de calcular la eficiencia de la DMU. Se utilizaron los valores no-normalizados de datos de OFGEM (i) NINT número de interrupciones y (ii) TINT el Tiempo total perdido por los clientes.

10 OPEX costos controlables no incluyen la depreciación, gastos de la red de transmisión, y las tasas de impuestos.

11 TOTEX es la suma de OPEX más las inversiones en la red y los gastos de capital no operacionales.

la confiabilidad del servicio, siguiendo a Yaisawarng y Klein (1994) y Giannakis y otros (2005), se considera el indicador LMC como entrada indeseable, asumiendo una relación sustitutiva entre el gasto total y la duración de las interrupciones. En un modelo de función de distancia, una empresa eficiente puede reducir la LMC y el costo, manteniendo un nivel dado de salidas se consideran también otra variable de entrada TOTEX¹².

Los resultados indican que la introducción de la dimensión de calidad en el análisis afecta los valores la eficiencia, en especial de las empresas distribuidoras más pequeñas de manera significativa, la eficiencia parece disminuir. Los resultados ponen de relieve que la calidad del servicio debe ser una parte integral del análisis de la eficiencia y la revisión económica de los monopolios naturales regulados.

Growitsch y otros (2010) explora mediante la técnica DEA, el impacto de la incorporación de la variable “disposición de los clientes a pagar por calidad de servicio”, en la evaluación comparativa de los modelos de eficiencia de costos de la redes de distribución en Noruega, se utiliza un conjunto de datos de panel para 131 operadores de redes de distribución de Noruega del período 2001 al 2004.

Cabe señalar que Noruega cuenta con un enfoque regulatorio que integra los costos de la calidad (en la forma del valor de la energía no suministrada); en el estudio de evaluación comparativa de eficiencia se discute la medida en que este instrumento de regulación motiva un nivel de calidad socialmente deseado.

La especificación de los dos modelos DEA desarrollados en el estudio, presenta una variable de entrada y dos de salida. El primer modelo tiene como variable de entrada los gastos totales TOTEX el que está conformado por la suma de OPEX más CAPEX, que influyen en la productividad del operador de la red sin tener en cuenta explícitamente los aspectos de calidad. El segundo modelo tiene como variable de entrada el costo total social SOTEX con el fin de reflejar el impacto de los incentivos de calidad. SOTEX es la suma del TOTEX (costos de producción totales) más los costos externos incurridos por los clientes debido a una baja calidad del servicio es decir, el costo de la energía no suministrada (CENS). Por lo tanto, los índices de eficiencia resultantes de SOTEX¹³ reflejan la capacidad del operador de red para equilibrar el equilibrio entre los costos y la calidad eficientes.

¹² La entrada de costos se utiliza para representar los gastos totales (TOTEX) o costo total de efectivo en términos monetarios definidos como la suma de los gastos operativos (OPEX) y los gastos de capital (CAPEX). Mientras OPEX representa los costos de operación y mantenimiento (O & M), CAPEX representa los desembolsos de capital brutos anuales de una empresa.

¹³ $SOTEX = TOTEX + CENS$ y $CENS = ENS * IC$. El costo externo de la energía no suministrada (CENS) viene a ser igual al producto de la energía no suministrada (ENS) por el IC (costo de una interrupción del servicio para los clientes) debido a mala calidad para un determinado grupo de clientes. La disposición a pagar (WTP) de los clientes por un cierto nivel de calidad es un nivel socialmente óptimo de la calidad, sin embargo la cuantificación de este parámetro es bastante difícil, motivo por el cual se aproxima a partir de su inverso, que es el costo de una interrupción del servicio para los clientes (IC) debido a mala calidad.

Los resultados indican que la internalización de los costos externos o costos sociales de la calidad del servicio no parecen haber jugado un papel importante en la mejora de la eficiencia de costos en los servicios públicos de distribución de Noruega.

Las principales características de algunos estudios publicados en diferentes se incluyen en la Tabla 12 siguiente:



Tabla 12: Evaluación comparativa de la eficiencia de empresas distribuidoras de energía que incluyen variables de calidad de suministro.

Autor	Objeto del estudio	Variables de Entradas	Variables de Salidas	Variables de calidad de suministro	Número de DMU	Métodos eficiencia y productividad	Orientación
Giannakis y otros (2003)	Análisis de las empresas de distribución del Reino Unido para determinar si es deseable incorporar la calidad del servicio dentro del incentivo regulatorio de la red eléctrica, en el periodo 1991, 1992, 1998 y 1999	<u>Modelo 1:</u> E1-OPEX <u>Modelo 2:</u> E2-TOTEX <u>Modelo 3:</u> E1-TINT, E2-NINT <u>Modelo 4:</u> E1-TOTEX, E2-TINT, E3-NINT	Todos los modelos: S1-Número total de usuarios; S2-Energía vendida; S3-Longitud total de red	Utilizadas como entradas TINT ; NINT	14	CCR y BCC - Malmquist	Entrada
GROWITSCH Christian, Tooraj JAMASB, Michael POLLITT (2006)	Calidad de servicio, eficiencia y escala en la industria de redes: Un análisis de las empresas de distribución de electricidad.	E1-TOTEX, E2-CML (Customer minutes lost)	S1-Número de clientes, S2-Número de unidades de energía suministrada (GWh)	Utilizado como entrada CML	505	SFA	
Estellita, Vervolet, Calôba y Moreira da Silva (2007)	Comparación de la eficiencia de empresas distribuidoras de Brasil en el año 2000, para diseñar una herramienta que permita a las Empresas escoger sus propios objetivos con el fin de poder discutir con el Regulador el próximo periodo regulatorio	E1-Costos operacionales (R\$/MWh); E2-Número total empleados; E3-Pérdidas de energía (%); E4-DEC (No. Int. /Año) 10; E5-FEC (horas/año); E6-Longitud de red (miles de km).	S1-Número de usuarios; S2-Ventas de energía(GWh/año); S3-Área de servicio(km2)	Utilizado como entrada DEC, FEC	18	BCC	Entrada
COELLI, T., Hélène CRESPO, H., Alexis PASZUKIEWICZ, A., Sergio PERELMAN., Marie Anne PLAGNET and Eliot ROMANO (2008)	Incorporación de la calidad del servicio al modelo de evaluación comparativa: Una aplicación a las Empresas operadoras de la distribución de electricidad de Francia	<u>Modelo 1:</u> E1-OPEX <u>Modelo 2:</u> E2-TOTEX <u>Modelo 3:</u> E1-Capital, E2-Opex, E3-NINT	S1-Energía suministrada (GWh), S2-Número de clientes y S3-Longitud de redes (Km) ó, alternativamente, área del servicio(Km2)	Utilizadas como entradas TINT; NINT	92	DEA y SFA	Entrada
Yu William; Tooraj JAMASB y Michael POLLITT (2009)	Disposición a pagar por la calidad del servicio: Una aplicación del análisis de la eficiencia de las empresas de distribución del Reino Unido.	<u>Modelo 1:</u> E1-OPEX, <u>Modelo 2:</u> E1-TOTEX, <u>Modelo 3:</u> E1-TOTEX E2-Minutos perdidos por clientes (CML) <u>Modelo 4:</u> E1-OPEX, E2-Minutos perdidos por clientes (CML), E3-Pérdidas de energía, <u>Modelo 5:</u> E1-TOTEX, E2-Minutos perdidos por clientes (CML), E3-Pérdidas de energía.	S1-Número de usuarios; S2-Energía suministrada(GWh/año); S3-Longitud de redes(km)	Utilizado como entrada CML (Customer minutes lost)	14	CCR y BCC	Entrada

Autor	Objeto del estudio	Variables de Entradas	Variables de Salidas	Variables de calidad de suministro	Número de DMU	Métodos eficiencia y productividad	Orientación
GROWITSCH Christian, Tooraj JAMASB, Christine MULLER, Matthias WISSNER (2010)	Integración de la valoración de la calidad del servicio del cliente con el costo social eficiente en la regulación por incentivos: Evidencia del caso de Noruega.	E1-TOTEX, E2-SOTEX	S1-Energía suministrada (GWh), S2-Número de clientes S3- Área del servicio (Km2)	Utilizado como entrada SOTEX	131	DEA	Entrada
CAMBINI Carlo, Annalisa CROCE y Elena FUMAGALLI (2014)	Regulación por incentivos basada en los resultados en la distribución eléctrica: Evidencia de Italia.	<u>Modelo 1:</u> E1-Capital, E2-OPEX; <u>Modelo 2:</u> E1-Capital, E2-OPEX + penalidades - recompensas; <u>Modelo 3:</u> E1-Capital, E2-OPEX+costo de la energía no suministrada.	S1: Energía consumida; S2- Número de clientes de BT	Utilizado como entradas: Penalidades-recompensas; costo de la energía no suministrada.	115	DEA	Entrada
Xiaomei Cheng, Endre Bjørndal, Mette Bjørndal (2014)	Análisis de la eficiencia de costos basado en los modelos DEA y StONED: El caso de las empresas de distribución de electricidad de Noruega	E1-Capital (Costos de capital, costos de operación y mantenimiento, costos de calidad (valor de pérdidas de carga), costo de pérdidas de energía de origen térmico)	S1-Energía distribuida, S2- Número de clientes (sin incluir clientes rurales), S3- Número de Clientes rurales, S4-Líneas de alto voltaje, S5-Número de subestaciones	Incluido en la variable de entrada Capital: Costo de calidad	123	DEA yStoneD	Entrada
S. S. Xavier, J. W. Marangon Lima, L. M. Marangon Lima, A. L. M. Lopes (2015)	¿Cuán eficientes son las compañías de distribución de electricidad de Brasil?	<u>Modelo 1:</u> E1-Longitud de la red, E2-Capacidad de los transformadores, E3- Número de trabajadores; <u>Modelo 2:</u> E1-Longitud de la red, E2-Capacidad de los transformadores, E3- Número de trabajadores, E4-TINT.	Todos los modelos: S1-Energía distribuida, S2-Número de clientes.	Utilizado como entrada: TINT	70	DEA	Entrada

Fuente: Elaboración propia

3.8.3 Trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia en el Perú.

Pérez-Reyes y Tovar (2008) con la finalidad de evaluar el efecto de la gestión privada sobre la eficiencia de las empresas distribuidoras, analizan los determinantes de la eficiencia técnica en esta actividad para el período de análisis 1996-2006, utilizando datos de 14 empresas distribuidoras. Los autores utilizan el método DEA y luego realizan un análisis de segunda etapa mediante un modelo de regresión Tobit, para contrastar las posibles diferencias en eficiencia entre las distribuidoras de electricidad privadas y públicas. Como resultado se señala que hay evidencia de que la eficiencia de las empresas analizadas está relacionada directamente con el régimen de propiedad e inversamente con la inversión por cliente. Se plantea la modificación del entorno institucional de las empresas distribuidoras estatales, para que puedan operar de manera similar a las privadas, con el propósito de alcanzar una mayor eficiencia productiva.

Las principales características de algunos estudios publicados en el Perú se muestran en la Tabla 13 siguiente:

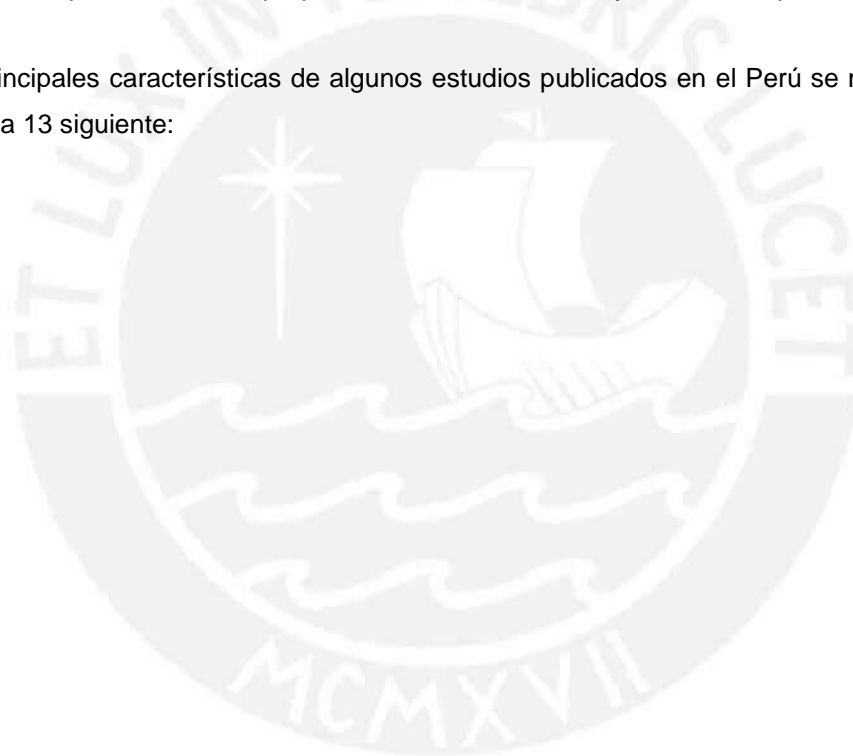


Tabla 13: Evaluación comparativa de la eficiencia de empresas distribuidoras de energía desarrollados en el Perú.

Autor	Objeto del estudio	Variables de Entradas	Variables de Salidas	Número de DMU	Métodos eficiencia y productividad	Orientación
José Luis Bonifaz F. (2001)	DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN EL PERÚ: REGULACIÓN Y EFICIENCIA	salarios, número de clientes, ventas finales, densidad de la población en el área de concesión (hab/km2) y proporción de ventas a clientes residenciales.	gastos en energía	16	Econométrico	
José Luis Bonifaz y Miguel Jaramillo (2010)	Efficiency Analysis for Peruvian electricity distribution sector: Inefficiency's explicative factors. A study for 2000 – 2008	N (Número de interrupciones); D(Duración de las interrupciones)		19	Econométrico (Cost Stochastic Frontier)	
Pérez Reyes y Tovar (2009)	Medición de la Eficiencia y Cambio en la Productividad de las Empresas Distribuidoras de Electricidad en Perú después de las reformas: un enfoque no paramétrico	E1-N° de trabajadores, E2-Pérdidas en distribución (MWh), E3-Valor Monetario de los activos de capital, E4-Kilometros de redes de medio y bajo voltaje y Número de subestaciones	Ventas (GWH), N° de Clientes	14	CCR y BCC y Malmquist	Entrada
Pérez Reyes y Tovar (2010)	Explaining the inefficiency of electrical distribution companies: Peruvian firms	E1-N° de trabajadores, E2-Pérdidas en distribución (MWh), E3-Valor Monetario de los activos de capital	Ventas (GWH), N° de Clientes	14	Econométrico (Stochastic distance frontier model)	

Fuente: Elaboración propia

Esta revisión de la literatura respecto de su aplicación en la medición de eficiencia en el sector de distribución de energía eléctrica, sirve además para establecer criterios de selección de las variables y los modelos DEA a ser incluidos en el presente Estudio, que se emplearan más adelante en el desarrollo de este estudio, teniendo en cuenta aquellas que han sido las más empleadas pero que a la vez se pueda obtener información de ellas para el sector eléctrico de distribución en Perú.



Capítulo IV

Resultados de medición de eficiencia y productividad en las empresas de distribución de energía eléctrica del FONAFE

4.1 Proceso a seguir

El proceso a seguir para la determinación de los resultados en el presente estudio se presentan en la Figura 12 siguiente:

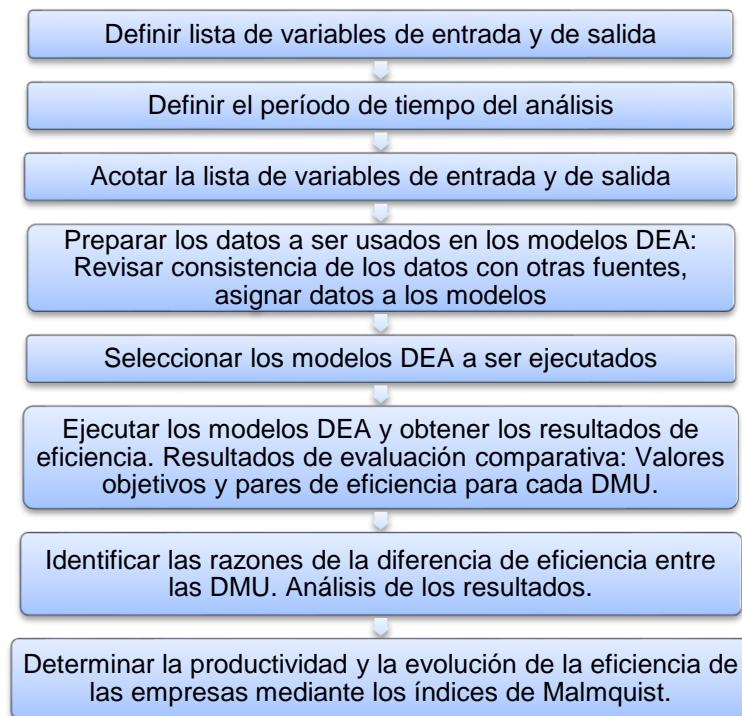


Figura 12: *Proceso a seguir*

4.2 Fuentes de información

La fuente de datos para las variables a ser incluidas en los modelos DEA a ser desarrollados en el presente trabajo, son los *Informes de evaluación Financiera y Presupuestaria* anual de las empresas distribuidoras peruanas del FONAFE, los mismos que son publicados en la página web¹⁴ de dicha institución; se acudirá a esta fuente de datos para evaluar la eficiencia de las empresas, ya que es la fuente oficial de datos para la gestión empresarial de las empresas del FONAFE. Los datos publicados de cada una de las empresas de distribución son:

- Venta y producción de energía
- Número de clientes
- Valor de los pasivos

¹⁴ <http://www.fonafe.gob.pe/portal?accion=empresas&t=1&i=6&o=01&m=3>

- Valor del patrimonio
- Ventas netas, Costo de ventas y Utilidad Neta
- Ingresos y egresos operativos
- Gastos de capital
- Indicadores financieros y operativos
- Balance general y estados de ganancias y pérdidas.
- Flujo de caja
- Indicadores de calidad técnica SAIDI y SAIFI.
- Otros de carácter técnico, administrativo y contable.
- Flujo de caja.

Los *Informes de evaluación Financiera y Presupuestaria* son publicados por FONAFE para cada trimestre del año y un informe final anual.

4.3 Unidades de decisión (DMU)

Las unidades de decisión (DMU) son las diez empresas de distribución que se desarrollan en el ámbito del FONAFE:

Tabla 14: Unidades de Decisión

Razón Social	Sigla
ELECTRO NOROESTE S.A.A	ENOSA
ELECTRONORTE S.A.A	ENSA
ELECTRO NORTE MEDIO S.A.	HIDRANDINA
ELECTROCENTRO S.A.	ELECTROCENTRO
ELECTRO SUR ESTE S.A.A	ELSE
SOCIEDAD ELECTRICA AREQUIPA	SEAL
ELECTROSUR	ELECTROSUR
ELECTRO ORIENTE S.A.	ELECTRO ORIENTE
ELECTRO PUNO	ELECTRO PUNO
ELECTRO UCAYALI	ELECTRO UCAYALI

4.4 Determinación de variables de Entrada y Salida de los modelos DEA

Para la determinación de las variables de los modelos DEA a ser desarrollados en el presente trabajo utilizaremos como base la revisión de literatura, que nos servirá de criterio para la selección de las variables a emplear en los modelos de eficiencia, teniendo en cuenta aquellas que han sido las más empleadas y de las cuales se tiene información en los Informes de evaluación financiera y presupuestaria anual de las empresas distribuidoras en el ámbito del FONAFE, que como se ha mencionado son publicados en su página web y están a disposición de todo el público.

De la revisión del estado del arte de los trabajos de investigación sobre la evaluación comparativa de la eficiencia de empresas distribuidoras de energía que incluyen variables de calidad de suministro (desarrollado en el numeral 3.8.2 del presente trabajo), se ha elaborado la Tabla 15 que muestra las veintidós (22) variables de entrada y de salida y la cantidad de veces que han sido utilizadas en los modelos desarrollados en los estudios referidos.

Tabla 15: Variables de entrada y de salida utilizadas en los estudios incluyen variables de calidad de suministro.

Variable	Como entrada	Como Salida	Total
TOTEX	5	0	5
OPEX	8	0	8
OPEX + Penalidades – Recompensas	1	0	1
OPEX + Costo de energía no suministrada	1	0	1
Capital	5	0	5
SOTEX	1	0	1
Número empleados	3	0	3
Capacidad de transformadores	2	0	2
Longitud de redes	2	12	14
TINT	3	0	3
NINT	3	0	3
CML	3	0	3
DEC	1	0	1
FEC	1	0	1
Pérdidas energía	3	0	3
Número de usuarios	0	20	20
Número usuarios sin incluir usuarios rurales	0	1	1
Número de usuarios rurales	0	1	1
Venta de energía (Energía suministrada)	0	21	21
Área de servicio	0	2	2
Longitud de líneas de alto voltaje	0	1	1
Numero de subestaciones	0	1	1

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se observa que existen tres variables que han sido utilizadas en la mayoría de estudios: El número de usuarios (utilizado en 20 modelos), las ventas de energía (utilizada en 21 modelos) y la longitud de las redes (utilizada en 12 modelos).

Las variables de salida que describen el servicio en la actividad de distribución de energía eléctrica, son el número total de usuarios y las ventas totales de energía, ambas más allá del control y la gestión directa de la empresa y que tiene que atenderse, independientemente de los recursos disponibles.

Como se ha visto en la revisión de la literatura la variable de longitud de red es empleada como variable de entrada y también como variable de salida. Para el caso de las empresas de distribución en el ámbito del FONAFE dicha variable podría ser considerada como una variable de salida, debido a que depende de las características propias del mercado del servicio que atienden las empresas, que depende de las características geográficas donde se desarrollan las empresas, la densidad de población, la relación urbano-rural de los usuarios, criterios de

diseño de redes que aplican las empresas, los mismos que están en función de la dispersión y clase de consumo de los usuarios.

Asimismo muchas veces por motivos de razones de índole política las empresas deben atender zonas rurales aun cuando los resultados de evaluación de los proyectos para la atención de estas zonas resultan no rentables, asimismo a las empresas de distribución del FONAFE se les transfieren los proyectos de electrificación rural que son ejecutados por la Dirección General de Electrificación Rural del Ministerio de Energía Minas, que ejecuta para ampliar la frontera eléctrica y elevar el coeficiente de electrificación rural del país. Por todos estos motivos se considera que la longitud de redes de distribución, una variable que no puede ser controlada directamente por las empresas y por lo tanto se tratara para los alcances del presente estudio como variable de salida.

Asimismo en la tabla se observa que la variable de entrada más utilizada en ocho modelos, es el OPEX (referido a los costos totales de operación). Asimismo, en el estudio de Cambini y otros (2012), como una variante del OPEX se ha utilizado como variable de entrada “OPEX + penalidades – Recompensas”, es decir a la variable de entrada de costos totales de operación se suma las penalidades impuestas a las empresas por el incumplimiento de las metas de calidad de suministro o se le resta las recompensas logradas por el cumplimiento de las metas de calidad de suministro.

En el Perú, según se ha descrito en el numeral 2.8 del presente trabajo, las empresas de distribución son penalizadas por incumplimiento de calidad de suministro, mediante compensaciones que deben realizar a los clientes del servicio. Considerando que el objeto del presente estudio es evaluar la eficiencia de las empresas desde el punto de vista de la calidad se incluye esta variable “OPEX + compensaciones” en el presente estudio.

Las variables de entrada seleccionadas (OPEX, OPEX + Compensaciones) están directamente relacionadas con los costos de operación, mantenimiento y administración y son gestionables por las empresas en busca de producir mejoras en la eficiencia y en el caso de las compensaciones se incluye para verificar su impacto en los resultados de la eficiencia, asumiendo que corresponde a un rubro de gastos dentro de la gestión de las empresas, que nos permitirá verificar el incentivo que tienen las empresas para evitar ser penalizadas con las compensaciones.

De la tabla anterior, otra variable de entrada que ha sido utilizada en cinco (05) modelos es el TOTEX, que es igual a la suma del OPEX más el monto de inversiones que realizan las empresas, esta variable consolida los montos totales que las empresas destinan para la mejora de su gestión, motivo por el cual se incluirá en nuestro estudio.

De otro lado, en lo referido a las variables de calidad de suministro las más utilizadas -tres veces cada una- son las variables NINT (igual al SAIFI x número de usuarios), TINT (igual al SAIDI x número de usuarios) y el CML (Minutos perdidos por los clientes por una interrupción de servicio), para nuestro estudio incluiremos el TINT y el NINT considerando que se calculan a partir del SAIDI y el SAIFI, indicadores de calidad (de performance del desempeño de los sistemas eléctricos) utilizados en el Perú según lo indicado en el numeral 2.5.2 del presente estudio.

Cabe indicar que las variables de entrada NINT y TINT, fueron incluidas como atributos de salida indeseables considerándose como variables de entradas normales, solución propuesta por Yaisawarng y Klein (1994: 447-450), esto puede ser interpretado como si la empresa tuviera que reducir los atributos de salida indeseables, manteniendo un determinado nivel de salidas, en un modelo DEA orientado a la entrada.

En base a lo indicado en los párrafos anteriores se tiene que las variables a ser utilizadas en los modelos del presente estudio son los que se muestran en la Tabla 16 siguiente:

Tabla 16: Variables de entrada y de salida

Variable	Tipo
Número de usuarios	Salida
Ventas de energía	Salida
OPEX	Entrada
OPEX+ Compensaciones por calidad de suministro	Entrada
TOTEX	Entrada
Longitud de redes	Salida
NINT	Entrada
TINT	Entrada

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Descripción de las variables de Entrada y Salida de los modelos DEA

En base a lo indicado en el numeral anterior se presenta la descripción de las variables de entrada y de salida y la fuente de donde se obtienen estos datos a ser utilizadas en los modelos del presente estudio, esta información se presenta en la Tabla 17 siguiente:

Tabla 17: Descripción de las variables para los modelos DEA.

Variable	Descripción	Tipo
Número de clientes	Son clientes del servicio público de suministro de electricidad que son atendidos por la empresa de distribución del FONAFE. Los valores son obtenidos a partir de los Informes Anuales de Evaluación Financiera y Presupuestal de las empresas distribuidoras que se publican en la página web del FONAFE.	Salida
Ventas de energía	Representan el producto final que reciben los usuarios finales como contraprestación del servicio público de suministro de energía eléctrica. Los valores son obtenidos a partir de los Informes Anuales de Evaluación Financiera y Presupuestal de las empresas distribuidoras que se publican en la página web del FONAFE. Incluyen las ventas en el mercado regulado, en el mercado libre y en el	Salida

	mercado spot del COES.	
OPEX	El OPEX refleja los costos de operación. Los valores son obtenidos de los Informes Anuales de Evaluación Financiera y Presupuestal de las empresas distribuidoras que se publican en la página web del FONAFE. se denomina "Egresos Operativos" y está conformado por los rubros siguientes: Insumos de energía, Combustibles y Lubricantes, Gastos de personal (Sueldos y Salarios, CTS, Seguridad previsional, Dietas, capacitación, jubilaciones y pensiones y otros gastos de personal), Servicios prestados por terceros (Transporte y almacenamiento, tarifas de servicios públicos, honorarios profesionales, mantenimiento y reparación, alquileres, servicios de vigilancia, seguridad, limpieza, publicidad, publicaciones y otros), Tributos (ITF, otros impuestos), gastos diversos de gestión(seguros, viáticos, gastos de representación y otros), gastos financieros y egresos extraordinarios. Los datos para el OPEX fueron obtenidos en la página web del FONAFE	Entrada
OPEX+ Compensaciones por calidad de suministro	Costos de operación más las compensaciones de calidad de suministro por aplicación de la NTCSE. El monto de las compensaciones ha sido obtenido de la página web de OSINERGMIN.	Entrada
TOTEX	El TOTEX. Para la determinación del TOTEX, se sumaron los "Egresos Operativos" (denominado OPEX) y el "Presupuesto de inversiones ejecutado" obtenidos a partir de los Informes Anuales de Evaluación Financiera y Presupuestal de las empresas distribuidoras que se publican en la página web del FONAFE. Los datos de estas variables se pueden obtener en los Informes de evaluación financiera y presupuestaria anual de las empresas distribuidoras publicados en la página web del FONAFE.	Entrada
Longitud de redes	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. Se ha obtenido de las memorias anuales de las empresas, en algunos casos donde no se tenían los datos, se obtuvo a partir de consultas realizadas a las empresas de distribución.	Salida
NINT	Número total de interrupciones de servicio. Igual al SAIFI por el número de usuarios.	Entrada
TINT	Duración total de interrupciones de servicio. Igual al SAIDI por el número de usuarios.	Entrada

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Definición del período de tiempo de análisis.

Considerando que la mayor fuente de datos de las variables de entrada y de salida son los Informes Anuales de Evaluación Financiera y Presupuestal de las empresas distribuidoras que se publican en la página web del FONAFE, de la revisión efectuada de esta base de datos se observa que la mayoría de las variables están disponibles a partir del año 2008. Asimismo considerando que el objetivo del presente estudio es realizar un análisis de la eficiencia en un horizonte de tiempo que permita darnos una evaluación consistente sobre la evolución de la eficiencia, considerando las principales variables de tipo monetaria y de calidad de suministro, definimos el período de estudio de siete años, del 2008 al 2014.

4.7 Valores de las variables de entrada y de salida para los modelos DEA en el período 2008 al 2014.

Los valores de todas las variables de cada empresa distribuidora para cada uno de los años en el período de estudio están especificados en el Apéndice A. En las siguientes figuras se muestran los valores de las variables de entrada y de salida a lo largo del período de estudio.

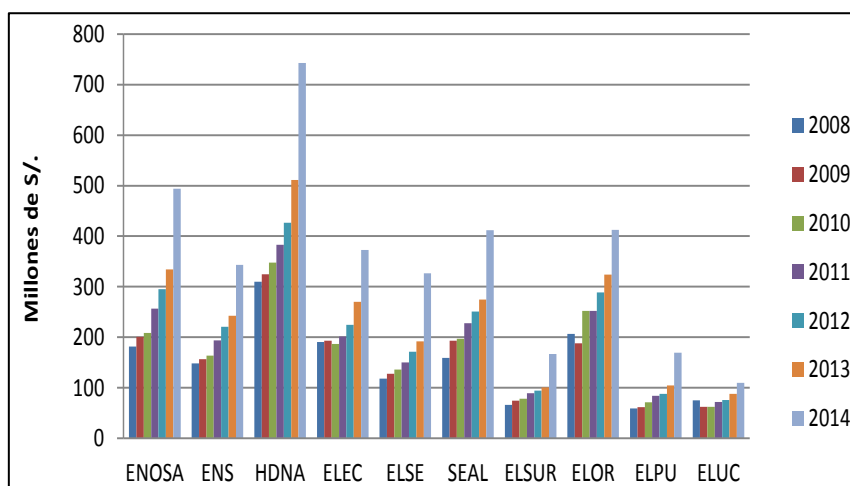


Figura 13: OPEX en las empresas del 2008 al 2014

Durante todo el período 2008-2014 las empresas que registran mayores montos de OPEX son las siguientes: HIDRANDINA (3,046 Millones de soles), ENOSA (1,971 Millones de soles), ELECTRO ORIENTE (1,924 Millones de soles), SEAL (1,714) Millones de Soles, ELECTROCENTRO (1,639 Millones de Soles) y ELECTRONORTE (1,468 Millones de Soles). Asimismo, en la figura se observa que en el 2014 todas las empresas registraron un significativo incremento de esta variable.

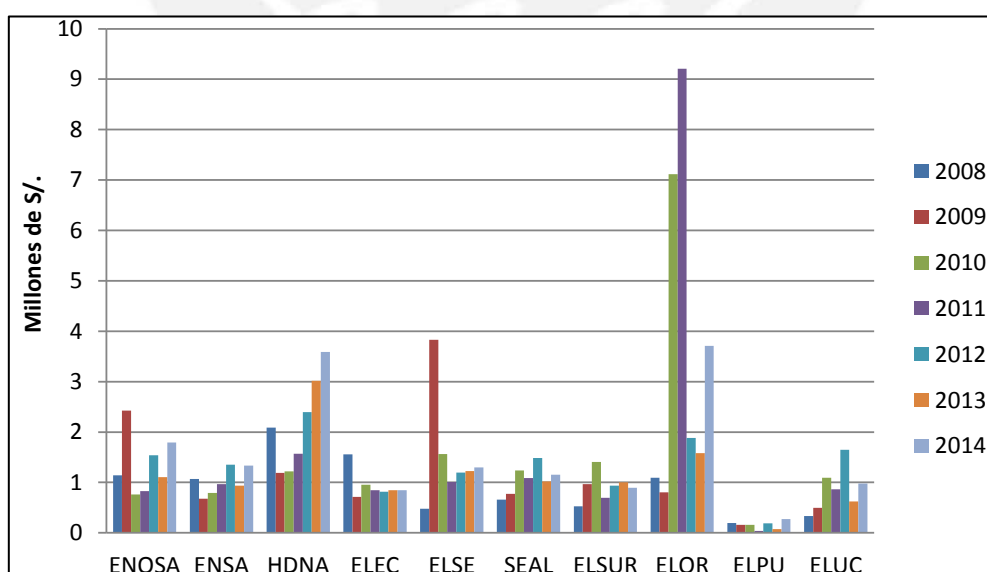


Figura 14: Compensaciones por calidad de suministro en las empresas del 2008 al 2014

Con relación a las Compensaciones por calidad de suministro se tiene que durante todo el período 2008-2014 las empresas que registran mayores montos son las siguientes: ELECTRO ORIENTE (25 Millones de soles), HIDRANDINA (15 Millones de soles), ELECTRO SURESTE (11 Millones de soles) y ENOSA (10 Millones de Soles). Mientras que ELECTRO PUNO es la que registra el menor valor (1 Millón de Soles).

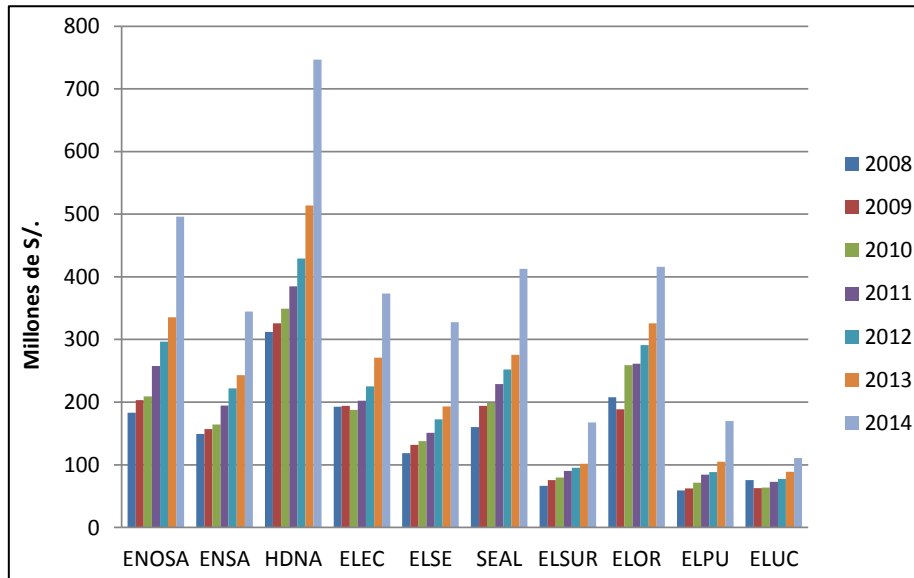


Figura 15: OPEX + Compensaciones en las empresas del 2008 al 2014

En lo referido a la figura que nos muestra la variable “OPEX + Compensaciones”, se observa que es casi igual a la figura que nos muestra sólo la variable “OPEX”, esto debido a que los montos de compensaciones representan porcentajes menores al 1.3% del valor del OPEX en todas las empresas.

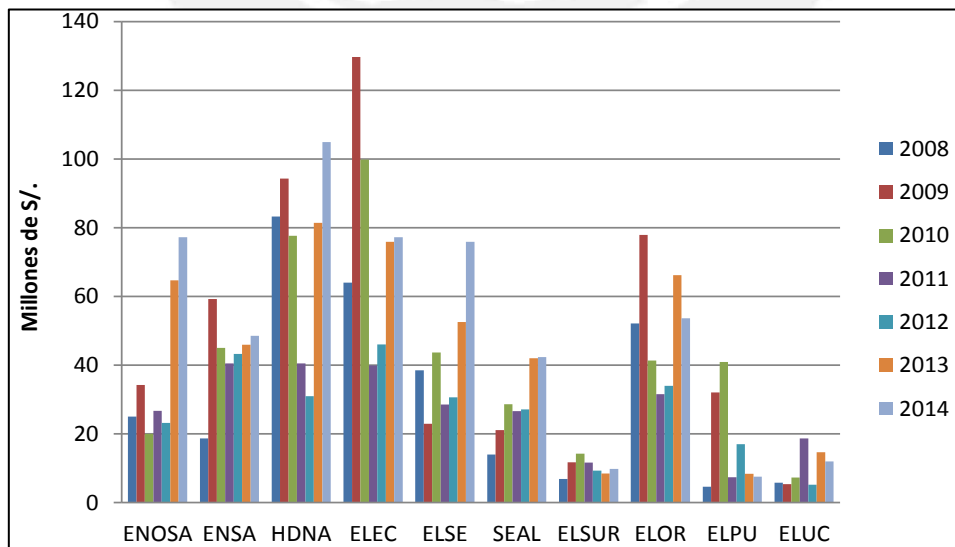


Figura 16: Inversiones en las empresas del 2008 al 2014

En lo referido a las inversiones en proyectos durante todo el período 2008-2014 las empresas que registran mayores montos son las siguientes: ELECTROCENTRO (533 Millones de soles), HIDRANDINA (513 Millones de soles), ELECTRO ORIENTE (357 Millones de soles), ELECTRONORTE (301 Millones de Soles) y SEAL (201 Millones de Soles).

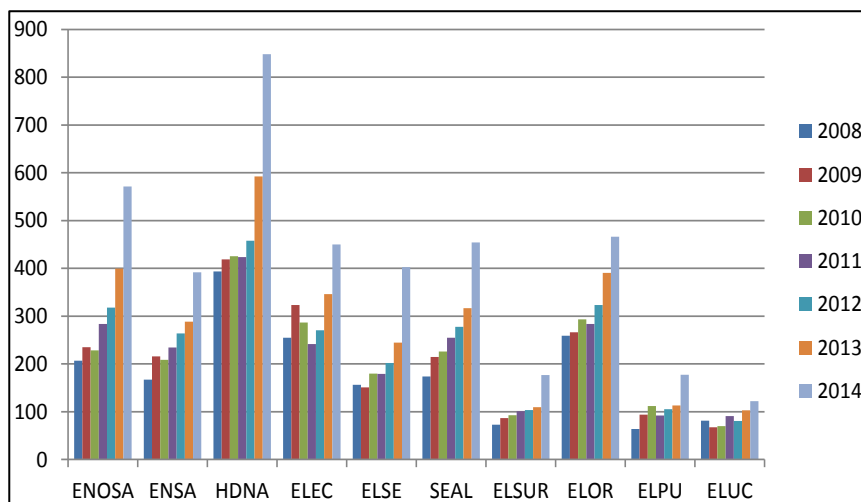


Figura 17: TOTEX en las empresas del 2008 al 2014

En lo referido al TOTEX (OPEX más inversiones) durante todo el período 2008-2014 las empresas que registran mayores montos son las siguientes: HIDRANDINA (3,559 Millones de soles), ELECTRO ORIENTE (2,281 Millones de soles), ENOSA (2,243 Millones de soles), ELECTROCENTRO (2,171 Millones de Soles) y SEAL (1,917 Millones de Soles).

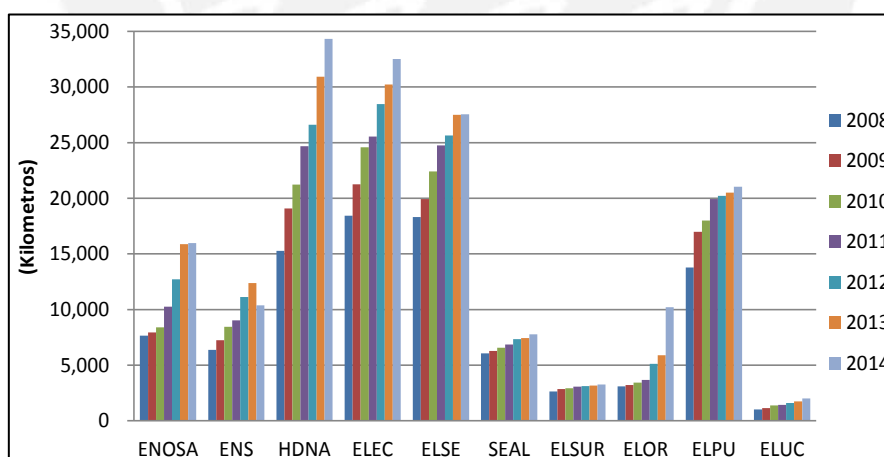


Figura 18: Longitud de redes de distribución en las empresas del 2008 al 2014

En lo referido a la longitud de redes de distribución al 2014 las empresas que registran las mayores cantidades son las siguientes: HIDRANDINA (34,317 Km.), ELECTRO CENTRO (32,503 Km.), ELECTRO SUR ESTE (27,549 Km.), ELECTRO PUNO (21,044 Km.) y ENOSA (15,970 Km).

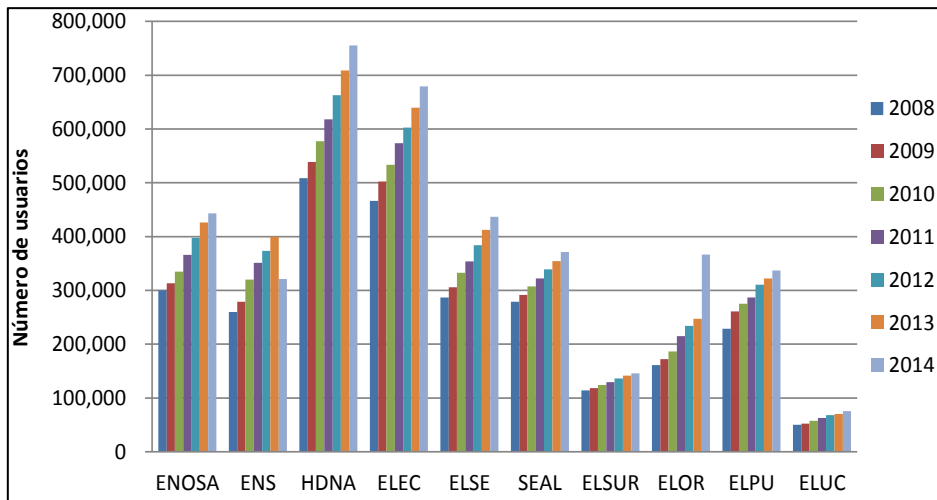


Figura 19: Número de usuarios en las empresas del 2008 al 2014

En lo referido al número de usuarios al 2014 las empresas que registran las mayores cantidades son las siguientes: HIDRANDINA (755,468); ELECTROCENTRO (679,412), ENOSA (443,232); ELECTRO SUR ESTE (436,672) y ELECTRO ORIENTE (21,044 Km.).

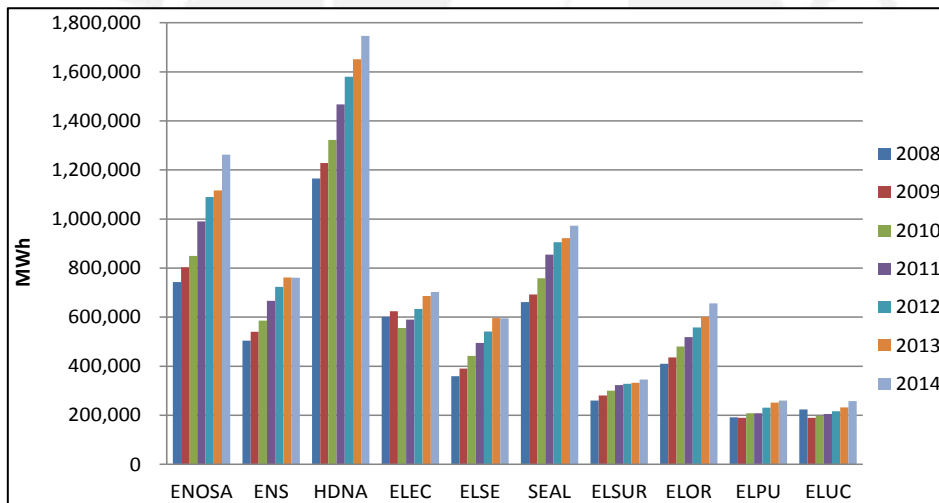


Figura 20: Ventas de energía (MWh) en las empresas del 2008 al 2014

En lo referido a las ventas de energía realizadas durante todo el período 2008-2014 las empresas que registran mayores cantidades son las siguientes: HIDRANDINA (10,161 GWh.), ENOSA (6,855 GWh.), SEAL (5,767 GWh), ELECTRONORTE (4,543 GWh.) y ELECTRO CENTRO (4,394 GWh).

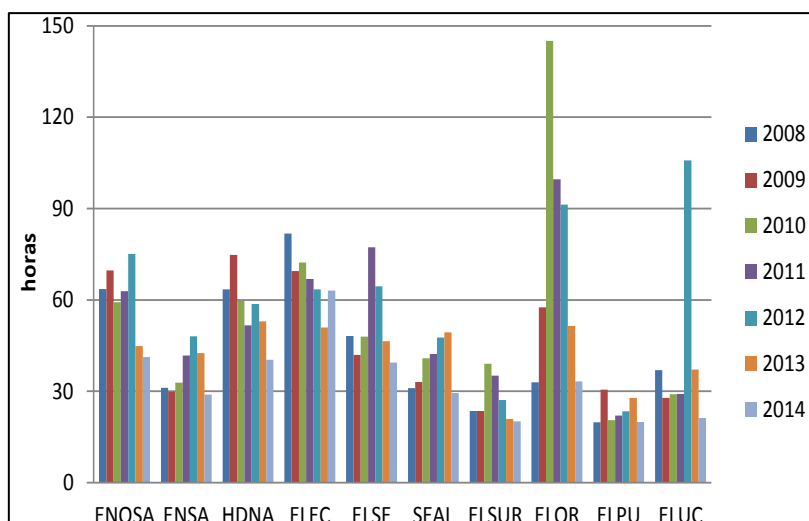


Figura 21: SAIDI en las empresas del 2008 al 2014

En lo referido al SAIDI se observa que las empresas que registra los mayores valores en el período de Estudio 2008-2014 son: El 2008 ELECTRO CENTRO; el 2009 HIDRANDINA, el 2010 y 2011 ELECTRO ORIENTE; el 2012 ELECTRO UCAYALI; el 2013 HIDRANDINA y el 2014 ELECTROCENTRO. Mientras que la empresa que registra los menores valores durante todo el período es ELECTRO PUNO.

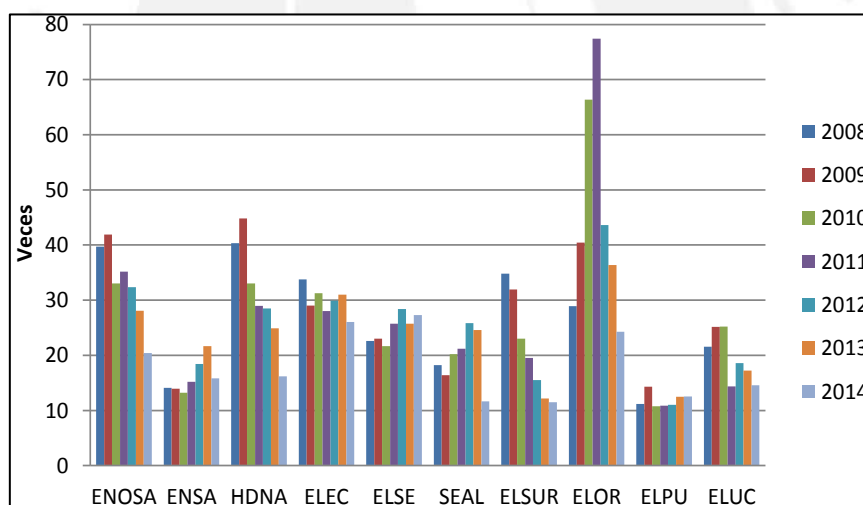


Figura 22: SAIFI en las empresas del 2008 al 2014

En lo referido al SAIFI se observa que las empresas que registra los mayores valores en el período de Estudio 2008-2014 son: El 2008 y 2009 HIDRANDINA; el 2010 al 2013 ELECTRO ORIENTE y el 2014 ELECTROCENTRO. Mientras que la empresa que registra los menores valores durante todo el período es ELECTRO PUNO.

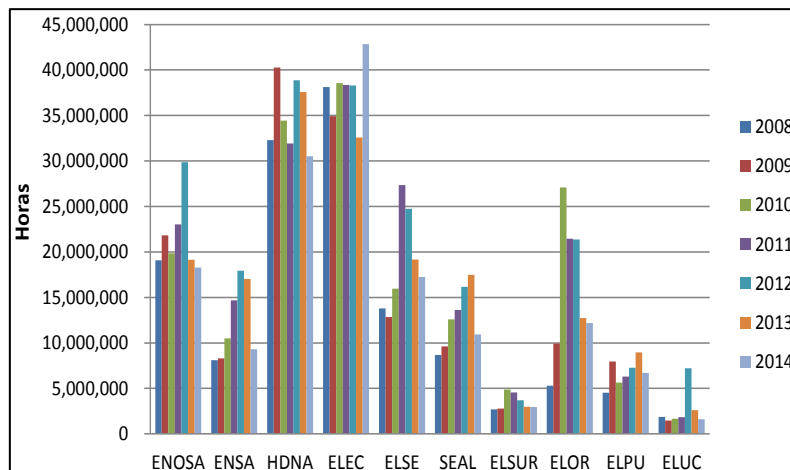


Figura 23: TINT en las empresas del 2008 al 2014

En lo referido a la duración total de las interrupciones (TINT) durante todo el período 2008-2014 las empresas que registran mayores cantidades son las siguientes: ELECTROCENTRO (264 Millones de horas), HIDRANDINA (246 Millones de horas), ENOSA (151 Millones de horas), ELECTRO SUR ESTE (131 Millones de horas) y ELECTRO ORIENTE (110 Millones de horas). Mientras que la empresa que registra el menor valor es ELECTRO PUNO (24 Millones de horas).

NINT

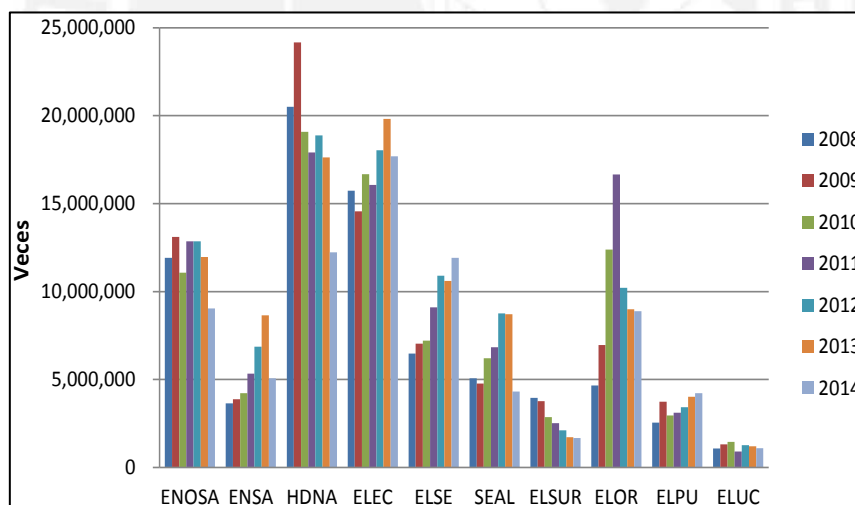


Figura 24: NINT en las empresas del 2008 al 2014

En lo referido a la cantidad total de las interrupciones (TINT) durante todo el período 2008-2014 las empresas que registran mayores cantidades son las siguientes: HIDRANDINA (130 Millones de veces), ELECTROCENTRO (119 Millones de veces), ENOSA (83 Millones de veces), ELECTRO ORIENTE (69 Millones de veces) y ELECTRO SUR ESTE (63 Millones de veces).

En el Apéndice B se muestran las relaciones entre las variables de entrada y variables de salida consideradas en los modelos DEA, en tablas y figuras que nos permitirá entender los resultados de eficiencia de los modelos DEA.

A continuación se presenta la Figura 25 tipo radial con los valores del año 2008 al 2014 de las variables de salida definidas para los modelos DEA en estudio, que nos muestran la escala de operación de las empresas y las relaciones que se presentan entre las variables de salida, se observa la gran diferencia existente en la escala de operación de las empresas, que están ligados a los resultados de eficiencia que se obtendrán en los modelos DEA.

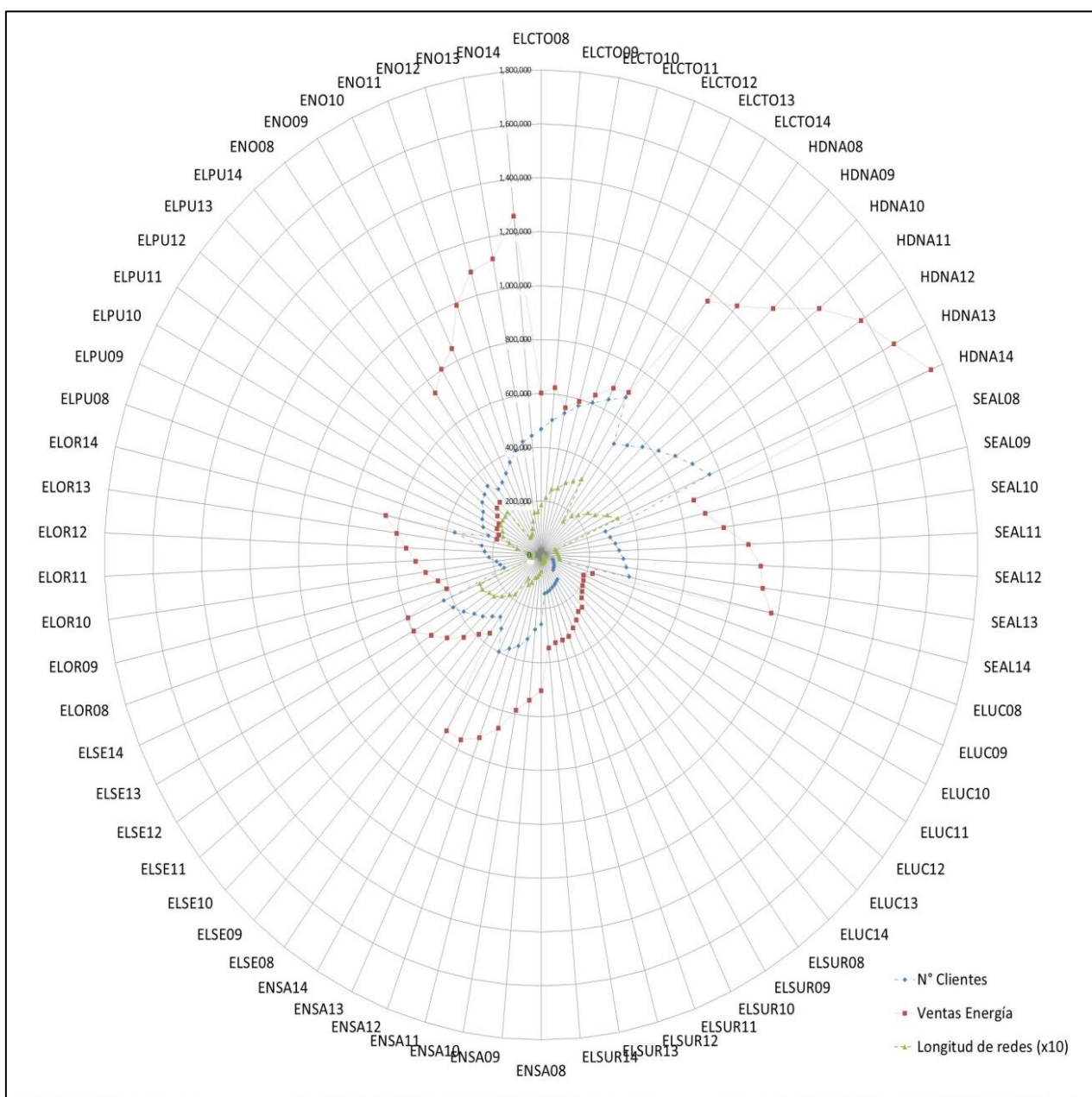


Figura 25: Relación entre las variables de salida del 2008 al 2014

4.8 Evolución global de los valores de las variables de entrada y de salida para los modelos DEA en el período 2008 al 2014.

La evolución del OPEX y el TOTEX de las diez empresas de distribución en el ámbito de FONAFE, durante en el período del estudio se muestra en la Figura 26 siguiente.

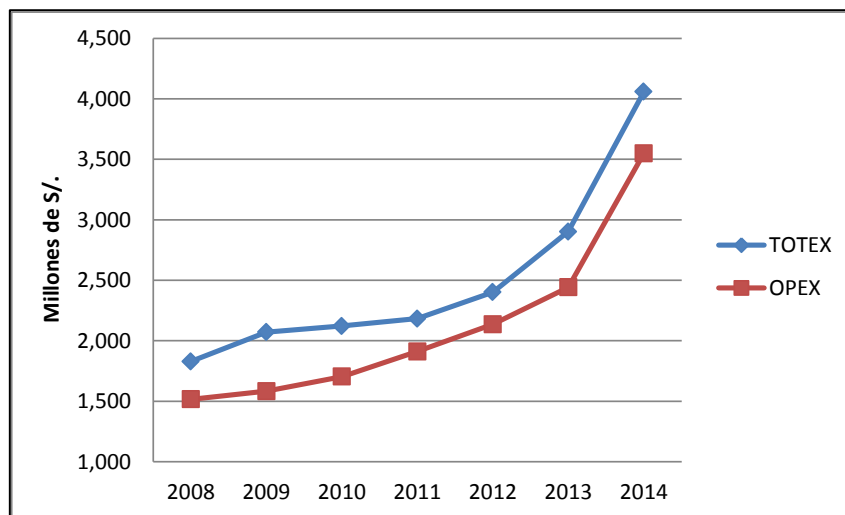


Figura 26: Evolución del TOTEX y OPEX de las empresas del 2008 al 2014

La figura muestra el comportamiento de estas variables monetarias durante el período de observación:

- En el caso del OPEX crece a una tasa promedio de 16% durante el período de estudio, registrándose variabilidad en la tasa de crecimiento anual; los crecimientos anuales son: 2009 el 4%, el 2010 el 8%, 2011 el 12%, 2012 el 12%, 2013 el 14% y 2014 el 45%.
- En el caso del TOTEX crece a una tasa promedio anual del 15% durante el período de estudio, registrándose variabilidad en la tasa de crecimiento anual; los crecimientos anuales son: 2009 el 13%, el 2010 el 2%, 2011 el 3%, 2012 el 10%, 2013 el 21% y 2014 el 40%.

En el caso del valor total de la cantidad de clientes de las diez empresas distribuidoras se tiene que crece a una tasa promedio de 7% durante el período de estudio, la evolución anual se muestra en la Figura 27.

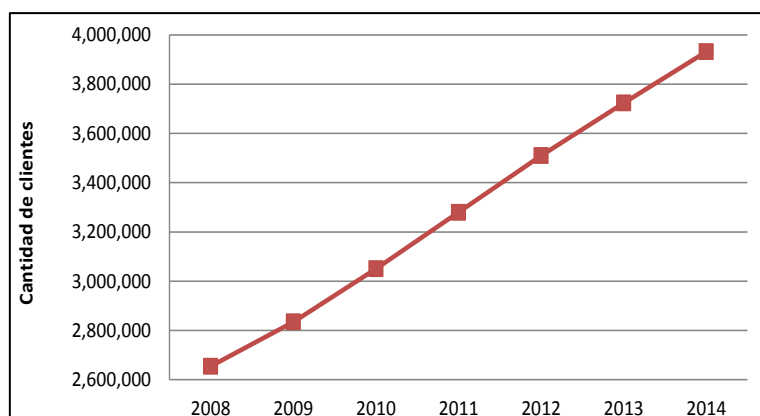


Figura 27: Evolución de la cantidad de clientes de las empresas del 2008 al 2014

En el caso de la longitud total de la red de distribución de las empresas de distribución que incluye la extensión de las redes de media y de baja tensión, es decir, las redes de energía que conectan a los clientes, se tiene que creció a una tasa promedio de 10% durante el período de estudio; los crecimientos anuales registrados son: 2009 el 14%, el 2010 el 11%, 2011 el 10%, 2012 el 10%, 2013 el 10% y 2014 el 6%.

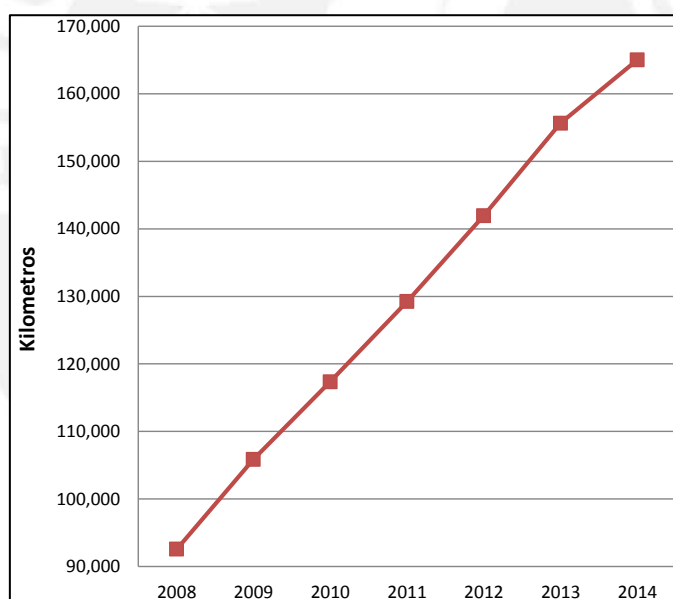


Figura 28: Evolución de la longitud de redes de distribución de las empresas del 2008 al 2014

En el caso de las ventas de energía de las empresas de distribución, se tiene que creció a una tasa promedio de 7% durante el período de estudio; los crecimientos anuales registrados son: 2009 el 5%, el 2010 el 6%, 2011 el 11%, 2012 el 8%, 2013 el 5% y 2014 el 6%.

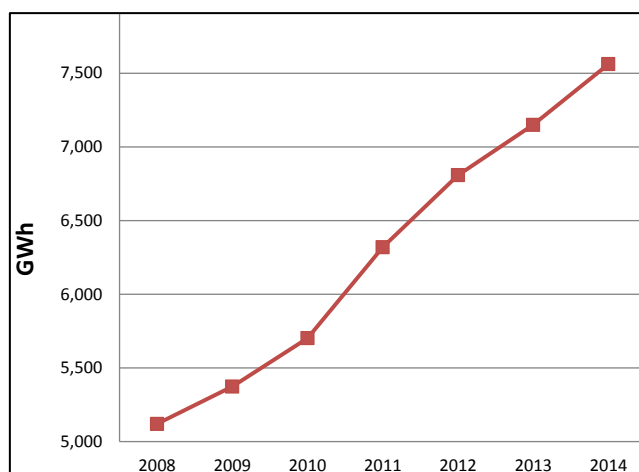


Figura 29: Evolución de las ventas de energía de las empresas del 2008 al 2014

En el caso de las variables de calidad de servicio SAIDI y SAIFI fueron obtenidos a partir de los Informes Anuales de Evaluación Financiera y Presupuestal de las empresas distribuidoras que se publican en la página web del FONAFE. Se ha realizado la consistencia de los valores del SAIDI y SAIFI para considerar un valor homogéneo y comparable en todos los años del estudio, para lo cual se ha realizado consultas a las empresas distribuidoras, considerando que a partir del año 2013, algunas empresas han reportado a FONAFE sólo el SAIDI y SAIFI de responsabilidad interna de las empresas.

A continuación se realiza el cálculo de los indicadores SAIDI y SAIFI para el grupo de las diez empresas de distribución en el ámbito del FONAFE de los años 2008 a 2014 consideradas en el presente estudio, para este cálculo se utilizan los indicadores anuales de cada empresa, se utiliza las formulas siguientes:

$$SAIDI_{10 \text{ empresas}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} SAIDI_i \times C_i}{\sum_{i=1}^{10} C_i}$$

$$SAIFI_{10 \text{ empresas}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} SAIFI_i \times C_i}{\sum_{i=1}^{10} C_i}$$

Dónde:

SAIDI_i es el indicador anual de la iésima empresa y SAIDI_{10 empresas} es el indicador global anual.

SAIFI_i es el indicador anual de la iésima empresa y SAIFI_{10 empresas} es el indicador global anual.

C_i es el número total de clientes de la iésima empresa, en el año correspondiente a i, atendidas en BT o MT.

La figura siguiente muestra la evolución del indicador anual SAIDI_{10 empresas} y SAIFI_{10 empresas} calculado para el período 2008-2014.

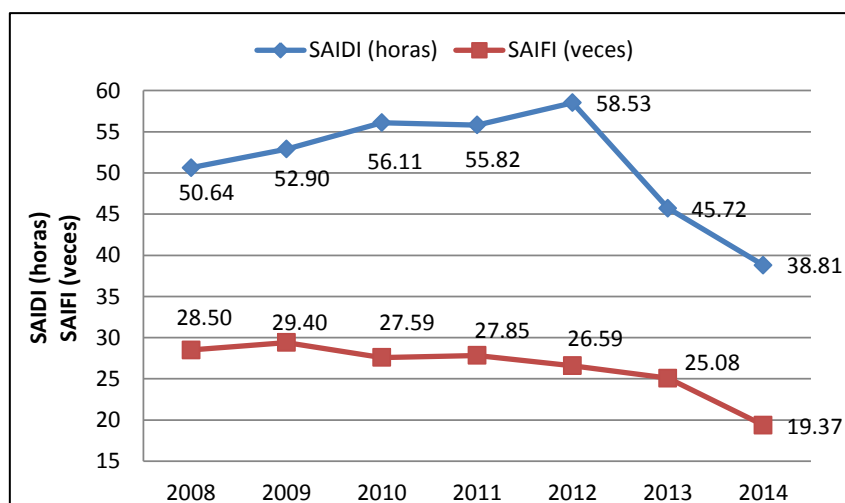


Figura 30: Evolución del SAIDI y el SAIFI de las empresas del 2008 al 2014

4.9 Especificación de los modelos DEA

La orientación de los modelos DEA que obedece a la situación real en la cual se desenvuelven las empresas de distribución según la revisión de literatura es el orientado a la entrada y es el que aplicaremos en el presente estudio.

Con el objetivo de determinar la eficiencia en términos de costos y de calidad y siguiendo los trabajos realizados por Coelli y otros (2008) y Giannakis y otros (2003), se especificaron cinco modelos DEA, cada uno con una combinación diferente de variables. La Tabla siguiente resume las variables de costos, calidad y otros atributos utilizados.

Tabla 18: Especificación de los modelos DEA.

Variables	Modelo 1: OPEX	Modelo 2: OPEXCOM	Modelo 3: TOTEX	Modelo 4: CALIDAD	Modelo 5: TOTEX-CALIDAD
Número de usuarios	Salida	Salida	Salida	Salida	Salida
Ventas de energía	Salida	Salida	Salida	Salida	Salida
Longitud de redes	Salida	Salida	Salida	Salida	Salida
OPEX	Entrada	-	-	-	Entrada
OPEX + Compensaciones	-	Entrada	-	-	-
TOTEX	-	-	Entrada	-	-
TINT	-	-	-	Entrada	Entrada
NINT	-	-	-	Entrada	-

Fuente: Elaboración propia.

Con relación al tipo de retorno de escala utilizar (Retorno Constante de Escala CRS o Retorno Variable de Escala VRS), cada uno tiene un alcance diferente tal y como explicaremos más adelante. Por este motivo, en el desarrollo del presente estudio ambos tipos de modelado

serán aplicadas en los cálculos de eficiencia a ser realizados, para comparar los resultados e identificar los resultados más consistentes.

El modelo OPEX es el modelo básico nos permitirá calcular la eficiencia a partir de los costos totales de operación como entrada y el número total de clientes, la longitud total de las redes y las ventas de energía como salidas.

El modelo OPEXCOM, evalúa la eficiencia de las empresas con respecto a:

- Los costos totales de operación en la actividad de distribución de energía y,
- Los valores monetarios de las compensaciones mala calidad del suministro que las empresas deben compensar a sus clientes por aquellos suministros en los que se comprueba que la calidad del servicio no satisface los estándares de calidad fijados por la norma (ver numeral 2.5.2 del presente trabajo).

La suma de las compensaciones y el OPEX para ser utilizadas con variable de entrada se sustenta en el objeto de comprobar el impacto en la eficiencia de las empresas que causa el pago de las compensaciones y para verificar el incentivo que tienen las empresas a evitar pagar estas penalizaciones.

El modelo TOTEX, evalúa la eficiencia de las empresas con respecto a:

- Los costos totales de operación (OPEX) y,
- los montos de las inversiones.

El TOTEX como variable de entrada se justifica en la medida de verificar su impacto en la eficiencia de las empresas.

El modelo CALIDAD, evalúa la eficiencia de las empresas con respecto a:

- la calidad de servicio, teniendo en cuenta los valores de los indicadores de calidad del suministro de energía eléctrica NINT (cantidad total de interrupciones) y TINT (duración total de interrupciones), que se obtienen a partir del SAIDI y SAIFI y el número de clientes.

El NINT y TINT como variables de entradas, se justifica en la premisa que manteniendo constantes los niveles de las variables de salida (número total de usuarios, la longitud de la red y ventas de energía), las empresas deben reducir al mínimo la cantidad y la duración de las interrupciones.

El modelo CALIDAD-TOTEX, evalúa la eficiencia de las empresas con respecto a:

- El TOTEX y.
- El TINT.

Se considera como entradas una combinación de una variable de costos y una variable de calidad de suministro, para evaluar la eficiencia de las empresas tomando en cuenta ambos aspectos.

4.10 Herramientas para la resolución del análisis envolvente de datos DEA

En internet están disponibles para su descarga gratuita varios programas utilizados para la resolución de análisis envolvente de datos, con el fin de ser utilizado como una herramienta computacional para ayudar en la formulación y solución de los modelos DEA. A continuación realizaremos una breve reseña de cada uno de estos programas:

- DEAP (Programa de Análisis Envolvente de Datos) versión 2.1.

Desarrollado por Tim Coelli (1998), en ambiente DOS que puede ser también ejecutado en Windows a través de File Manager. Tiene como inconveniente que tanto los datos como las instrucciones y los resultados se deben trabajar con editor de texto, bien sea Note Pad, Edit o Word. El programa DEAP está diseñado para el análisis DEA con el fin de calcular la eficiencia de la producción. Tres opciones principales están disponibles en el programa de computación. La primera consiste en la solución de los modelos CRS y VRS de DEA, es decir, el cálculo de la eficiencia técnica y de escala. La segunda opción analiza la extensión de estos modelos para explicar la eficiencia de costos y la asignación de recursos. Por último, la tercera opción contempla la aplicación de Malmquist del método DEA para calcular los factores totales de producción (FTP), el cambio tecnológico y la eficiencia de escala. El DEAP también está disponible para su descarga gratuita en la dirección:

<http://www.uq.edu.au/economics/cepa/software.htm>

- MaxDEA Pro 6.6.

Software elaborado por Cheng Gang y Qian Zhenhua de la empresa consultora Beijing RealWorld Research and Consultation Company Ltd.; elaborado para ambiente Windows, desarrollado en Visual Basic para Acces, por lo que se requiere tener instalado Microsoft Office Access, en su versión libre permite ejecutar los modelos de eficiencia radial CRS y VRS, con orientación a la entrada, a la salida y no orientado; con retornos a escala constante, variable y no-creciente y no-decreciente. No tiene restricción del número de DMUs y del número de variables de entrada y de salida. Los resultados son exportados en tablas de Excel que son manejables para elaborar reportes, genera resultados de los índices de eficiencia, las holguras de entrada y salida, los retornos de escala de cada DMU, valores objetivo de cada variable

para cada DMU y el conjunto de referencia de las DMU eficientes para cada DMU ineficiente. Este software se encuentra disponible en <http://www.MaxDEA.cn>.

- DEA Frontier.

Software permite ejecutar los dos modelos DEA CRS y VRS en ambiente excel. La Versión libre trae habilitada la opción de orientación a la entrada y está restringido a 20 DMU. Los resultados se presentan en formatos Excel, que son manejables para elaborar reportes, genera resultados de los índices de eficiencia, las holguras, los retornos de escala de cada DMU, valores objetivo de cada variable para cada DMU y el conjuntos de referencia para cada DMU ineficiente. Fue desarrollado por el Doctor Joe Zhu, profesor de la Escuela de Negocios y el Instituto Politécnico de Worcester, Massachusetts. El software en su versión libre se encuentra disponible en la página web: www.deafrontier.com

- SIAD (Sistema Integrado de apoyo a la Decisión)

Desarrollado por el grupo de investigación en el análisis envolvente de datos (DEA) y multicriterio de la Universidad Federal Fluminense formado por Lidia Angulo Meza, Luiz Biondi Neto, Mello y Eliane Gomes Soares. El SIAD fue desarrollado para los modelos clásicos DEA (CRS y VRS) y también tiene módulos específicos para soluciones con restricciones de pesos y frontera invertida. Fue creada en lenguaje Delphi 7.0 para su uso en la plataforma Windows y tiene capacidad para trabajar con un máximo de 150 DMU y 20 variables de entrada y de salida. Esta herramienta está disponible para su descarga gratuita en la dirección <http://www.uff.br/decisao/>

- Frontier Analyst.

Software desarrollado por Banxia Inc. El programa está diseñado para desarrollar el análisis DEA con el fin de calcular la eficiencia según los modelos CRS y VRS. También tiene la aplicación para calcular los factores totales de producción (FTP) por intermedio de los índices de Malmquist, el cambio tecnológico y la eficiencia de escala.

El Frontier Analyst en su versión demo que soporta hasta 12 DMU con funciones limitadas, se encuentra disponible para su descarga gratuita en la dirección <http://www.banxia.com/frontier/>

- EMS Efficiency Measurement System (Version 1.3)

Software desarrollado para Windows 9X/NT, está diseñado para desarrollar el análisis DEA con el fin de calcular la eficiencia según los modelos CCR y BCC orientados a la entrada y la salida. También tiene la aplicación de los índices de Malmquist para calcular los factores totales de producción (FTP). Desarrollado por Holger Scheel, y se encuentra disponible en la siguiente página web:

<http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/scheel/ems/>

- xIDEA (versión 2.0.)

Software cuya versión libre está diseñado para desarrollar el análisis DEA con el fin de calcular la eficiencia según los modelos CCR y BCC, tiene la ventaja de ser desarrollado y operar en el programa Excel sin embargo la operación en su versión de prueba es tediosa y poco práctica. Dicha versión se está disponible en <http://xldea.software.informer.com/2.0/>

Una vez revisados las diferentes alternativas de software, se escogieron para el desarrollo del presente trabajo los softwares MaxDEA Pro 6.6, DEA Frontier y DEAP versión 2.1 por ser software bastante amigables para el usuario que permitirán obtener los resultados de los modelos planteados y para verificar la consistencia de los resultados obtenidos.

4.11 Resultados obtenidos

4.11.1. Resultados obtenidos por Modelo DEA durante todo el período del Estudio

Los resultados de eficiencia de cada uno de los modelos en cada uno de los años se presentan en las Tablas del Apéndice C. En las figuras siguientes se muestran los resultados de eficiencia en cada uno de los modelos especificados en el presente estudio, para cada uno de los años del período 2008 al 2014 que comprende el presente estudio; las figuras muestran los resultados considerando retornos constantes a escala (CRS) y retornos variables a escala (VRS).

En resumen podríamos indicar que por cada enfoque CRS y VRS, se tiene resultados de cinco modelos DEA por año para cada una de las diez empresas, y en todo el período de siete años de estudio por cada enfoque CRS o VRS tenemos un total de 350 resultados de eficiencia.

Como se podrá apreciar los resultados obtenidos para todos los modelos demuestran lo mencionado en el marco teórico en la ecuación (21), que la eficiencia técnica con retornos constantes a escala (CRS) es igual o menor que los resultados de eficiencia técnica con retornos variables a escala (VRS).

En el caso del modelo OPEX (CRS) se tiene que las empresas ENOSA y ELECTROPUNO son técnicamente eficientes en casi todo el período de Estudio según se muestra en la Figura 31. Estos resultados se sustentan por el hecho que el caso de ELECTROPUNO como se muestra en la Tabla B.6 y Figura B.6 del Apéndice B, es la empresa que presenta la menor proporción entre el OPEX y la longitud de redes, es decir durante el período de estudio su costo total de operación por kilómetro de red fue menor que en todas las empresas. Asimismo, presenta la

menor relación entre el número de usuarios y el OPEX, es decir atendió mayor cantidad de usuarios por costo total de operación, según se muestra en la Tabla B.5 y Figura B.5 del Apéndice B. En el caso de la empresa ENOSA, como se muestra en la Tabla B.4 y Figura B.4 del Apéndice B, es la empresa que ha tenido una mayor relación entre las ventas de energía con el OPEX, es decir logro vender mayor cantidad de energía a un mismo costo total de operación en relación al resto de empresas. Estos resultados llevan a las empresas ENOSA y ELECTROPUNO a lograr la frontera de eficiencia.

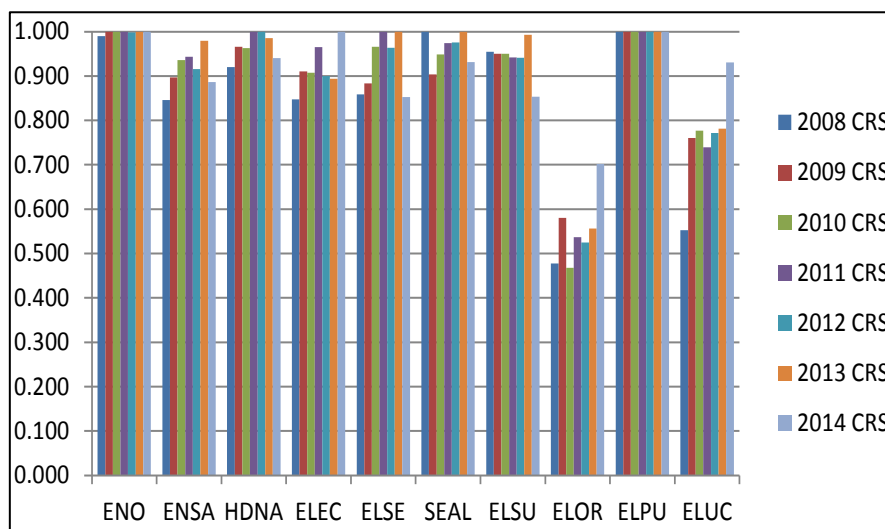


Figura 31: Modelo OPEX (CRS) del 2008 al 2014

En el caso del modelo OPEX (VRS) como se muestra en la Figura 32, se observa que todas las empresas alcanzan puntuaciones de eficiencia (en algún año del período de estudio), a excepción de ENSA y ELECTRO ORIENTE, que no logran la frontera de eficiencia en ningún período del estudio. Esto nos indica que desde el punto de vista de los costos totales de operación las empresas han mejorado su eficiencia durante el período de estudio.

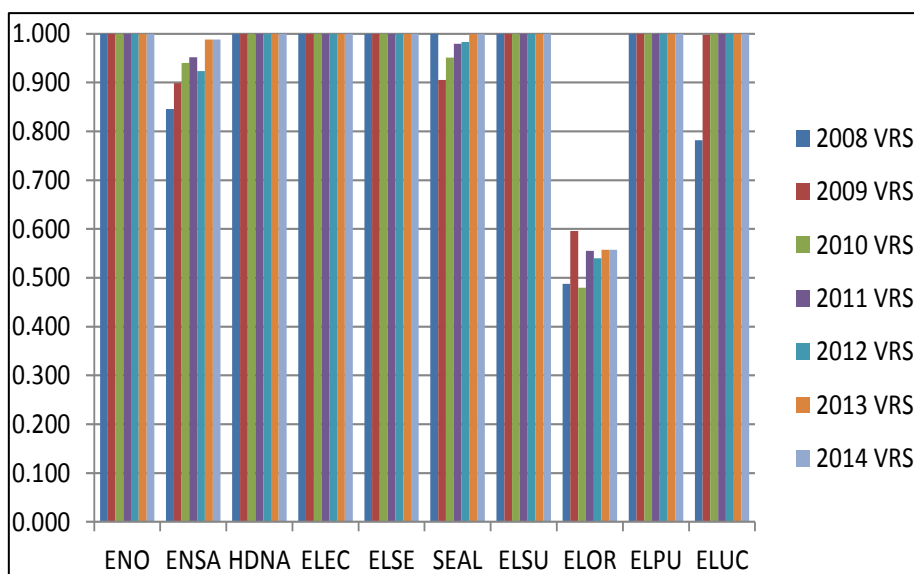


Figura 32: Modelo OPEX (VRS) del 2008 al 2014

Los resultados obtenidos para el modelo OPEX-COM (CRS) graficados en la Figura 33 son similares a los del modelo OPEX (CRS) graficados en la Figura 31. Lo que nos indica que sumar los montos correspondientes a las compensaciones por calidad de suministro que pagan las empresas por deficiencias en la calidad del servicio a los costos totales de operación y utilizarlos como la variable de entrada del modelo OPEX, no influye significativamente en los resultados de eficiencia de las empresas, que cuando se considera sólo la variable de entrada OPEX.

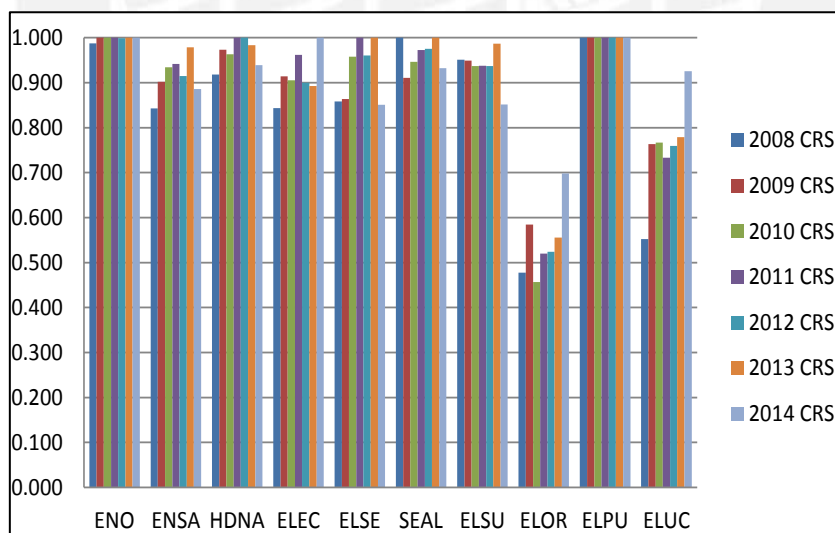


Figura 33: Modelo OPEX-COM (CRS) del 2008 al 2014

Los resultados obtenidos para el modelo OPEX-COM (VRS) graficados en la Figura 34 son similares a los del modelo OPEX (VRS) graficados en la Figura 32, salvo en el año 2014 donde la cantidad de empresas que logran alcanzar la frontera de eficiencia en el modelo OPEX

(VRS) es siete; mientras que en el modelo OPEX-COM (VRS) se reduce a cinco empresas, ya que disminuyen sus puntuaciones las empresas ELSE y ELECTROSUR.

De forma general, se observa que sumar los montos correspondientes a las compensaciones por calidad de suministro que pagan las empresas por deficiencias en la calidad del servicio a los costos totales de operación y utilizarlos como la variable de entrada del modelo OPEX, no influye significativamente en los resultados de eficiencia de las empresas.

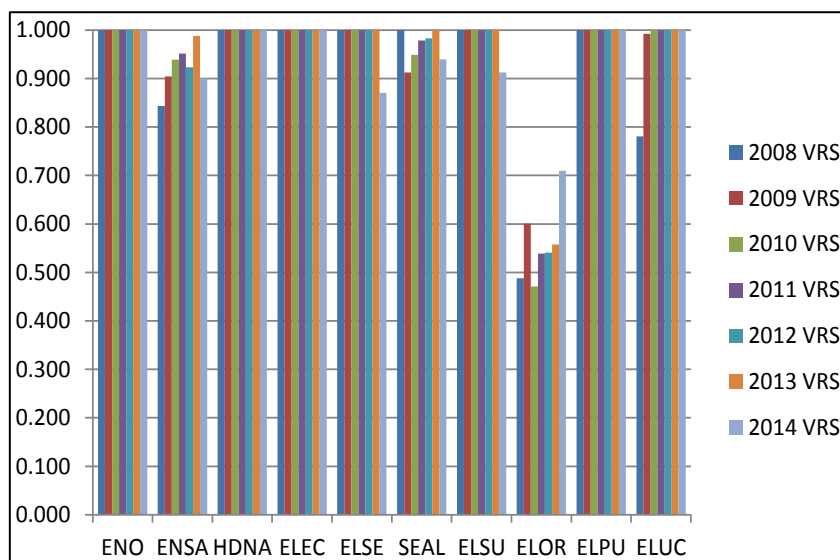


Figura 34: Modelo OPEXCOM (VRS) del 2008 al 2014

En el caso de los resultados del modelo TOTEX (CRS) graficados en la Figura 35, la empresa ELECTROPUNO alcanza la frontera de eficiencia en todo el período de estudio; mientras que la empresa ENOSA alcanza la frontera en cuatro de los siete años. Estos resultados se sustentan por el hecho que el caso de ELECTROPUNO como se muestra en la Tabla B.7 y Figura B.7 del Apéndice B, es la empresa que presenta la mayor proporción entre el TOTEX y la longitud de redes, es decir con un mismo TOTEX atendió mayor cantidad de kilómetros de red en comparación con las demás empresas de distribución en evaluación. Asimismo, presenta la mayor relación entre el número de usuarios y el TOTEX, es decir a un mismo TOTEX atendió mayor cantidad de usuarios, según se muestra en la Tabla B.8 y Figura B.8 del Apéndice B. En el caso de la empresa ENOSA, como se muestra en la Tabla B.9 y Figura B.9 del Apéndice B, es la que ha tenido una mayor relación entre las ventas de energía con el TOTEX, es decir logro vender mayor cantidad de energía a un mismo costo total TOTEX en relación al resto de empresas. Estos resultados llevan a las empresas ENOSA y ELECTROPUNO a lograr la frontera de eficiencia.

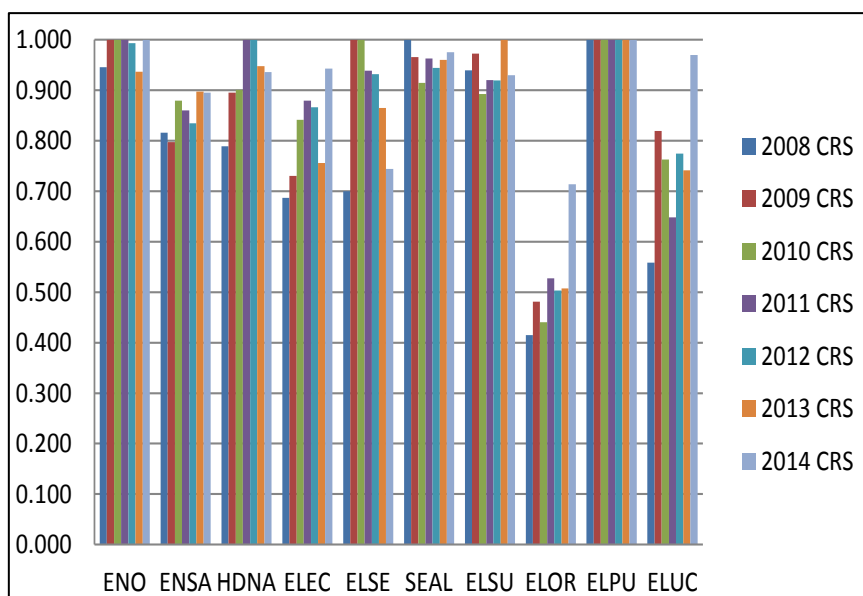


Figura 35: Modelo TOTEX (CRS) del 2008 al 2014

En el caso de los resultados del modelo TOTEX (VRS) graficados en la Figura 36, se observa que todas las empresas alcanzan puntuaciones de eficiencia (en algún año del período de estudio), a excepción de ENSA y ELECTRO ORIENTE.

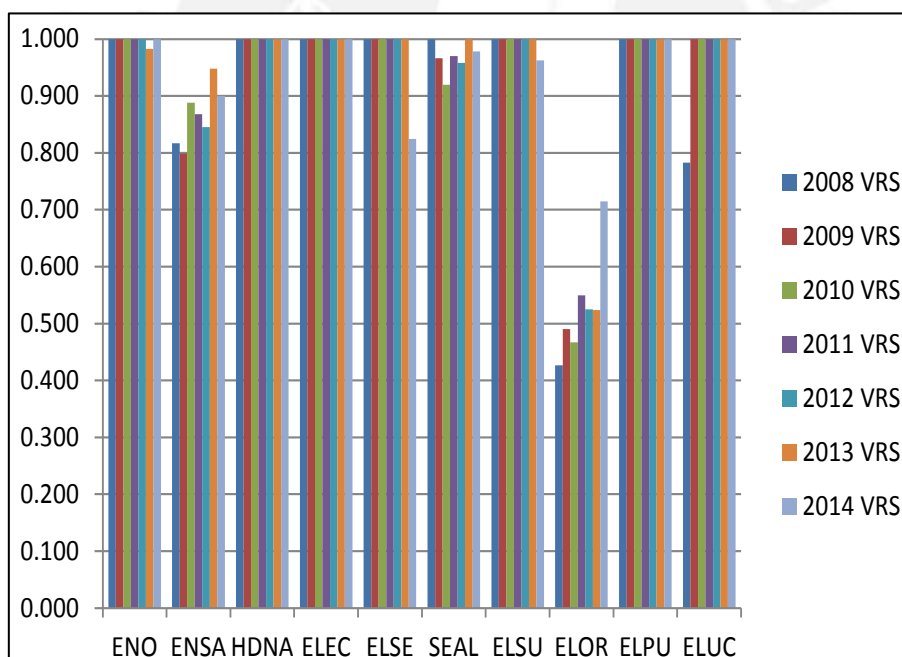


Figura 36: Modelo TOTEX (VRS) del 2008 al 2014

En el caso de los resultados del modelo CALIDAD (CRS) graficados en la Figura 37 se tiene que las empresas ELECTROPUNO, ELECTROUCAYALI, ELECTROSUR y ENSA, alcanzan la frontera de eficiencia en por lo menos tres años del período del estudio; SEAL solo alcanzo la eficiencia en un año del período de estudio. Las empresas HIDRANDINA, ELECTROCENTRO y ELECTROSURESTE no alcanzan la eficiencia en este modelo en ningún año del período de estudio, que son las empresas que cuentan con mayor número de clientes.

Estos resultados se sustentan en el caso de ELECTROPUNO como se muestra en la Tabla B.11 y Figura B.11 del Apéndice B, es la empresa que presenta la menor proporción entre el TINT y la longitud de redes, es decir para un km de longitud de redes registro el menor tiempo de interrupciones del suministro de energía a sus usuarios en comparación con las demás empresas de distribución.

En el caso de ELECTRO UCAYALI como se muestra en la Tabla B.12 y Figura B.12 del Apéndice B, es la empresa que presenta la menor proporción entre el NINT y las ventas de energía, es decir para un MWh de energía vendido registro la menor cantidad de veces de interrupciones del suministro de energía a sus usuarios en comparación con las demás empresas de distribución.

En el caso de ELECTROSUR como se muestra en la Tabla B.10 y Figura B.10 del Apéndice B, es la empresa que presenta la menor proporción entre el TINT y las ventas de energía, es decir con para una cantidad de energía vendida registro el menor tiempo de interrupciones del suministro de energía a sus usuarios en comparación con las demás empresas de distribución.

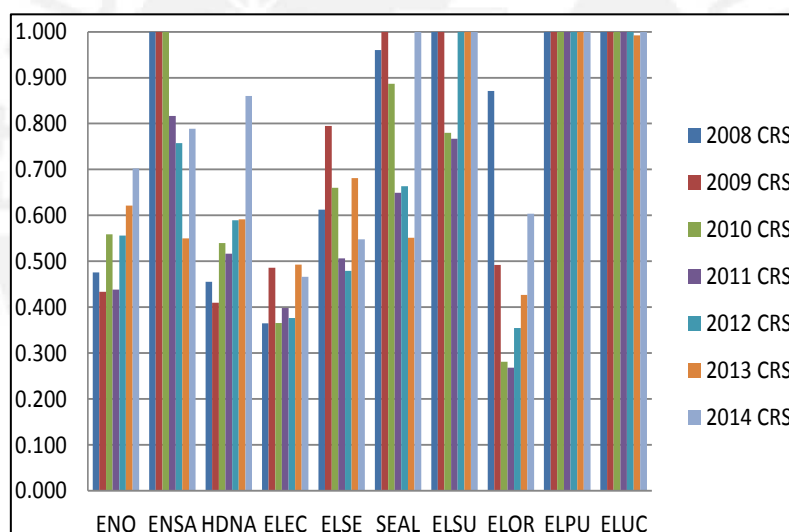


Figura 37: Modelo CALIDAD (CRS) del 2008 al 2014

En el caso de los resultados del modelo CALIDAD (VRS) graficados en la Figura 38, se tiene que todas las empresas alcanzan la eficiencia por lo menos en dos años del período del estudio; a excepción de la empresa ELECTRO ORIENTE, que no alcanzan la eficiencia en este modelo en ningún año del período de estudio. Las empresas HIDRANDINA, ELSE, SEAL, ELECTROPUNO y ELECTRO UCAYALI logran la frontera de eficiencia en todo el período de estudio. En el año 2014, la empresa ELECTROCENTRO presenta la menor puntuación de eficiencia inferior a la puntuación de ELECTRO ORIENTE.

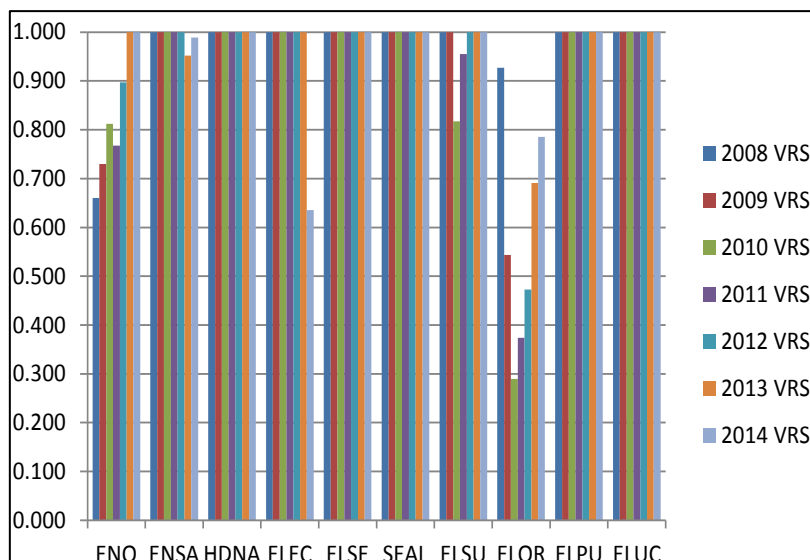


Figura 38: Modelo CALIDAD (VRS) del 2008 al 2014

En el caso del modelo TOTEX-CALIDAD (CRS) se tiene que las empresas ENOSA, SEAL, ELECTROSUR, ELECTROPUNO y ELECTROUCAYALI alcanzan la eficiencia en por lo menos cuatro años del período del estudio; mientras que HIDRANDINA y ELECTROSURESTE alcanzan la eficiencia en dos años del período de estudio. Las empresas ELECTROCENTRO y ELECTRO ORIENTE, no alcanzan la eficiencia en este modelo en ningún año del período de estudio.

Los resultados de las empresas que logran la eficiencia se sustentan en los mismos argumentos indicados en la explicaciones indicadas de manera independiente de los modelos TOTEX y CALIDAD, esto debido a las propiedades de los modelos DEA (ver numeral 3.6 del presente estudio) que establecen que si una unidad de decisión (DMU) cuenta con un excelente rendimiento con respecto a los costos, alcanzando la frontera eficiente, ella continuará en la frontera cuando se añade las variables de calidad, incluso si su rendimiento no es tan satisfactorio, por este motivo es relevante la evaluación del modelo calidad de forma independiente.

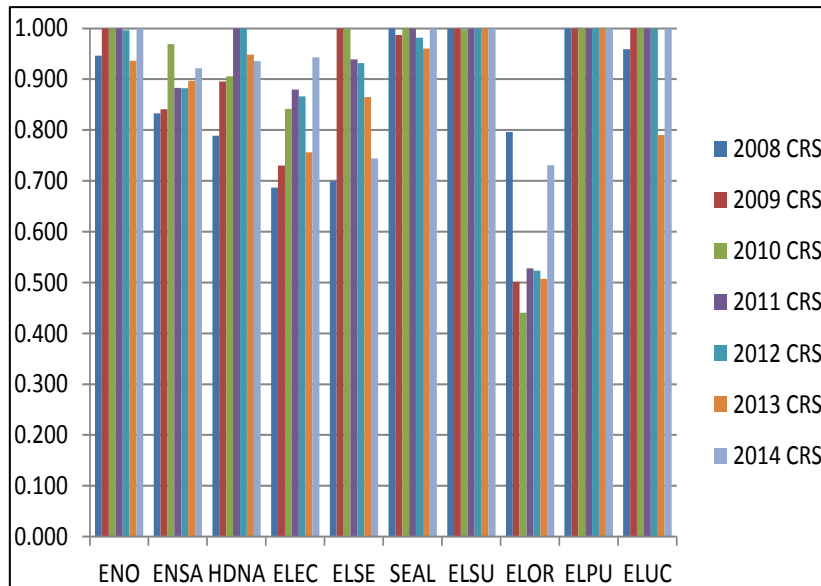


Figura 39: Modelo TOTEX-CAL (CRS) del 2008 al 2014

En el caso del modelo TOTEX-CALIDAD (VRS) se tiene todas las empresas alcanzan la eficiencia en por lo menos tres años del período del estudio; a excepción de la empresa ELECTRO ORIENTE, que no alcanzan la eficiencia en este modelo en ningún año del período de estudio.

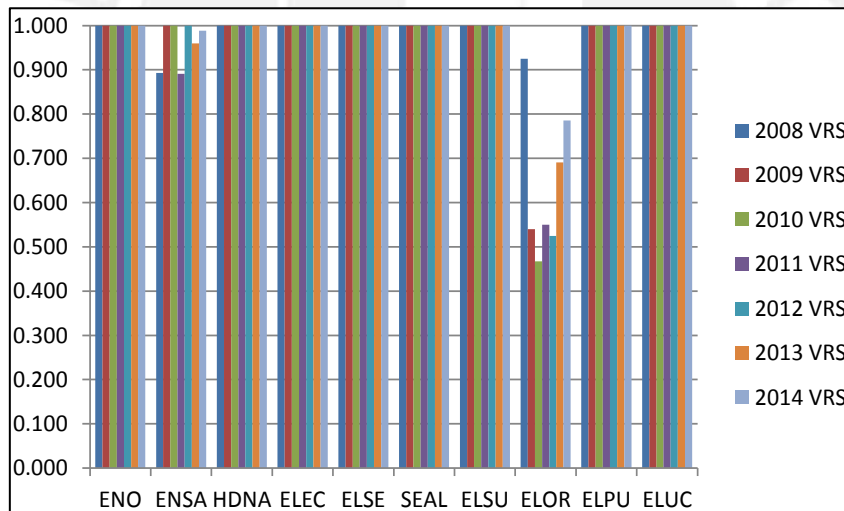


Figura 40: Modelo TOTEX-CAL (VRS) del 2008 al 2014

En los resultados de los índices de eficiencia de la empresa ENOSA tanto en CRS y VRS, un aspecto a resaltar es que son mayores en los modelos que consideran los costos (OPEX, OPEX-COMPENSACIONES y TOTEX) que los índices de eficiencia del Modelo CALIDAD donde en ningún año alcanza la eficiencia; esto implica una posible compensación entre los costos de totales y la calidad del servicio.

En los resultados de los índices de eficiencia de la empresa ENSA tanto en CRS y VRS, un aspecto a resaltar es que sólo en los modelos que contienen variables de calidad (modelo CALIDAD y TOTEX-CALIDAD) alcanza la frontera de eficiencia específicamente. Mientras que

en los modelos que consideran los costos (OPEX, OPEX-COMPENSACIONES y TOTEX) en ningún año alcanza la eficiencia, este implica posiblemente problemas de gestión de los costos totales de operación y las inversiones.

En los resultados de los índices de eficiencia de la empresa HIDRANDINA en CRS, un aspecto a resaltar es que son mayores (alcanzando la eficiencia en varios años) en los modelos que consideran los costos (OPEX, OPEX-COMPENSACIONES y TOTEX) que los índices de eficiencia del Modelo CALIDAD donde en ningún año alcanza la eficiencia; esto implica una posible compensación entre los costos de totales y la calidad del servicio. En VRS, se resalta que logra la frontera de eficiencia en todos los modelos en todo el período de estudio.

En los resultados de los índices de eficiencia de la empresa ELECTROCENTRO en CRS, un aspecto a resaltar es que solo alcanzan la eficiencia en los modelos que consideran los costos totales de operación OPEX y OPEX-COMPENSACIONES; mientras que en los índices de eficiencia del Modelo TOTEX y del Modelo CALIDAD en ningún año alcanza la eficiencia; esto implica una posible compensación entre los costos de totales y la calidad del servicio; así como posiblemente problemas de gestión de las inversiones y su alineamiento con la calidad del servicio. En VRS, logra la frontera de eficiencia en todos los modelos durante todo el período de estudio, a excepción del modelo CALIDAD en el período 2014, donde registro el menor valor de todas las empresas.

En los resultados de los índices de eficiencia de la empresa ELECTRO SUR ESTE en CRS y VRS, un aspecto a resaltar es que solo alcanzan la eficiencia en los modelos que consideran costos (OPEX, OPEX-COMPENSACIONES y TOTEX); mientras que en los índices de eficiencia del Modelo CALIDAD en ningún año alcanza la eficiencia; esto implica una posible compensación entre los costos de totales y la calidad del servicio.

En los resultados de los índices de eficiencia de la empresa SEAL en CRS y VRS, un aspecto a resaltar es que alcanzan la eficiencia en algún año del período de estudio, en todos los modelos los que consideran solo costos y en los que consideran variables de calidad, esto denota que la empresa presenta un comportamiento más equilibrado entre costos y calidad durante el período de estudio. En VRS alcanza la frontera de eficiencia en todo el período en los modelos CALIDAD y TOTEX-CALIDAD.

En los resultados de los índices de eficiencia de la empresa ELECTROSUR en CRS, un aspecto a resaltar es que en los modelos que contienen variables de calidad (modelo CALIDAD y TOTEX-CALIDAD) alcanza la frontera de eficiencia mayoritariamente. Mientras que en los modelos que consideran los costos (OPEX, OPEX-COMPENSACIONES y TOTEX) alcanza la eficiencia sólo en TOTEX el 2013. En VRS alcanza la eficiencia tanto en los modelos de calidad y costos, en la mayoría de años del período de estudio.

En los resultados de los índices de eficiencia de la empresa ELECTRO ORIENTE en CRS y VRS, un aspecto a resaltar es que no alcanza la eficiencia en ningún año del período de estudio en todos los modelos los que consideran solo costos y en los que consideran variables de calidad, así como que es la empresa que registra los menores valores de eficiencia.

En los resultados de los índices de eficiencia de la empresa ELECTRO PUNO en CRS y VRS, se resalta que es la única empresa que alcanza la eficiencia en todos los modelos de costos y calidad durante todo el período de estudio. Como se ha explicado es la empresa que mejores proporciones entre las variables de entrada y de salida presenta como se puede verificar en el Apéndice C, sobre todo por la longitud de redes de distribución que atiende y los resultados de los indicadores de calidad que presenta durante el período de estudio.

En los resultados de los índices de eficiencia de la empresa ELECTRO UCAYALI en CRS, un aspecto a resaltar es que sólo en los modelos que contienen variables de calidad (modelo CALIDAD y TOTEX-CALIDAD) alcanza la frontera de eficiencia. Mientras que en los modelos que consideran los costos (OPEX, OPEX-COMPENSACIONES y TOTEX) en ningún año alcanza la eficiencia. En VRS, en los modelos CALIDAD y CALIDAD-TOTEX alcanza la eficiencia en todo el período de estudio; y en los modelos de costos en la mayoría de años del período de estudio, este implica posiblemente problemas de gestión de los costos totales de operación y las inversiones.

4.11.2. Resultados obtenidos por cada año en todos los modelos DEA.

En las Figuras siguientes se muestran los valores de eficiencia obtenidos por las empresas en cada uno de los modelos especificados en el presente estudio, para cada uno de los años del período 2008 al 2014 que comprende el presente estudio; las figuras muestran los resultados de todos los modelos por cada año considerando retornos constantes a escala (CRS) y retornos variables a escala (VRS).

En el 2008 en CRS los resultados de eficiencia de la Figura 41 muestran que entre los cinco modelos en estudio, en el modelo OPEX alcanzaron la frontera de eficiencia las empresas SEAL y ELECTROPUNO. En el modelo TOTEX alcanzó la frontera de eficiencia la empresa SEAL y ELECTROPUNO. En el modelo CALIDAD se presenta las menores puntuaciones de eficiencia en ENOSA, HIDRANDINA, ELECTROCENTRO y ELECTROSURESTE; sin embargo, en este modelo las empresas ENSA, ELECTROSUR, ELECTROPUNO y ELECTROUCAYALI alcanzaron la frontera de eficiencia.

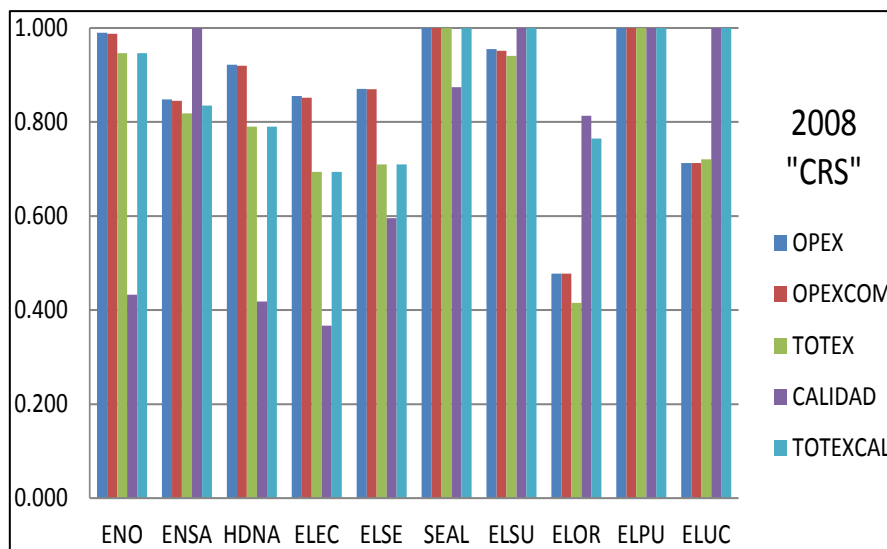


Figura 41: Todos los modelos en CRS el año 2008

En el 2008 en VRS, los resultados de la Figura 42 muestran que en las empresas HIDRANDINA, ELECTROCENTRO, ELECTROSURESTE, SEAL, ELECTROSUR y ELECTROPUNO alcanzan la eficiencia en los cinco modelos.

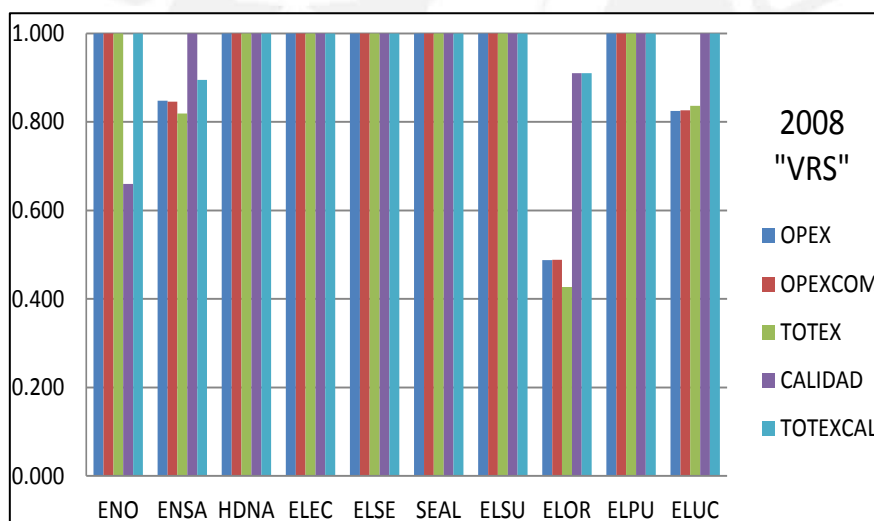


Figura 42: Todos los modelos en VRS el año 2008

En el 2009 en CRS, los resultados de eficiencia de la Figura 43 muestran que en el modelo CALIDAD han alcanzado la eficiencia las empresas ENSA, SEAL, ELECTROSUR, ELECTROPUNO y ELECTROUCAYALI, por el contrario, en las empresas ENOSA, HIDRANDINA, ELECTROCENTRO y ELECTROSURESTE presenta las menores puntuaciones de eficiencia entre los cinco modelos en estudio. En el caso de ELECTRO ORIENTE el modelo TOTEX presenta la menor puntuación de eficiencia entre los cinco modelos en estudio.

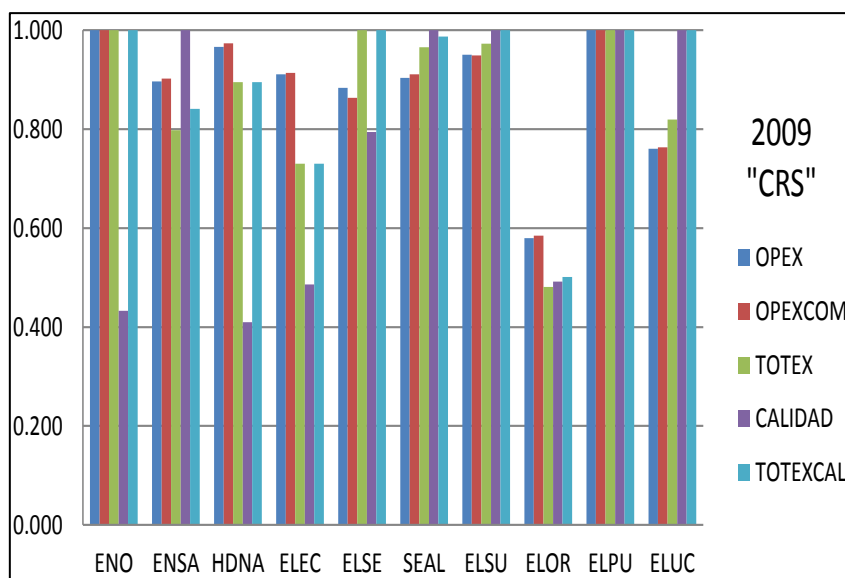


Figura 43: Todos los modelos en CRS el año 2009

En el 2009 en VRS, según se muestra en la Figura 44, en el modelo CALIDAD se alcanza la eficiencia en todas las empresas, a excepción de las empresas ENOSA y ELECTRO ORIENTE.

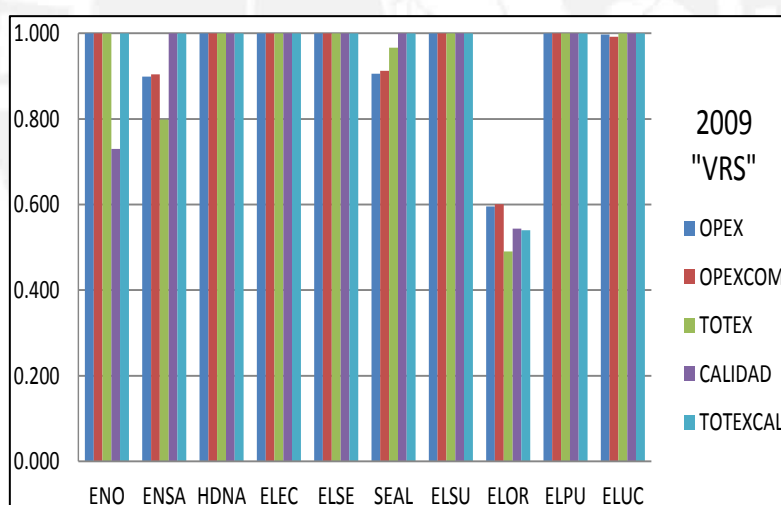


Figura 44: Todos los modelos en VRS el año 2009

En el 2010 en CRS los resultados de eficiencia de la Figura 45 muestran que en el modelo CALIDAD han alcanzado la eficiencia las empresas ENSA, ELECTROPUNO y ELECTROUCAYALI, por el contrario, en todas las demás empresas el modelo CALIDAD presenta las menores puntuaciones de eficiencia entre los cinco modelos en estudio. Las empresas ELECTROCENTRO y ELECTRO ORIENTE presentan las menores puntuaciones de eficiencia entre todas las empresas.

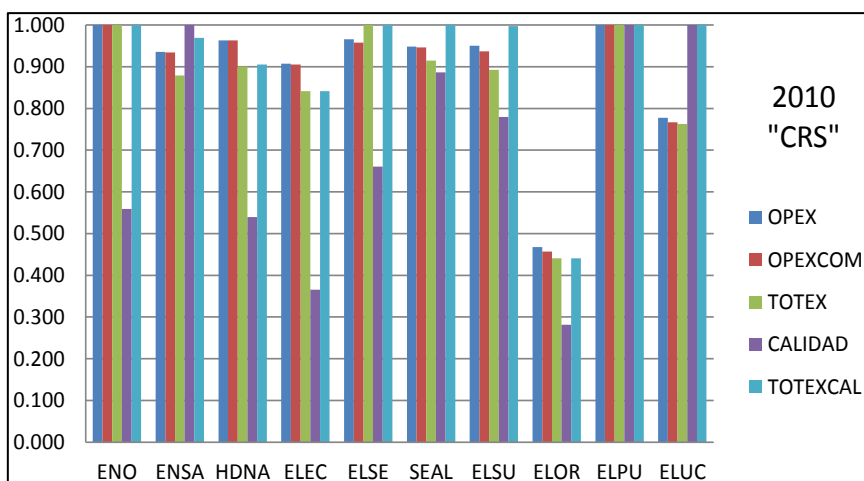


Figura 45: Todos los modelos en CRS el año 2010

En el 2010 en VRS, según la Figura 46 en el modelo CALIDAD se alcanza la eficiencia en siete de las diez empresas, a excepción de las empresas ENOSA, ELECTROSUR y ELECTRO ORIENTE.

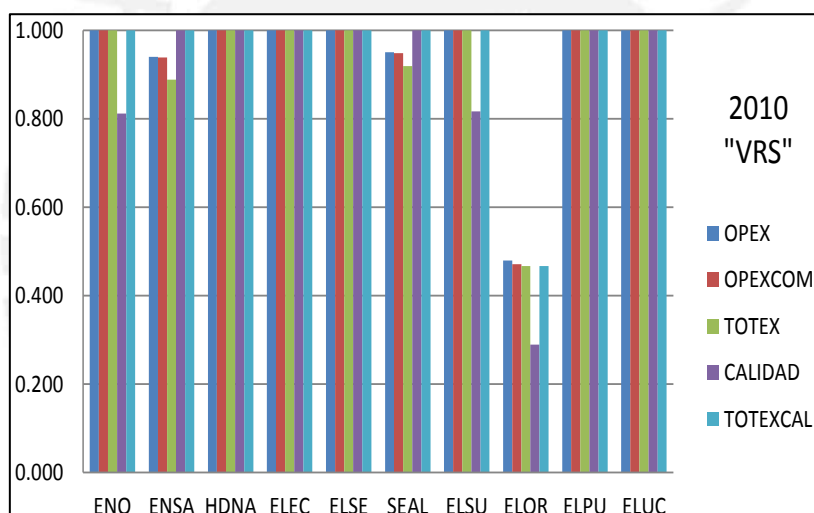


Figura 46: Todos los modelos en VRS el año 2010

En el 2011 en CRS los resultados de eficiencia de la Figura 47 muestran que en el modelo CALIDAD ha alcanzado la eficiencia las empresas ELECTROPUNO y ELECTROUCAYALI, por el contrario, en todas las demás empresas el modelo CALIDAD presenta las menores puntuaciones de eficiencia entre los cinco modelos en estudio. Las empresas ELECTROCENTRO y ELECTRO ORIENTE presentan las menores puntuaciones de eficiencia entre todas las empresas, con puntuaciones menores a 0.40.

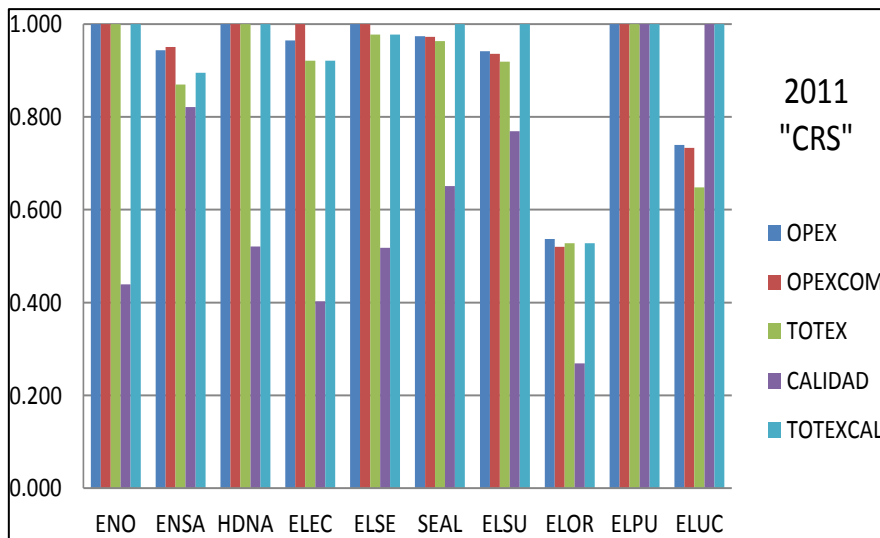


Figura 47: Todos los modelos en CRS el año 2011

En el 2011 en VRS, según se muestra en la Figura 48 en el modelo CALIDAD se alcanza la eficiencia en siete de las diez empresas, a excepción de las empresas ENOSA, ELECTROSUR y ELECTRO ORIENTE.

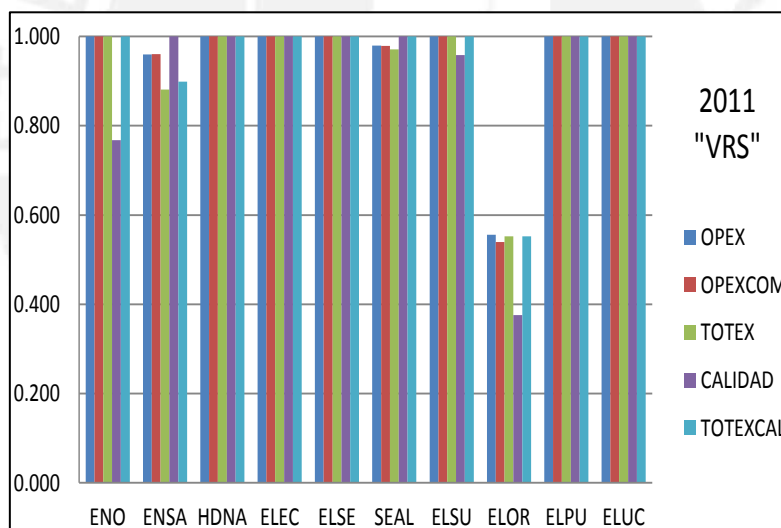


Figura 48: Todos los modelos en VRS el año 2011

En el 2012 en CRS los resultados de eficiencia de la Figura 49 muestran que el modelo CALIDAD ha alcanzado la eficiencia en las empresas ELECTROSUR, ELECTROPUNO y ELECTROUCAYALI, por el contrario, en todas las demás empresas el modelo CALIDAD presenta las menores puntuaciones de eficiencia entre los cinco modelos en estudio. Las empresas ELECTROCENTRO y ELECTRO ORIENTE presentan las menores puntuaciones de eficiencia entre todas las empresas, con puntuaciones menores a 0.40.

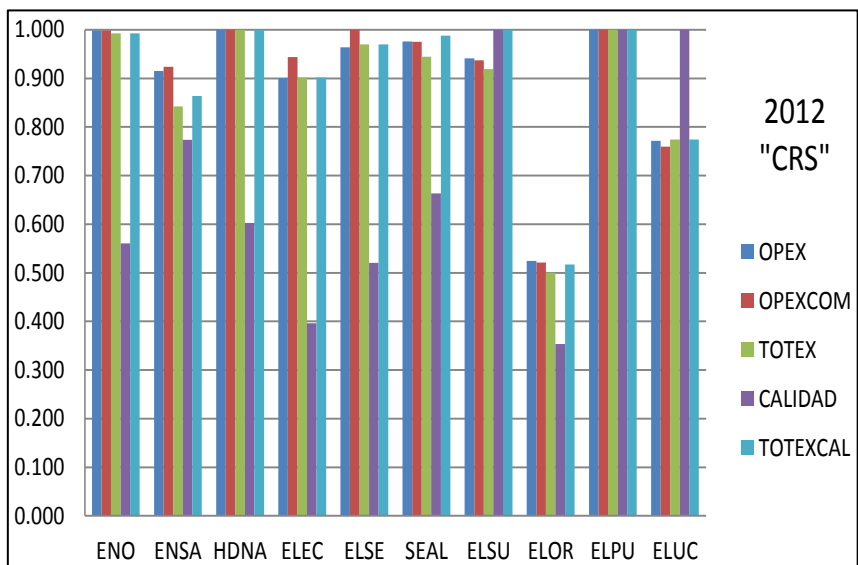


Figura 49: Todos los modelos en CRS el año 2012

En el 2012 en VRS, según se muestra en la Figura 50, en el modelo CALIDAD se alcanza la eficiencia en ocho de las diez empresas a excepción de ENOSA y ELECTRO ORIENTE. En la empresa ELECTRO ORIENTE se tiene la menor puntuación de eficiencia 0.469.

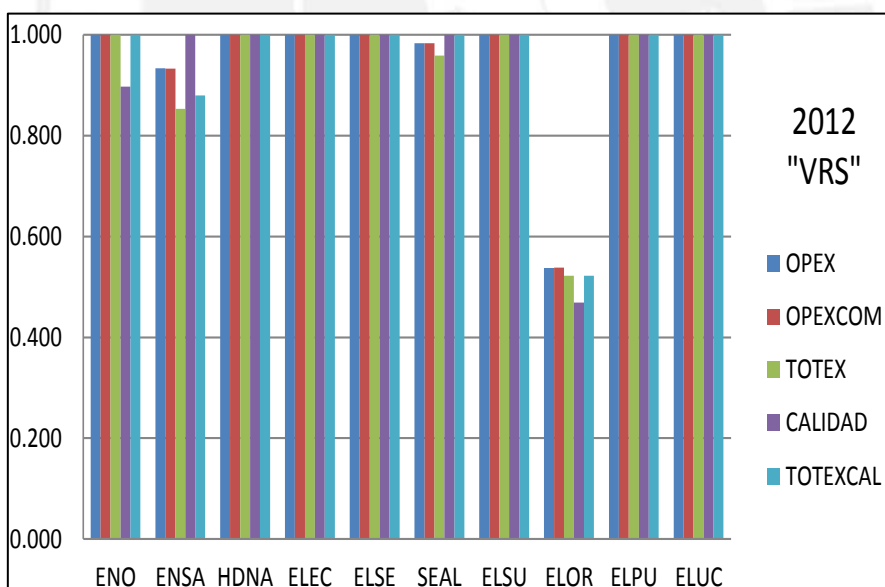


Figura 50: Eficiencia en los modelos el año 2012 en VRS

En el 2013 en CRS los resultados de eficiencia de la Figura 51 muestran que en el modelo CALIDAD alcanzaron la eficiencia dos empresas ELECTROSUR y ELECTROPUNO, mientras que ELECTRO UCAYALI obtuvo un valor de 0.992 cercano a la frontera de eficiencia. Por el contrario, en las demás empresas en el modelo CALIDAD presentaron las menores puntuaciones de eficiencia entre los cinco modelos en estudio. Las empresas

ELECTROCENTRO y ELECTRO ORIENTE presentan las menores puntuaciones de eficiencia entre todas las empresas, con puntuaciones de 0.493 y 0.427 respectivamente.

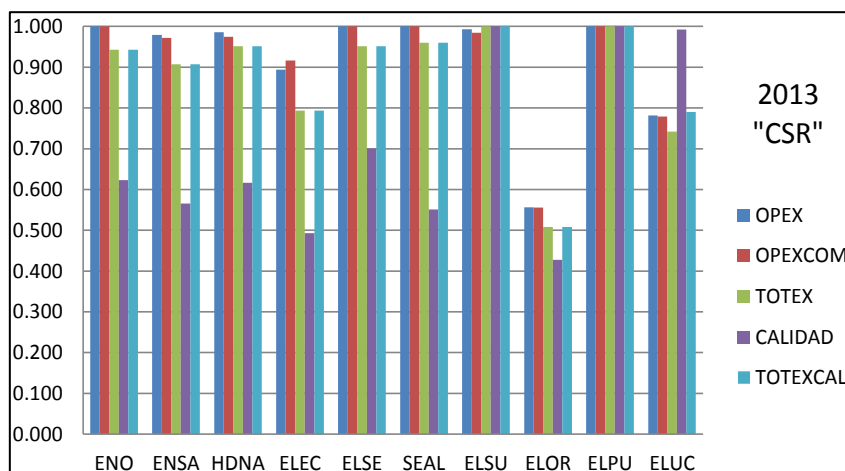


Figura 51: Eficiencia en los modelos el año 2013 en CRS

En el 2013 en VRS, según se muestra en la Figura 52, en el modelo CALIDAD se alcanza la eficiencia en ocho de las diez empresas, a excepción de las empresas ENSA y ELECTRO ORIENTE. En ELECTRO ORIENTE se registra la menor puntuación con un valor de 0.692.

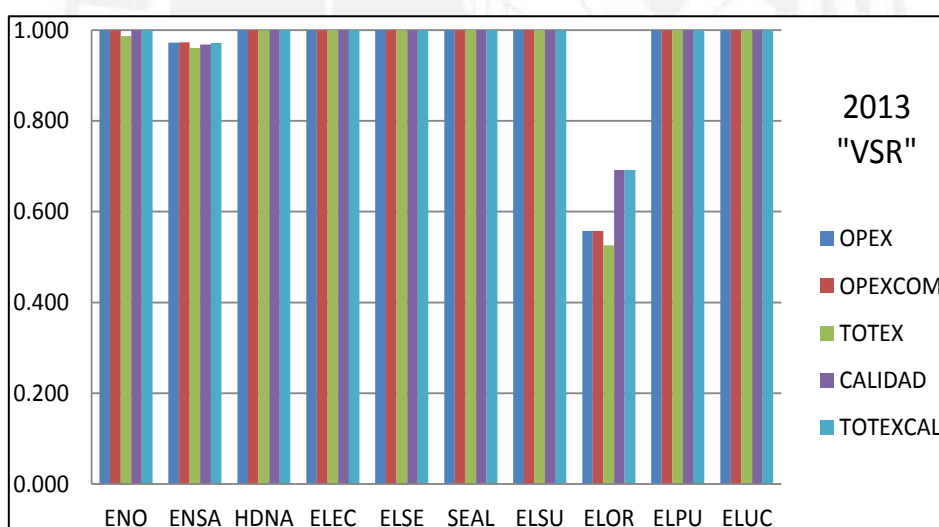


Figura 52: Eficiencia en los modelos el año 2013 en VRS

En el 2014 en CRS los resultados de eficiencia de la Figura 53 muestran que en el modelo CALIDAD alcanzaron la eficiencia cuatro de las diez empresas: SEAL, ELECTROSUR, ELECTROPUNO y ELECTRO UCAYALI. En las empresas ELECTROCENTRO y ELECTRO SUR ESTE se presentan las menores puntuaciones de eficiencia con valores de 0.466 y 0.570 respectivamente. Un aspecto a resaltar es que es el primer año que ELECTROCENTRO

registra el menor valor de eficiencia entre todas las empresas, siendo superada por ELECTRO ORIENTE que registra 0.604 mejorando su puntuación de años anteriores.

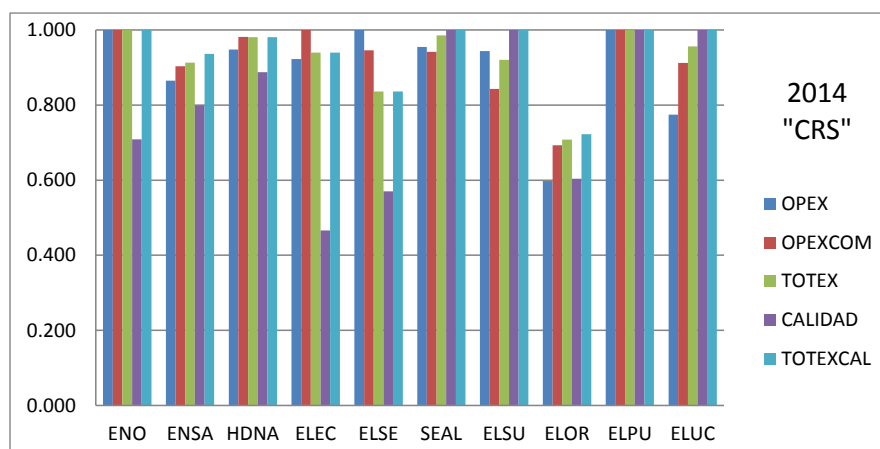


Figura 53: Eficiencia en los modelos el año 2014 en CRS

En el 2014 en VRS, según la Figura 54, en el modelo CALIDAD se alcanza la eficiencia en ocho de las diez empresas, a excepción de las empresas, ELECTROCENTRO y ELECTRO ORIENTE que registran 0.636 y 0.780 respectivamente.

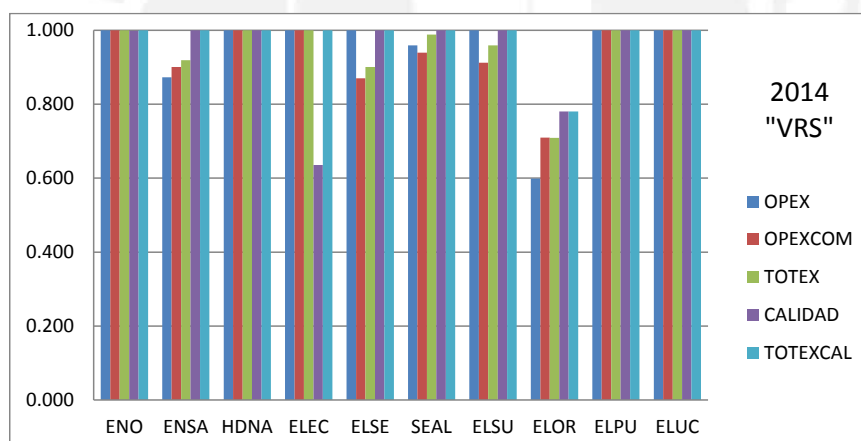


Figura 54: Eficiencia en los modelos el año 2014 en VRS

Como se ha mostrado en el marco teórico y en la presentación de resultados los índices de eficiencia se pueden obtener ya sea dentro del enfoque de rendimientos constantes a escala (CRS) y también el enfoque de rendimientos variables a escala (VRS).

En relación al enfoque CRS, según Tolosa (2013:66) se emplea no sólo por ser el más usado según el resultado obtenido de la revisión de la literatura, sino porque sirve a las empresas para dar una idea a futuro sobre hacia donde orientar su gestión, pues en teoría en el largo plazo las empresas deberían ajustar sus procesos para lograr estar en la frontera de eficiencia de retorno constantes escala. Asimismo, según Von Hirschhausen (2005: 5) el enfoque CRS

es apropiado para las empresas que tienen la capacidad de ajustar su tamaño para lograr un tamaño óptimo, este punto es relevante para nuestro análisis, considerando que las empresas del FONAFE, al estar regidas por una sola administración, serían factibles de reestructurarse y ajustar su tamaño para mejorar su gestión y lograr mejoras en su eficiencia.

Sobre este tema del tamaño óptimo de la empresa, es preciso indicar que en el año 2014, en el ámbito de las empresas del FONAFE, se realizó una reestructuración de las empresas ENSA y ELECTRO ORIENTE, es así que mediante Acuerdo de Directorio N° 006-2013/002-FONAFE se dispone la transferencia de capital a favor de ELECTRO ORIENTE de los bienes del Sistema Eléctrico Aislado Chachapoyas y el Sistema Eléctrico Interconectado Bagua-Jaén-San Ignacio, aportes que han sido efectuados mediante acuerdos de Junta General de Accionistas del 11 de marzo de 2014 y 08 de agosto de 2014, en virtud del cual, ELECTRO ORIENTE, viene brindando el servicio de generación y transmisión a partir de marzo 2014, y las actividades de distribución y comercialización de energía eléctrica a partir de agosto 2014, en las regiones de Amazonas y Cajamarca, a través de las Unidades de Negocio Chachapoyas (Sistema Eléctrico Aislado Chachapoyas) y Jaén (Sistema Eléctrico Interconectado Bagua-Jaén-San Ignacio), estas unidades han contribuido con la incorporación de 105,666 clientes. Asimismo, durante el Ejercicio 2013, la empresa ADINELSA¹⁵ transfirió a favor de ELECTRO ORIENTE, los bienes de propiedad de ADINELSA que conforman el Sistema Eléctrico Aislado Chachapoyas y el Sistema Eléctrico Bagua- Jaén- San Ignacio por acuerdo de Directorio N° 006-2013/002-FONAFE.

Por lo resultados observados en las figuras de eficiencia se puede concluir que la empresa ELECTRO ORIENTE incremento sus puntuaciones de eficiencia en los años 2013 y 2014 tanto en el enfoque CRS y VRS, en todos los modelos DEA en estudio, esto debido al aumento registrado en las variables de salida, que en la práctica corresponden a la reestructuración e incremento de sus operaciones o incremento en la eficiencia de escala. Asimismo, en el caso de ENSA, se observa que en el año 2014 en el enfoque CRS y VRS incremento su eficiencia en los modelos CALIDAD y TOTEX-CALIDAD.

En relación al enfoque VRS, según Tolosa (2013:66), da una visión más enfocada sobre la situación actual de las empresas y el sector. Asimismo, según Von Hirschhausen (2005:5) el enfoque de VRS compara las empresas sólo en tamaños similares; y es adecuado para las empresas que no tienen la capacidad de ajustar su tamaño; sin embargo resalta el hecho que el enfoque VRS es importante porque permite proporcionar información de la eficiencia de

¹⁵ ADINELSA Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica S.A., Es una empresa pública de derecho privado de la Corporación FONAFE, constituida como Sociedad Anónima el 02 de Diciembre de 1994. Tiene por objeto social la administración de bienes e infraestructura eléctrica ejecutados por entidades del Estado. ADINELSA atiende las zonas a las que ninguna otra empresa entra, por lo cual no tendría competencia, realiza una actividad subsidiada. La infraestructura que administra está constituida por Centrales Hidroeléctricas, Grupos Térmicos, Centrales Eólicas, Pequeños Sistemas Eléctricos, Líneas de Transmisión y Sistemas Fotovoltaicos.

escala, que se obtiene por la relación entre las puntuaciones de rendimientos CRS y VRS; como se ha explicado en el numeral 3.4.2 del Capítulo III del presente estudio.

En la Tabla 19 se muestra el resumen de resultados del enfoque CRS, se tiene que en el modelo OPEX y en el modelo OPEX-COMPENSACIONES, el 30% de empresas alcanzó la frontera de eficiencia (puntuación igual a 1) en todo el período de estudio; en el modelo TOTEX sólo el 24% alcanzó la frontera de eficiencia. En el modelo CALIDAD 33% alcanzan la frontera de eficiencia y en el modelo TOTEX-CALIDAD alcanzan la frontera de eficiencia 43% de empresas. Sí consideramos el total de resultados del enfoque CRS se tiene que el 32% alcanzan la frontera de eficiencia.

Tabla 19. Resumen de resultados del enfoque CRS

MODELO	RESULTADO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	PORCENTAJE (%)
OPEX	Eficientes	2	2	2	5	3	4	3	21	30%
	Ineficientes	8	8	8	5	7	6	7	49	70%
OPEX - COMPENSACIONES	Eficientes	2	2	2	5	3	4	3	21	30%
	Ineficientes	8	8	8	5	7	6	7	49	70%
TOTEX	Eficientes	2	3	3	3	2	2	2	17	24%
	Ineficientes	8	7	7	7	8	8	8	53	76%
CALIDAD	Eficientes	2	2	2	5	3	4	3	21	30%
	Ineficientes	8	8	8	5	7	6	7	49	70%
TOTEX-CALIDAD	Eficientes	4	5	5	6	3	2	5	30	43%
	Ineficientes	6	5	5	4	7	8	5	40	57%
TOTAL MODELOS	Eficientes	14	17	15	21	14	14	17	112	32%
	(%)	28%	34%	30%	42%	28%	28%	34%	32%	
	Ineficientes	36	33	35	29	36	36	33	238	68%
	(%)	72%	66%	70%	58%	72%	72%	66%	68%	

Elaboración propia.

En la Tabla 20 se muestra el resumen de resultados en el caso del enfoque VRS, se tiene que en el modelo OPEX el 70% de empresas alcanzó la frontera de eficiencia (puntuación igual a 1) en todo el período de estudio; en el modelo OPEX-COMPENSACIONES el 67% de empresas alcanzó la frontera de eficiencia en todo el período de estudio; también en el modelo TOTEX el 67% de empresas alcanzó la frontera de eficiencia. En el modelo CALIDAD 76% alcanzan la frontera de eficiencia y en el modelo TOTEX-CALIDAD alcanzan la frontera de eficiencia 84% de empresas. Sí consideramos el total de resultados del enfoque VRS se tiene que el 73% alcanzan la frontera de eficiencia.

Tabla 20. Resumen de resultados del enfoque VRS

MODELO	RESULTADO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL	PORCENTAJE (%)
OPEX	Eficientes	7	6	7	7	7	8	7	49	70%
	Ineficientes	3	4	3	3	3	2	3	21	30%
OPEX - COMPENSACIONES	Eficientes	7	6	7	7	7	8	5	47	67%
	Ineficientes	3	4	3	3	3	2	5	23	33%
TOTEX	Eficientes	7	7	7	7	7	7	5	47	67%
	Ineficientes	3	3	3	3	3	3	5	23	33%
CALIDAD	Eficientes	7	6	7	7	7	8	5	47	67%
	Ineficientes	3	4	3	3	3	2	5	23	33%
TOTEX-CALIDAD	Eficientes	8	9	9	8	8	8	9	59	84%
	Ineficientes	2	1	1	2	2	2	1	11	16%
TOTAL MODELOS	Eficientes	36	34	37	36	36	39	31	255	73%
	(%)	72%	68%	74%	72%	72%	78%	62%	73%	
	Ineficientes	14	16	13	14	14	11	19	95	27%
	(%)	28%	32%	26%	28%	28%	22%	38%	27%	

Fuente: Elaboración propia.

4.11.3. Evaluación de retornos a escala en los cinco modelos DEA

En las Tablas 21 al 24 se muestran los rendimientos de escala¹⁶ obtenidos por las empresas en cada uno de los modelos especificados en el presente estudio, para cada uno de los años del período 2008 al 2014 que comprende el presente estudio.

En Tabla 21 se muestra los rendimientos de escala de los modelos OPEX y OPEX-COMPENSACIONES durante todos los años del estudio, son presentados en una misma tabla porque son iguales, lo que era previsible porque presentan similares resultados de puntuaciones de eficiencia.

Se observa que en el caso de la empresa ELECTROPUNO ha operado a rendimiento de escala constante durante todo el período de estudio. Y en el caso de las empresas ELECTRO ORIENTE, ELECTROSUR y ELECTRO UCAYALI han operado a rendimientos de escala crecientes durante todo el período de estudio. Las empresas HIDRANDINA y ELECTROCENTRO en cinco de los siete años del período de estudio han operado a rendimientos decrecientes a escala, incluido el año 2014.

¹⁶ En las Tablas “Decresing” indica “Rendimientos decrecientes a escala” (DRS), “Increasing” indica “Rendimientos crecientes a escala” y “Constant” indica “Rendimientos constantes a escala” (CRS).

Tabla 21: Modelo OPEX y OPEX-COMPENSACIONES

DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	Decreasing	Constant	Constant	Constant	Increasing	Constant	Constant
ENSA	Increasing	Increasing	Decreasing	Increasing	Increasing	Decreasing	Increasing
HIDRANDINA	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Constant	Constant	Decreasing	Decreasing
ELECTROCENTRO	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Constant	Decreasing	Decreasing	Decreasing
ELSE	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Constant	Constant	Constant	Constant
SEAL	Constant	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Constant	Increasing
ELECTROSUR	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing
ELECTRO ORIENTE	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing
ELECTRO PUNO	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant
ELECTRO UCAYALI	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing

Fuente: Elaboración propia

En Tabla 22 se muestra los rendimientos de escala del modelo TOTEX durante todos los años del estudio. Se observa que en el caso de la empresa ELECTROPUNO ha operado a rendimiento de escala constante durante todo el período de estudio. La empresa ENOSA ha operado a rendimiento de escala constante durante cuatro de los siete años del período de estudio. En el caso de la empresa ELECTRO UCAYALI ha operado a rendimiento de escala creciente durante todo el período de estudio. Las empresas SEAL, ELECTROSUR y ELECTRO ORIENTE han operado a rendimiento de escala creciente durante seis de los siete años que comprende el período de estudio y ENSA en cinco de los siete años. Mientras que la empresa ELECTROCENTRO ha operado a rendimientos decrecientes a escala durante todo el período de estudio, e HIDRANDINA en cinco de los siete años.

Tabla 22: Modelo TOTEX

DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	Decreasing	Constant	Constant	Constant	Increasing	Decreasing	Constant
ENSA	Increasing	Increasing	Decreasing	Increasing	Increasing	Decreasing	Increasing
HIDRANDINA	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Constant	Constant	Decreasing	Decreasing
ELECTROCENTRO	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
ELSE	Decreasing	Constant	Constant	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
SEAL	Constant	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Decreasing	Increasing
ELECTROSUR	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Constant	Increasing
ELECTRO ORIENTE	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Decreasing	Increasing
ELECTRO PUNO	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant
ELECTRO UCAYALI	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing	Increasing

Fuente: Elaboración propia.

En Tabla 23 se muestra los rendimientos de escala del modelo CALIDAD durante todos los años del estudio. La empresa ELECTROPUNO ha operado a rendimiento de escala constante durante todo el período de estudio. En el caso de la empresa ELECTRO UCAYALI ha operado a rendimiento de escala constante durante seis de los siete años del período de estudio y ELECTROSUR en cinco de los siete años. Las empresas ENOSA, HIDRANDINA, ELECTROCENTRO, ELECTRO SUR ESTE y ELECTRO ORIENTE han operado a rendimiento de escala decreciente durante todo el período de estudio.

Tabla 23: Modelo CALIDAD

DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
ENSA	Constant	Constant	Constant	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
HIDRANDINA	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
ELECTROCENTRO	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
ELSE	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
SEAL	Decreasing	Constant	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Constant
ELECTROSUR	Constant	Constant	Decreasing	Decreasing	Constant	Constant	Constant
ELECTRO ORIENTE	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
ELECTRO PUNO	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant
ELECTRO UCAYALI	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Increasing	Constant

Fuente: Elaboración propia.

En Tabla 24 se muestra los rendimientos de escala del modelo TOTEX-CALIDAD durante todos los años del estudio. La empresa ELECTROPUNO ha operado a rendimiento de escala constante durante todo el período de estudio. En el caso de la empresa ELECTRO SUR ha operado a rendimiento de escala constante durante seis de los siete años del período de estudio y ELECTRO UCAYALI en cinco de los siete años; mientras que ENOSA en cuatro de los siete años. Las empresas ENSA y ELECTROCENTRO han operado a rendimiento de

escala decreciente durante todo el período de estudio; las empresas HIDRANDINA y ELECTRO SURESTE en cinco de los siete años.

Tabla 24: Modelo TOTEX-CALIDAD

DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	Decreasing	Constant	Constant	Constant	Increasing	Decreasing	Constant
ENSA	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
HIDRANDINA	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Constant	Constant	Decreasing	Decreasing
ELECTROCENTRO	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
ELSE	Decreasing	Constant	Constant	Decreasing	Decreasing	Decreasing	Decreasing
SEAL	Constant	Decreasing	Constant	Constant	Decreasing	Decreasing	Constant
ELECTROSUR	Constant	Constant	Increasing	Constant	Constant	Constant	Constant
ELECTRO ORIENTE	Decreasing	Decreasing	Increasing	Increasing	Increasing	Decreasing	Decreasing
ELECTRO PUNO	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant	Constant
ELECTRO UCAYALI	Constant	Constant	Constant	Constant	Increasing	Increasing	Constant

Fuente: Elaboración propia.

Según R. Meenakuri (2008:66) una empresa trabajando siempre en “Rendimientos decrecientes a escala” (DRS), se interpreta como que la empresa tiene una capacidad de producción sobre-dimensionada para el tamaño de mercado que atiende, es decir el tamaño de estas empresas han superado su tamaño más productivo de escala, mientras que una empresa trabajando a “Rendimientos crecientes a escala” (IRS), indica que esta empresa es más pequeña que el tamaño de escala más productivo.

En las Tablas de resultados se puede apreciar que las empresas ELECTRO CENTRO, HIDRANDINA y ELECTRO SURESTE, presentan en casi todos los modelos rendimientos decrecientes a escala (DRS), estas empresas se encuentran entre las más grandes en longitud de redes de distribución; lo que podría explicar el DRS, por las extensas áreas rurales que atienden; otra explicación, es la posible existencia de deficiencias en la planificación del crecimiento de las redes de distribución de las empresas, que hace que cuenten con instalaciones sobredimensionadas para el mercado que atienden.

Los resultados indican la posibilidad de reestructuración de estas empresas que presentan rendimientos decrecientes a escala (DRS) con el propósito de mejorar la eficiencia del conjunto de las empresas del FONAFE, esta reestructuración podría implicar la transferencia de instalaciones entre las empresas del FONAFE, transfiriendo instalaciones a las empresas que cuenten con mejores condiciones para la atención de las instalaciones por efectos de cercanía geográfica e incluso revisar la posibilidad de subdivisión en empresas de menor tamaño más óptimas para la atención de las instalaciones por efectos de cercanía geográfica.

Por lo tanto, como medidas de políticas para la mejora de la gestión de las empresas, se debería examinar el alcance real de viabilidad de la reestructuración de estas empresas para aumentar su escala de operación, teniendo en cuenta las condiciones reales en el campo.

4.11.4 Resultados promedio obtenidos por el conjunto de empresas en los cinco modelos DEA.

En la Tabla 25 se muestra las puntuaciones promedio de eficiencia técnica calculadas para las diez empresas distribuidoras en el ámbito del FONAFE en el período 2008-2014. Para el cálculo de las puntuaciones promedio de eficiencia técnica se sumaron los resultados de cada año del estudio en cada modelo y luego se divide por el número de años del período.

Se observa que en el modelo CALIDAD (CRS) en promedio durante todo el período de estudio la empresa ELECTROPUNO ha alcanzado la frontera de eficiencia; la empresa ELECTRO UCAYALI alcanza una puntuación de 0.999 y la empresa ELECTRO SUR alcanza una puntuación de 0.936, siendo las empresas con las mayores puntuaciones. Mientras que las empresas con las menores puntuaciones de eficiencia promedio son ELECTROCENTRO con 0.425 puntos, ELECTRO ORIENTE con 0.463 puntos, ENOSA con 0.537 puntos e HIDRANDINA con 0.571.

Tabla 25: Resultados de eficiencia promedio de las distribuidoras en el período 2008-2014

DISTRIBUIDORA	Modelo OPEX		Modelo OPEX-COMPENSACIONES		Modelo TOTEX		Modelo CALIDAD		Modelo TOTEX-CALIDAD	
	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS	CRS	VRS
ENOSA	0.998	1.000	0.998	1.000	0.983	0.998	0.537	0.838	0.983	1.000
ENSA	0.913	0.918	0.919	0.922	0.861	0.874	0.851	0.995	0.892	0.949
HIDRANDINA	0.968	1.000	0.973	1.000	0.931	1.000	0.571	1.000	0.932	1.000
ELECTROCENTRO	0.922	1.000	0.933	1.000	0.832	1.000	0.425	0.948	0.832	1.000
ELSE	0.960	1.000	0.948	0.981	0.921	0.986	0.623	1.000	0.921	1.000
SEAL	0.965	0.968	0.964	0.966	0.962	0.972	0.804	1.000	0.991	1.000
ELECTROSUR	0.953	1.000	0.934	0.987	0.938	0.994	0.936	0.968	1.000	1.000
ELECTRO ORIENTE	0.534	0.545	0.544	0.558	0.512	0.528	0.463	0.580	0.569	0.638
ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ELECTRO UCAYALI	0.760	0.975	0.775	0.974	0.775	0.977	0.999	1.000	0.938	1.000
PROMEDIO	0.897	0.941	0.899	0.939	0.871	0.933	0.721	0.933	0.906	0.959

Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 55 y 56 muestran los mismos resultados de la Tabla 23 para cada uno de los modelos DEA. Se puede observar con mayor facilidad a través de la representación gráfica que empresas lograron la frontera eficiente o estaban muy cerca, al igual que, las diferencias entre los índices de eficiencia obtenidos para cada modelo desarrollado. También se puede observar claramente que el Modelo CALIDAD fue el que presentó las puntuaciones promedio más bajas de eficiencia tanto en los modelos en CRS y VRS.

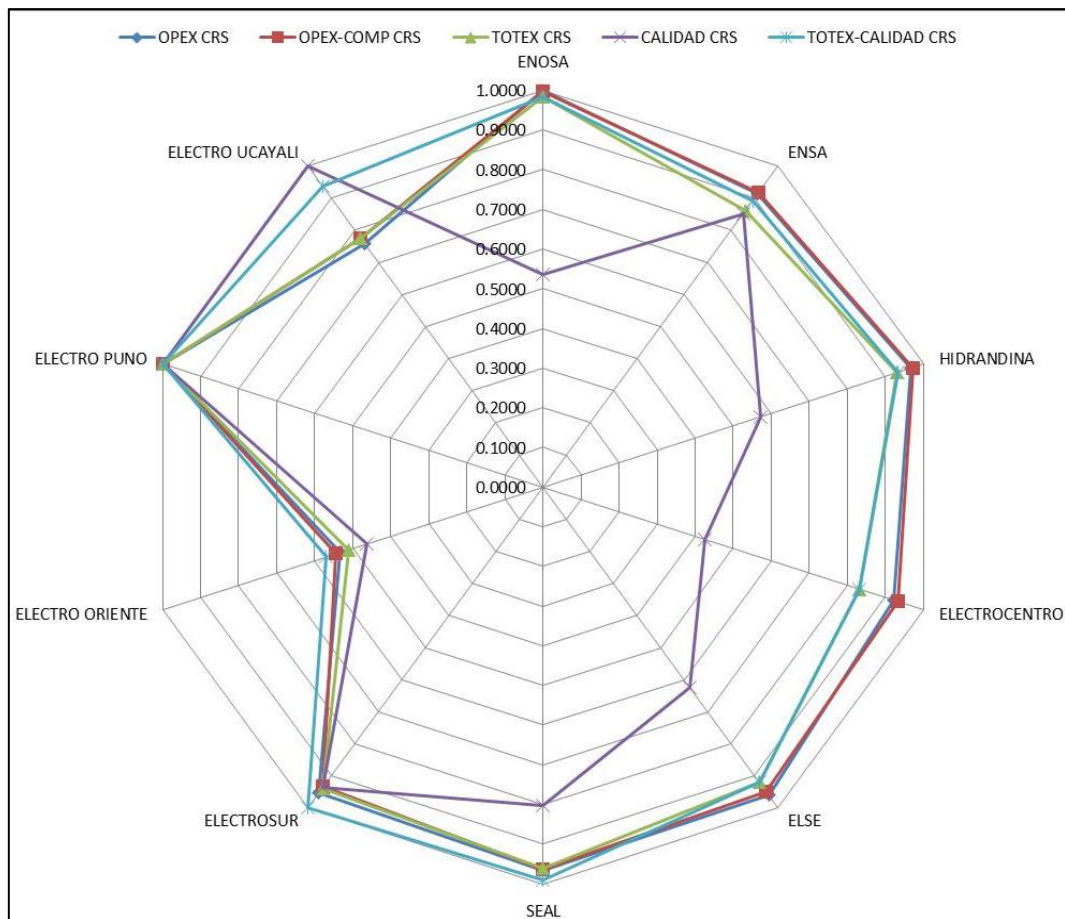


Figura 55: Resultados promedio de eficiencia de los modelos CRS en el período del 2008 al 2014

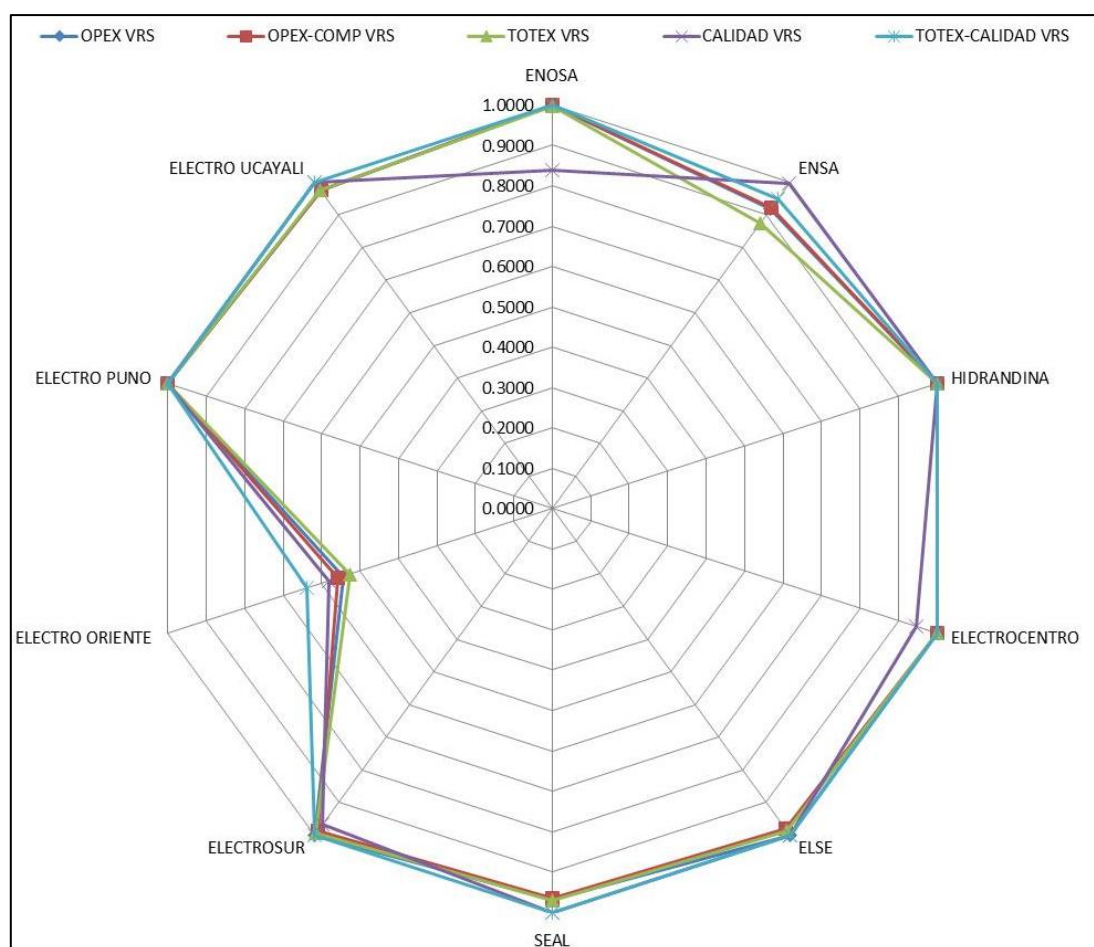


Figura 56: Resultados promedio de eficiencia de los modelos VRS en el período del 2008 al 2014.

4.11.5 Coeficiente de correlación entre los resultados promedios de eficiencia de los modelos DEA

Los coeficientes de correlación para los índices de eficiencia promedio se presentan en la Tabla 26.

Se observa que el modelo CALIDAD (CRS), no presenta correlaciones fuertes con los otros modelos, presenta valores por debajo de 0.5. Los menores valores de correlación son 0.21 con el modelo con el OPEX (CRS) y 0.20 con el modelo OPEXCOM (CRS), lo que denota que los gastos operacionales (OPEX) no estuvieron estrechamente ligados a los objetivos de incremento de la calidad del servicio, o en otros casos fueron insuficientes para mejorar la calidad del servicio. Lo mismo sucede con el modelo CALIDAD (VRS) que presenta menores valores de correlación con los otros modelos.

También se observa que los modelos que consideran sólo los gastos operativos (OPEX) tienen una correlación más fuerte con los demás (a excepción del modelo calidad), con valores superiores a 0.80. La mejor correlación se muestra entre el modelo OPEX (CRS) y el modelo OPEXCOM (VRS), el valor obtenido fue de 1.

Tabla 26: Coeficientes de correlación

Modelos	OPEX (VRS)	OPEXCOM (CRS)	OPEXCOM (VRS)	TOTEX (CRS)	TOTEX (VRS)	CALIDAD (CRS)	CALIDAD (VRS)	TOTEX CALIDAD (CRS)	TOTEX CALIDAD (VRS)
OPEX (CRS)	0.90	1.00	0.89	0.98	0.88	0.21	0.76	0.87	0.88
OPEX (VRS)	-	0.90	1.00	0.89	1.00	0.34	0.89	0.91	1.00
OPEXCOM (CRS)	-	-	0.90	0.97	0.89	0.20	0.77	0.86	0.89
OPEXCOM (VRS)	-	-	-	0.89	0.99	0.34	0.89	0.91	1.00
TOTEX (CRS)	-	-	-	-	0.88	0.34	0.76	0.94	0.88
TOTEX (VRS)	-	-	-	-	-	0.33	0.87	0.91	0.99
CALIDAD (CRS)	-	-	-	-	-	-	0.54	0.58	0.38
CALIDAD (VRS)	-	-	-	-	-	-	-	0.83	0.91
TOTEX CALIDAD (CRS)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.92

Fuente: Elaboración propia.

4.11.6 Resultados promedio anuales obtenidos en los modelos DEA con retornos constantes a escala (CRS)

La figura 57 ilustra la variación de los índices de eficiencia operacional anuales promedio para todas las empresas en todos los modelos obtenidos utilizando CRS.

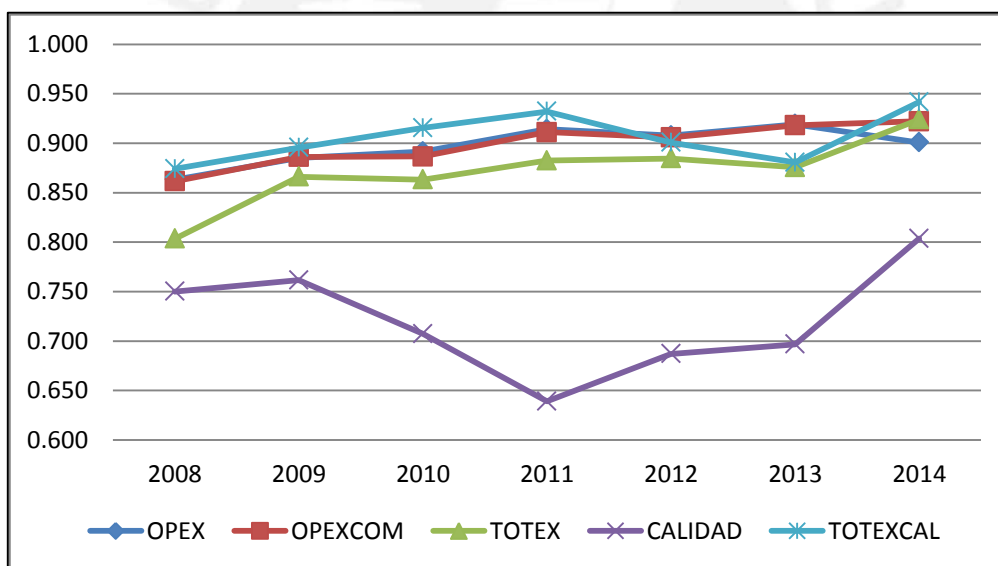


Figura 57: Resultados promedio anuales obtenidos en los cinco modelos DEA con (CRS).

Como se planteó en la hipótesis, se observa que el modelo calidad muestra una puntuación promedio de eficiencia menor que los otros modelos en todo el período de estudio.

Para poder apreciar con mayor detalle la variación de los otros modelos, vamos a retirar de la Figura 57 la línea del modelo CALIDAD resultando la figura 58, donde se puede apreciar que las puntuaciones medias de eficiencia de los modelos OPEX y OPEXCOM son casi iguales, lo que denota que incluir el monto de compensaciones por calidad de suministro que pagan las empresas distribuidoras a sus clientes por las interrupciones de servicio no afecta su

puntuación de eficiencia, es decir que el pago de los montos correspondientes a las compensaciones a los usuarios no afecta la eficiencia de las empresas, o en otras palabras, el pago de compensaciones no es incentivo para la mejora de la eficiencia de las empresas, esto es debido a que los montos de las compensaciones son menores al 1.3% del OPEX en todas las empresas.

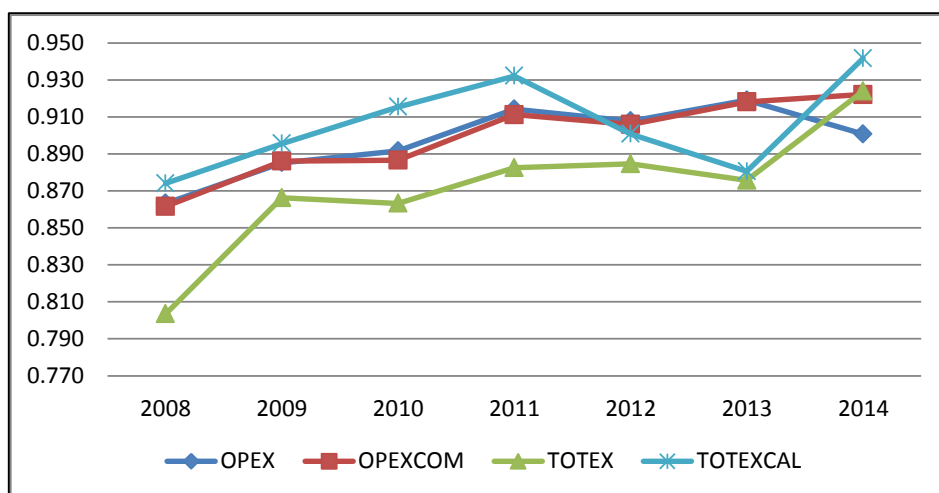


Figura 58: Resultados promedio anuales obtenidos en cuatro modelos DEA con (CRS).

Es de resaltar que en la mayoría de los modelos la eficiencia promedio ha alcanzado su valor máximo en el año 2014 y que la tendencia mostrada durante el período de estudio indica que las empresas están incrementando su eficiencia promedio.

En el modelo TOTEX se registra un incremento significativo de la eficiencia promedio entre el 2008 y 2009; luego del cual se registra un leve incremento de la eficiencia promedio entre el 2009 y 2011, del 2011 al 2013 se mantiene la eficiencia promedio y en el período 2014 se retoma el incremento de la eficiencia promedio, llegándose al valor máximo registrado.

4.11.7 Resultados obtenidos de los modelo en retornos variables a escala (VRS)

La Figura 59 ilustra la variación de los índices de eficiencia operacional anuales promedio para todas las empresas de todos los modelos obtenidos utilizando VRS. Una observación pertinente es que los niveles de eficiencia operativa en VRS son más altos que los que utilizan el modelado de CRS. Esto puede explicarse por el hecho de que en VRS las empresas distribuidoras de tamaño similar son comparan entre sí y no con los mejores en la muestra, por lo que se han obtenido mayores índices de eficiencia.

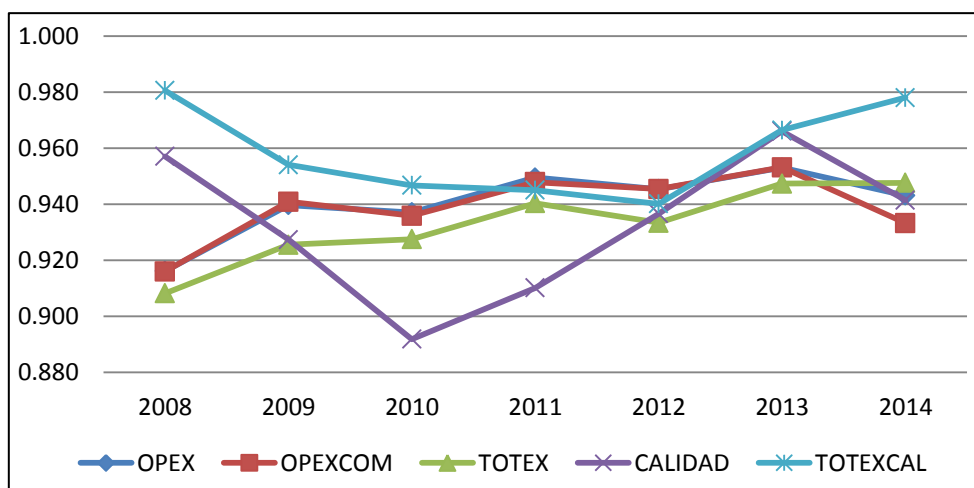


Figura 59: Resultados promedio anuales obtenidos en los cinco modelos DEA con (VRS).

En este caso, no es necesario excluir de la gráfica el Modelo Calidad para observar el cambio en los otros modelos porque los resultados de la eficiencia promedio no son inferiores en todo el período a los resultados de los otros modelos.

Se observa que la variación de los índices de eficiencia de todos los modelos se encuentran en el rango entre 0.88 y 0.98. La puntuación más baja del período corresponde al modelo CALIDAD en el 2010. Al igual que lo mostrado en las Figuras del modelo CRS se muestra que la tendencia durante el período de estudio indica que las empresas están incrementando su eficiencia promedio.

4.11.8 Evaluación comparativa de eficiencia relativa en el modelo calidad el año 2014

Considerando que uno de los objetivos del presente estudio es realizar una evaluación comparativa de la eficiencia relativa de las empresas considerando el parámetro de calidad del servicio, a continuación realizaremos la evaluación para el año 2014, con los resultados obtenidos para el modelo CALIDAD, para rendimientos constantes a escala CRS.

En este escenario, se presenta que seis empresas no alcanzan la frontera de eficiencia (por lo que las consideramos ineficientes) y tienen un grupo de referencia de cuatro empresas que alcanzaron la frontera de eficiencia; es decir, en teoría les sirven de referencia para llegar a ser eficientes, estas empresas son ELECTROPUNO, ELECTROSUR, ELECTRO UCAYALI y SEAL, según se muestra en la Tabla 27.

Los valores en la Tabla 27 indican el nivel de importancia que tiene cada empresa eficiente para las empresas ineficientes. En la Tabla se observa que ENOSA tiene dos empresas de referencia Electro Puno y Electro Ucayali, en el caso de Ensa tiene cuatro empresas de referencia Electro Puno, Electro Ucayali, Electro Sur y Seal, para la mejora de su eficiencia.

Tabla 27: Conjunto de empresas de referencia CRS

EMPRESAS INEFICIENTES	CONJUNTO DE EMPRESAS DE REFERENCIA			
	ELECTRO PUNO	ELECTRO UCAYALI	ELECTROSUR	SEAL
ENOSA	0.320	4.574	0	0
ENSA	0.217	1.186	0.430	0.257
HIDRANDINA	1.086	5.684	0	0
ELECTROCENTRO	1.281	0	1.698	0
ELSE	1.204	1.096	0	0
ELECTRO ORIENTE	0.396	0	1.599	0

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del software DEA Frontier.

Asimismo los resultados permiten establecer los valores objetivos de reducción o incremento de los valores iniciales de las variables de entrada y de salida que permitirán a las empresas ineficientes alcanzar la eficiencia.

Dichos valores objetivos se muestran en la Tabla 28, como se puede apreciar para alcanzar la eficiencia en el 2014 en el modelo Calidad CRS, las empresas ineficientes deben alcanzar los valores objetivos indicados. Por ejemplo ENOSA para alcanzar la frontera de eficiencia, debe orientar sus esfuerzos en reducir los valores de SAIDI en 20.31 horas (De 41.24 a 20.93) y el SAIFI en 6.29 veces (De 20.39 a 14.10); así como captar mayor cantidad de clientes para incrementar su cantidad en 10,904 (De 443,232 a 450,767). En el caso de HIDRANDINA para alcanzar la frontera de eficiencia, debe orientar sus esfuerzos en reducir los valores de SAIDI en 19.77 horas (De 40.40 a 20.63) y el SAIFI en 2.55 veces (De 16.19 a 13.64); así como captar mayor cantidad de clientes en 40,565 (De 755,468 a 796,033).

Tabla 28: Valores objetivos de las variables CRS

Empresa	Valores objetivo		Valores iniciales		Valores objetivo de variables de salida			Valores iniciales de variables de salida		
	SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI	N° Clientes	Ventas de energía (kWh)	Long. Redes(Km)	N° Clientes	Ventas de energía (kWh)	Long. Redes(Km)
ENOSA	14.10	20.93	20.39	41.24	454,136	1,261,978	15,970	443,232	1,261,978	15,970
ENSA	12.63	23.17	15.81	28.99	321,073	761,027	10,365	321,073	761,027	10,365
HIDRANDINA	13.64	20.63	16.19	40.40	796,033	1,746,994	34,317	755,468	1,746,994	34,317
ELECTROCENTRO	12.14	20.00	26.05	63.08	679,142	921,004	32,503	679,142	703,047	32,503
ELSE	12.88	20.14	27.30	39.50	488,646	595,598	27,549	436,672	595,598	27,549
SEAL	11.64	29.44	11.64	29.44	371,155	972,347	7,769	371,155	972,347	7,769
ELECTROSUR	11.47	20.17	11.47	20.17	145,721	346,064	3,264	145,721	346,064	3,264
ELECTRO ORIENTE	11.86	20.08	24.26	33.25	366,369	656,433	13,546	366,369	656,433	10,207
ELECTRO PUNO	12.53	19.91	12.53	19.91	336,965	260,219	21,044	336,965	260,219	21,044
ELECTRO UCAYALI	14.59	21.25	14.59	21.25	75,673	257,651	2,017	75,673	257,651	2,017

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del software DEA Frontier.

Ahora evaluaremos el modelo Calidad para rendimientos variables a escala VRS, según se muestra en la Tabla 29; se tiene que tres empresas no alcanzan la frontera de eficiencia (por lo

que las consideramos ineficientes) y tienen un grupo de referencia de cinco empresas que alcanzaron la frontera de eficiencia; es decir, en teoría les sirven de referencia para llegar a ser eficientes, estas empresas son HIDRANDINA, SEAL, ELSE y ELECTROPUNO.

En la Tabla 29 se muestra que ENOSA tiene dos empresas de referencia HIDRANDINA y SEAL en el caso de ELECTROCENTRO tiene tres empresas de referencia, HIDRANDINA, ELSE y ELECTRO PUNO; en el caso de ELECTRO ORIENTE tiene tres empresas de referencia HIDRANDINA, SEAL y ELECTROPUNO. Cabe resaltar que las empresas ENSA, ELECTRO UCAYALI y ELECTROSUR si bien alcanzan la frontera de eficiencia no son considerados en el conjunto de empresas de referencia.

Tabla 29: Conjunto de empresas de referencia VRS

EMPRESAS INEFICIENTES	CONJUNTO DE EMPRESAS DE REFERENCIA			
	HIDRANDINA	SEAL	ELSE	ELECTRO PUNO
ENOSA	0.374	0.626	0.000	0.000
ELECTROCENTRO	0.849	0.000	0.029	0.122
ELECTRO ORIENTE	0.030	0.494	0.000	0.476

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del software DEA Frontier.

Asimismo los resultados del modelo CALIDAD VRS permiten establecer los valores objetivos de reducción o incremento de los valores originales de las variables de entrada y de salida que permitirán a las empresas ineficientes alcanzar la eficiencia. Dichos valores objetivos se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30: Valores objetivos de las variables VRS

Empresa	Valores objetivo		Valores iniciales		Valores objetivo de variables de salida			Valores iniciales de variables de salida		
	SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI	N° Clientes	Ventas de energía (kWh)	Long. Redes(Km)	N° Clientes	Ventas de energía (kWh)	Long. Redes(Km)
ENOSA	14.14	35.45	20.39	41.24	514,845	1,261,978	17,695	443,232	1,261,978	15,970
ENSA	15.81	28.99	15.81	28.99	321,073	761,027	10,365	321,073	761,027	10,365
HIDRANDINA	16.19	40.40	16.19	40.40	755,468	1,746,994	34,317	755,468	1,746,994	34,317
ELECTROCENTRO	16.18	39.17	26.05	63.08	695,196	1,532,323	32,503	679,142	703,047	32,503
ELSE	27.30	39.50	27.30	39.50	436,672	595,598	27,549	436,672	595,598	27,549
SEAL	11.64	29.44	11.64	29.44	371,155	972,347	7,769	371,155	972,347	7,769
ELECTROSUR	11.47	20.17	11.47	20.17	145,721	346,064	3,264	145,721	346,064	3,264
ELECTRO ORIENTE	12.31	25.94	24.26	33.25	366,369	656,433	14,884	366,369	656,433	10,207
ELECTRO PUNO	12.53	19.91	12.53	19.91	336,965	260,219	21,044	336,965	260,219	21,044
ELECTRO UCAYALI	14.59	21.25	14.59	21.25	75,673	257,651	2,017	75,673	257,651	2,017

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del software DEA Frontier.

Como se puede apreciar para alcanzar la eficiencia en el 2014 en el modelo Calidad VRS, las empresas ineficientes debieron presentar los valores objetivos indicados. Por ejemplo ENOSA para alcanzar la frontera de eficiencia, debe orientar sus esfuerzos en reducir los valores de SAIDI en 5.79 horas (De 41.24 a 35.45) y el SAIFI en 6.25 veces (De 20.39 a 14.14); así como captar mayor cantidad de clientes para incrementar su cantidad en 71,613 (De 443,232 a

514,845). En el caso de ELECTROCENTRO para alcanzar la frontera de eficiencia, debe orientar sus esfuerzos en reducir los valores de SAIDI en 23.91 horas (De 63.08 a 39.17) y el SAIFI en 9.87 veces (De 26.05 a 16.18); así como captar mayor cantidad de clientes para incrementar su cantidad en 16,045 (De 679,142 a 695,196).

4.11.9 Ranking de eficiencia el año 2014

Considerando los resultados de eficiencia obtenidos en el año 2014, en el modelo CALIDAD para CRS y VRS, en la Tabla 31 se muestra el ranking de eficiencia relativa de las empresas, en esta Tabla se ha agregado dos columnas con el ranking elaborado por FONAFE en base a los indicadores ROA y ROE presentados en la Tabla 9 y Tabla 10 del numeral 2.9 del Capítulo II del presente estudio.

Se puede observar que tanto en los modelos Calidad CRS y VRS, la empresa SEAL se ubica en el primer lugar de eficiencia, al igual que en el ranking elaborado por FONAFE con los indicadores financieros ROE y ROA. Para la empresa ELECTRO ORIENTE que en modelos CALIDAD CRS se ha ubicado en el quinto lugar (de siete) y en CALIDAD VRS se ha ubicado en el tercer lugar (de cuatro) del ranking de eficiencia; similares resultados se presentan en el ranking elaborado por FONAFE con los indicadores financieros ROE y ROA.

Tabla 31: Comparación de ranking de eficiencia

DISTRIBUIDORA	Ranking 2014 DEA - CRS	Ranking 2014 DEA - VRS	Ranking 2014 ROA	Ranking 2014 ROE
ENOSA	4	2	2	2
ENSA	3	1	4	3
HIDRANDINA	2	1	6	5
ELECTROCENTRO	7	4	3	4
ELSE	6	1	5	8
SEAL	1	1	1	1
ELECTROSUR	1	1	7	7
ELECTRO ORIENTE	5	3	10	9
ELECTRO PUNO	1	1	8	6
ELECTRO UCAYALI	1	1	9	10

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo en el caso de las empresas ELECTROUCAYALI que en los modelos Calidad CRS y VRS, se observa que lograron ubicarse en la frontera de eficiencia ubicándose también en el primer lugar del ranking de eficiencia; se observa que en el caso del ranking FONAFE en base a los indicadores ROA y ROE, se ubica en el noveno y décimo lugar respectivamente. En el caso de la empresa ELECTROPUNO en los modelos Calidad CRS y VRS se observa que lograron ubicarse en la frontera de eficiencia ubicándose en el primer lugar del ranking;

mientras que en el caso del ranking FONAFE en base a los indicadores ROA y ROE, se ubica en el octavo y sexto lugar respectivamente.

Similar resultado se observa en la empresa ELECTROSUR, que se ubica en el primer lugar del ranking calidad CRS y VRS; mientras que en el ranking FONAFE en base a los indicadores ROA y ROE, se ubica en el sétimo lugar. En la empresa HIDRANDINA que logra ubicarse en el primer y segundo lugar del ranking Calidad VRS y CRS, se observa que en el ranking FONAFE en base a los indicadores ROA y ROE, se ubica en el sexto y quinto lugar respectivamente.

Como conclusión podemos indicar que en las empresas SEAL y ELECTRO ORIENTE el ranking de las empresas de los modelos DEA CALIDAD CRS y VRS coincide con el ranking FONAFE en base al ROA y ROE. Para el resto de empresas ambos ranking presentan resultados bastante diferentes. Estos resultados refuerzan la posición del presente estudio que propone complementar la evaluación que se realiza de las empresas en base a indicadores financieros con evaluaciones que consideren los resultados de CALIDAD de servicio, con el propósito de fijar políticas de gestión orientadas a la mejora de la calidad del servicio que las empresas de distribución brindan a sus clientes.

4.11.10 Resultados de los índices de productividad de Malmquist

Con el fin de evaluar los cambios en la productividad a través del tiempo, se ha calculado el índice de Malmquist DEA para el modelo CALIDAD, se calcula los índices de productividad para el período de siete años del estudio, ya que los cambios anuales son bastante volátiles.

En la Tabla 32 se presentan los resultados obtenidos para todas las empresas de los índices de productividad de Malmquist – DEA de las empresas para el modelo CALIDAD en el período 2008-2014, los resultados indican que la productividad media de las empresas se ha incrementado en un 5.3%; del mismo modo se ha incrementado el cambio de la frontera tecnológica en un 3.4%; en el caso de la eficiencia técnica relativa a CRS y la eficiencia de escala se han incrementado en un 1.8% y 2.1% respectivamente. Sin embargo en el eficiencia técnica pura se ha registrado un ligero retroceso de 0.3%. Considerando que los resultados de eficiencia en el modelo CALIDAD se han incrementado a lo largo del período de estudio, se puede afirmar que estos resultados están asociados principalmente al cambio tecnológico.

Tabla 32: Media de los índices de productividad de Malmquist – DEA de Las empresas para el modelo CALIDAD en el período 2008-2014

DISTRIBUIDORA	CAMBIO DE LA EFICIENCIA TECNICA (RELATIVA A CRS)	CAMBIO TECNOLÓGICO	CAMBIO DE LA EFICIENCIA TECNICA PURA (RELATIVA A VRS)	CAMBIO DE LA EFICIENCIA DE ESCALA	CAMBIO DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES (TFP)
ENOSA	1.086	1.042	1.071	1.014	1.132
ENSA	0.963	1.031	1.000	0.963	0.993
HIDRANDINA	1.134	1.020	1.000	1.134	1.157
ELECTROCENTRO	1.041	1.017	0.927	1.123	1.059
ELSE	0.994	1.026	1.000	0.994	1.019
SEAL	1.023	1.064	1.000	1.023	1.089
ELECTROSUR	1.000	1.062	1.000	1.000	1.062
ELECTRO ORIENTE	0.952	1.056	0.975	0.977	1.005
ELECTRO PUNO	1.000	0.996	1.000	1.000	0.996
ELECTRO UCAYALI	1.000	1.028	1.000	1.000	1.028
MEDIA	1.018	1.034	0.997	1.021	1.053

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en el programa DEAP Versión 2.1.

En la Tabla 33 se presenta los resultados obtenidos para todas las empresas de los índices de productividad de Malmquist – DEA de las empresas para el modelo CALIDAD en cada uno de los años del período de estudio. Se observa que las mayores ganancias de productividad y cambios tecnológicos se registran en el año 2014.

Tabla 33: Media de los índices de productividad de Malmquist – DEA de las empresas para el modelo CALIDAD cada año del período de estudio.

DISTRIBUIDORA	CAMBIO DE LA EFICIENCIA TECNICA (RELATIVA A CRS)	CAMBIO TECNOLÓGICO	CAMBIO DE LA EFICIENCIA TECNICA PURA (RELATIVA A VRS)	CAMBIO DE LA EFICIENCIA DE ESCALA	CAMBIO DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES (TFP)
2009	1.020	0.902	0.959	1.063	0.920
2010	0.917	1.059	0.930	0.986	0.971
2011	0.906	1.158	1.037	0.873	1.049
2012	1.092	0.869	1.043	1.047	0.949
2013	1.033	1.106	1.048	0.986	1.143
2014	1.165	1.149	0.970	1.201	1.338
MEDIA	1.018	1.034	0.997	1.021	1.053

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos en el programa DEAP Versión 2.1.

Los resultados de los índices de Malmquist para cada uno de los años para cada componente de los índices de Malmquist DEA están disponibles en el Apéndice D, asimismo se muestran los resultados obtenidos con el programa DEAP Versión 2.1.

Capítulo V Conclusiones

5.1 Aspectos generales

Las 10 empresas de distribución de energía eléctrica de la corporación FONAFE, son las más representativas del **Estado Peruano**, al registrar al 2014 un total de 3'931,470 clientes (59.8% del total nacional) y debido a que su área de influencia comprende la selva, sierra y costa del Perú, abarcando cerca del 95% del territorio nacional. Sin embargo los resultados de los indicadores de calidad de suministro en estas empresas, durante los años 2012 al 2014 presentan valores superiores a los límites máximos establecidos por el OSINERGMIN, con valores de los indicadores de calidad N y D que superan en más del doble a los obtenidos por las empresas de distribución privadas que atienden la ciudad de Lima, lo que les ha significado el pago de compensaciones a sus clientes por transgresiones de las tolerancias por más de 31 millones de dólares.

Considerando que la calidad de suministro de energía representa un problema directamente relacionado con la **eficiencia** empresarial, se ha realizado un análisis de la eficiencia de las empresas de distribución de energía eléctrica del FONAFE utilizando la metodología Data Envelop Analisis (DEA), incluyendo en los modelos DEA desarrollados como una de las variables, los resultados de los indicadores de **calidad de suministro** de las empresas de distribución para realizar la evaluación comparativa de las eficiencias de las empresas distribuidoras de la corporación FONAFE, con el objeto de tener mayores elementos de juicio para la toma de decisiones y lograr la mejora de la gestión de las empresas.

Inicialmente se presenta la estructura y el marco normativo del sector eléctrico peruano, con especial énfasis en el tema de la calidad de suministro de energía a los clientes de las empresas de distribución de energía. Se presenta el sustento legal y el método actual de medición de la eficiencia en las empresas de distribución de energía eléctrica de la Corporación FONAFE. Se presenta también el ranking FONAFE de gestión de indicadores financieros (ROA y ROE) de las empresas de distribución de energía eléctrica del 2014, publicado en la página web institucional de dicha entidad que le sirve para medir la gestión económica de las empresas, observándose que este ranking se encuentra desarticulado de los indicadores de calidad de suministro de energía que brindan estas estas empresas a sus clientes.

Se presenta la base teórica, formulación, propiedades y características de la medición de la eficiencia mediante la metodología DEA. Según la revisión de literatura, la evaluación comparativa de la eficiencia mediante la metodología DEA representa una evolución del análisis de las empresas a un análisis estructurado, que permite al analista la determinación de etapas con una secuencia lógica que permiten resultados de evaluación de desempeño con

mayores elementos para mejorar la gestión de forma integral. Del mismo modo, se destaca su extenso uso a nivel internacional para evaluar la eficiencia en múltiples sectores de la industria (incluida la distribución de energía eléctrica) por su característica de ser no paramétrico (es decir no necesitar asumir una función de producción).

Se presenta también el estado del arte de la evaluación comparativa de la eficiencia en las empresas de distribución de energía eléctrica clasificado en tres grupos: Trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia en general, trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia que incluyen como variables parámetros de calidad de suministro de energía eléctrica y trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia desarrollados en el Perú.

A partir de la revisión y análisis de los trabajos de evaluación comparativa de la eficiencia que incluyen como variables parámetros de calidad de suministro de energía, se cumple con los objetivos específicos de determinar los modelos DEA y sus variables de entrada y de salida, para realizar la evaluación de la eficiencia de las empresas distribuidoras de la Corporación FONAFE.

Se determinan cinco modelos DEA: El modelo OPEX, el modelo OPEX-COMPENSACIONES, el modelo TOTEX, el modelo CALIDAD y el modelo TOTEX-CALIDAD; lo que permite un estudio sistemático de los índices de eficiencia para todas las empresas.

Se determina como variables de entrada: Para el modelo OPEX (Costo total de operación); Para el modelo TOTEX (Costo total de operación más Costo total de inversiones), para el modelo OPEX (Costo total de operación más las Compensaciones por calidad de suministro que las empresas pagan a sus clientes por mala calidad de suministro), para el modelo CALIDAD (El Tiempo total de interrupciones de servicio "TINT" y el Número total de interrupciones "NINT"); y para el modelo CALIDAD-TOTEX (El Tiempo total de interrupciones de servicio "TINT", el Número total de interrupciones "NINT" y el Costo total de operación más el costo total de las inversiones "TOTEX"). Las variables de salida para todos los modelos son: Longitud de las redes de distribución, número total de usuarios y ventas de energía.

Con el propósito de lograr resultados consistentes en el estudio, se considera los valores de las variables de un período de siete años (del 2008 al 2014), la principal fuente de datos de las variables fue la información que el FONAFE publica en su página web institucional, en los Informes de Evaluación Financiera y Presupuestal de las empresas distribuidoras.

Se presenta también para cada empresa de distribución del FONAFE, la evolución de los valores de las variables de entrada y de las variables de salida de cada una de las empresas seleccionadas para los modelos DEA.

Del mismo modo, se presenta la relación de programas informáticos para el cálculo de la eficiencia mediante la metodología DEA disponibles en internet, con característica de acceso libre y descarga gratuita que fueron revisados como herramientas de ayuda computacional para el procesamiento de los modelos.

Finalmente se presenta los resultados de la medición de eficiencia y productividad de las empresas de distribución de energía de la corporación FONAFE, realizándose un análisis de los resultados globales, por empresa y por modelos.

Del mismo modo, se verificó que la metodología DEA es una herramienta que puede indicar cuales empresas del sector pertenecen al grupo de referencia eficiente para las empresas ineficientes; así como los valores objetivos de las variables de entrada y de salida.

5.2 Principales conclusiones y contribuciones

Se calcula la eficiencia con rendimientos constantes a escala (CRS) y con rendimientos variables a escala (VRS), porque ambos análisis tienen un alcance diferente aplicable para los fines del presente estudio.

Según la revisión de la literatura, la eficiencia en el enfoque CRS, es la más usada por no considerar la escala de operación de las empresas, simplemente se comprueba la eficiencia de una empresa en relación con otra, independientemente de la escala de operación. Asimismo, su aplicación sirve para dar una idea a futuro sobre hacia donde orientar la gestión de las empresas, pues en teoría en el largo plazo las empresas deberían ajustar sus procesos para lograr estar en la frontera de eficiencia de retornos constantes a escala.

Asimismo, el enfoque CRS es apropiado para las empresas que tienen la capacidad de ajustar su tamaño para lograr un tamaño óptimo, este punto es relevante en nuestro análisis para las empresas del FONAFE, considerando que al estar regidas por la corporación FONAFE, serían factibles de reestructurarse y ajustar su tamaño para mejorar su gestión y lograr mejoras en su eficiencia.

Cabe señalar que en el ámbito FONAFE, el 2014 se realizaron transferencia de instalaciones entre las empresas ENSA y ELECTRO ORIENTE (que en la práctica representaron una reestructuración) mediante la transferencia de ENSA a favor de ELECTRO ORIENTE de los bienes del Sistema Eléctrico Aislado Chachapoyas y el Sistema Eléctrico Interconectado Bagua-Jaén-San Ignacio, estas unidades han contribuido con la transferencia de 105,666 clientes. Asimismo, durante el 2013, la empresa ADINELSA transfirió a favor de ELECTRO ORIENTE, los bienes de propiedad de ADINELSA que conforman el Sistema Eléctrico Aislado Chachapoyas y el Sistema Eléctrico Bagua- Jaén- San Ignacio.

Por lo resultados de eficiencia obtenidos por la empresa ELECTRO ORIENTE entre el 2013 y 2014, se puede concluir que incremento su eficiencia en el año 2014 en los modelos DEA estudiados, esto debido al aumento registrado en las variables de salida (cantidad de clientes y ventas de energía), que en la práctica corresponden a una reestructuración e incremento de sus operaciones y, en el caso de la empresa ENSA se observa que del año 2013 al 2014 también incremento sus puntuaciones eficiencia en los modelos DEA que incluyen variables de calidad de suministro; lo que indica que los clientes transferidos, registraban indicadores de calidad de suministro que afectaban la eficiencia de la empresa, por lo que su transferencia resulto beneficioso para ambas empresas.

Por su parte, la eficiencia en el enfoque VRS, compara empresas sólo en tamaños similares y da una visión más enfocada sobre la situación actual de las empresas en evaluación y es adecuado para las empresas que no tienen la capacidad de ajustar su tamaño; sin embargo es importante porque proporciona información de la eficiencia de escala a la cual están operando las empresas.

El enfoque VRS que describe la situación actual de las empresas muestra que si consideramos el total de resultados de todos los modelos, se tiene que el 73% alcanzan la frontera de eficiencia, es decir que el 27% de las empresas evaluadas en todos los modelos son ineficientes. Esto indica que un gran número de clientes (más de un millón) de las empresas de distribución del FONAFE, están pagando tarifas por un servicio ineficiente en costos y/o calidad.

Otro punto a destacar respecto de los rendimientos variables a escala (VRS) por empresa, es que los resultados muestran que las empresas ELECTROCENTRO, HIDRANDINA y ELECTRO SURESTE han operado con rendimientos decrecientes a escala (DRS), en el período de evaluación, es decir, estas empresas tienen una capacidad de producción sobre-dimensionada para el tamaño de mercado que atienden, es decir han superado su tamaño más productivo de escala.

Lo indicado en el párrafo anterior, se puede explicar debido a que estas empresas son las más grandes en longitud de redes de distribución y extensión geográfica; por las extensas áreas rurales que atienden; otro motivo es la posible existencia de deficiencias en la planificación del crecimiento de las redes de distribución de las empresas, que hace que cuenten con instalaciones sobredimensionadas para el mercado que atienden.

Como medida de política es recomendable analizar la posibilidad de reestructuración de las instalaciones de las empresas, realizando transferencia de instalaciones (redes de sistemas eléctricos) entre estas empresas e incluso se podría analizar la posibilidad de subdivisión de las empresas de gran tamaño en empresas de menor tamaño más óptimas, con el propósito

augmentar su escala de operación y mejorar la eficiencia del conjunto de empresas del FONAFE, teniendo en cuenta las mejores condiciones para la atención de las instalaciones a ser transferidas, como son: Cercanía geográfica, existencia de vías de acceso y facilidades de comunicación.

En relación a los resultados de eficiencia por empresas, se resaltan los resultados de eficiencia de la empresa ELECTROPUNO en el enfoque CRS y VRS, que muestran que alcanza la frontera de eficiencia en todo el período de estudio, dicho resultado es sobre todo porque atiende una gran longitud de redes de distribución y por los resultados de los indicadores de calidad de suministro que presenta durante el período de estudio. Caso contrario sucede con ELECTRO ORIENTE que en el enfoque CRS y VRS no alcanza la frontera de eficiencia en ningún año del período de estudio.

Con relación a las empresas ENOSA, HIDRANDINA, ELECTROCENTRO y ELECTRO SUR ESTE, los resultados de eficiencia muestran en el enfoque CRS que alcanzan la eficiencia en los modelos que consideran sólo variables de costos (OPEX, OPEX-COMPENSACIONES y TOTEX) mientras que en el modelo CALIDAD registran menores puntuaciones y no alcanzan la frontera de eficiencia, este implica una posible compensación entre los costos totales y la calidad de servicio; es decir las empresas priorizan los resultados económicos sin tomar en cuenta de la misma forma los resultados de calidad; así como posibles problemas en el alineamiento de las inversiones para la mejora de la calidad del servicio.

Con relación a las empresas ELECTRO UCAYALI, ELECTROSUR y ENSA, los resultados de eficiencia en el enfoque CRS muestra que alcanzan la frontera de eficiencia en los modelos de calidad (CALIDAD y TOTEX-CALIDAD) mientras que en modelos de costos registran menores puntuaciones y no alcanzan la frontera de eficiencia.

En el caso de la empresa SEAL durante el período de estudio, se presenta un comportamiento más equilibrado entre los resultados de eficiencia de los modelos de costos y los modelos de calidad, logrando la frontera de eficiencia en todos los modelos de costos y de calidad en algún año del período de estudio.

En relación a los resultados de eficiencia por modelo estudiado, muestran que los resultados obtenidos de eficiencia para el modelo OPEX y el modelo OPEX-COMPENSACIONES son casi iguales, lo que nos permite concluir que sumar los montos correspondientes a las compensaciones por calidad de suministro que pagan las empresas por deficiencias en la calidad del servicio a los costos totales de operación y utilizarlos como la variable de entrada, no influye significativamente en los resultados de eficiencia de las empresas, en otras palabras, evitar el pago de las compensaciones representa poco incentivo para las empresas, porque no

afecta sus resultados de eficiencia de costos, esto es debido a que los montos de las compensaciones son menores al 1.3% del OPEX en todas las empresas.

Lo descrito en el párrafo anterior es una conclusión importante respecto de la calidad de suministro, por este motivo de acuerdo a la revisión de la literatura, en otros países los reguladores para incentivar la mejora de la calidad de suministro realizan la evaluación de la eficiencia de las empresas de distribución; incluyendo como una variable el valor monetario del TOTEX más el Costo de la energía no suministrada (CENS) (denominado en conjunto SOTEX=TOTEX+CENS); determinando el CENS como el producto de la energía no suministrada por el Costo de una Interrupción (CI) del servicio para los clientes debido a la mala calidad (el CI no es otra cosa que el inverso de la disposición a pagar de los clientes por un nivel socialmente óptimo de calidad).

Las puntuaciones promedio de eficiencia técnica calculadas para las diez empresas distribuidoras en el ámbito del FONAFE en el período 2008-2014, indican claramente que el Modelo CALIDAD fue el que presentó las puntuaciones medias más bajas de la eficiencia tanto en los modelos en CRS y VRS.

Se encontró también que el modelo CALIDAD (CRS), no presenta correlaciones fuertes con los modelos basados solo en costos, registra valores por debajo de 0.5, siendo los menores 0.21 con el modelo OPEX (CRS) y 0.20 con el modelo OPEXCOM (CRS); lo que denota que los costos de operación no estuvieron estrechamente ligados a los objetivos de mejorar de la calidad del servicio, o en otros casos fueron insuficientes para mejorar la calidad del servicio. Lo mismo sucede con el modelo CALIDAD (VRS) que presenta menores valores de correlación con los otros modelos.

Los resultados muestran que las distribuidoras que han alcanzado la frontera eficiente, por lo general presentan un mejor desempeño sólo en los modelos de costos o solamente en los modelos de calidad. Se encontró que las distribuidoras eficientes en costos (es decir rentables) no presentan necesariamente un buen desempeño en cuanto a la calidad de servicio.

Con relación a la comparación del ranking para el año 2014 de eficiencia elaborado por el FONAFE en base a los indicadores de rentabilidad ROA y ROE, versus el ranking de eficiencia 2014 elaborado en base a los resultados del modelo CALIDAD, podemos afirmar que ambos rankings coinciden en el primer lugar (en el caso SEAL) y el último lugar (en el caso ELECTRO ORIENTE); sin embargo, para el resto de empresas ambos rankings presentan resultados bastante diferentes.

Los resultados indicados en el párrafo anterior, refuerzan uno de los postulados del presente estudio, sobre la recomendación de incluir en la evaluación de la eficiencia de las empresas,

variables de calidad de servicio, con el objetivo de fijar políticas de gestión orientadas a la mejora de la calidad del servicio, y evitar los efectos nocivos de la reducción imprudente de los costos con fines de lograr mejores indicadores económicos de rentabilidad, en la mayoría de los casos a expensas de la calidad del servicio.

Finalmente, se presenta los cambios en la productividad a través del tiempo, se ha calculado el índice de Malmquist DEA para el modelo CALIDAD en el período 2008-2014, los resultados indican que la productividad media de las empresas se ha incrementado en un 5.3%; del mismo modo se ha incrementado el cambio de la frontera tecnológica en un 3.4%; en el caso de la eficiencia técnica relativa a CRS y la eficiencia de escala se han incrementado en un 1.8% y 2.1% respectivamente. Sin embargo en la eficiencia técnica pura se ha registrado un ligero retroceso de 0.3%. Considerando que los valores de los resultados de eficiencia en el modelo CALIDAD han ido mejorando desde el año inicial hasta el año final del período de estudio, se puede afirmar que estos resultados están asociados principalmente al cambio tecnológico.

5.3 Trabajos futuros

El incentivo de la calidad del servicio resulta ser muy importante para el desarrollo del sector eléctrico, caminando hacia el aumento de la eficiencia y la reducción de los efectos nocivos de la reducción imprudente de los costos a expensas de la calidad, por este motivo un trabajo futuro debería ser la evaluación de la eficiencia en las empresas distribuidoras del FONAFE, incluyendo como una variable el valor monetario del TOTEX (Costo total de operación más el costo total de inversiones) más el CENS (Costo de la energía no suministrada), denominado en conjunto SOTEX (TOTEX+CENS).

Igualmente, como recomendación de trabajos futuros, es evaluar la eficiencia de las empresas distribuidoras del FONAFE, utilizando la metodología de fronteras estocásticas (SFA) y StoNED, para validar los resultados obtenidos con DEA, así como la inclusión de variables ambientales, como factores exógenos que afectan la eficiencia de las empresas distribuidoras, que no fueron incluidos en el presente estudio.

Bibliografía.

- ALI, A.I. and L.M. SEIFORD
1993 "The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis", in Fried, H.O., C.A.K. Lovell and S.S. Schmidt (Eds), *The Measurement of Productive Efficiency*, Oxford University Press, New York, 120-159.*
- BAĞDADIOĞLU, N., PRICE, C. M. W., WEYMAN-JONES, T.
1996 Efficiency and ownership in electricity distribution: a non-parametric model of the Turkish experience. *Energy Economics*, Vol. 18, pp. 1–23.
- BANKER, R. Charnes, W.W. Cooper, J. Swarts and D. Thomas
1989 "An Introduction to Data Envelopment Analysis with Some of its Models and their Uses." *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, vol. 5. pp. 125-164.
<http://astro.temple.edu/~banker/dea.html>
- Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W.
1984 Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data envelopment Analysis, *Management Science*, 30, 1078-1092. Consulta: 29 de Setiembre de 2015.
https://typo3.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/orga/Banker_MS84.pdf
- BERRÍO Guzmán, D., Alberto MUÑOZ Santiago.
2005 Análisis de la eficiencia relativa del sistema bancario en Colombia en el periodo 1993-2003 y propuesta estratégica de fortalecimiento. *Pensamiento & Gestión* (18), 1-36. Consulta: 10 de Octubre de 2015.
<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/viewFile/3593/2314>
- BONIFAZ F., José Luis.
2001 Distribución eléctrica en el Perú: Regulación y eficiencia. Lima. Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES) / Universidad del Pacífico - Centro de Investigación (CIUP). Consulta: 16 de setiembre de 2015
<http://www.cies.org.pe/sites/default/files/files/diagnosticoypropuesta/archivos/dyp-03.pdf>
- CAVALIERE, C.; LARSEN, E. R.; DYNER, I.
2007 The privatization of EEB: From cash drain to major contributor. *Energy Policy*, Vol. 35, pp. 1884–1895.
- CAMBINI Carlo, Elena FUMAGALLI y Annalisa CROCE
2014 Output-based incentive regulation in electricity distribution: evidence from Italy. In: *ENERGY ECONOMICS* n. 45, pp. 205-216. - ISSN 0140- 9883. Consulta: 06 de Octubre de 2015.
http://porto.polito.it/2553142/2/Cambini_etal_Oct_15_2013.pdf
- CAVES, D. W., Christensen L.R. e DIEWERT, W. E
1982 The Economic Theory of Index Number and Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometría*. Volume 50, pp 1393-1414. Consulta: 03 de Octubre de 2015.
<http://www.aae.wisc.edu/aae741/Ref/Caves%20Econometrica%201982.pdf>
- CHIRARATTANANON, S.; NIRUKKANAPORN, S.
2006. Deregulation of ESI and privatization of state electric utilities in Thailand. *Energy Policy*, Vol. 34, pp. 2521–2531.
- Charnes, A., W.W. Cooper and E. Rhodes
1978 Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operations Research*, 2, 429- 444. Consulta: 28 de Setiembre de 2015.

<http://www.utdallas.edu/~ryoung/phdseminar/CCR1978.pdf>

COELLI J., T, Roa PRASADA, Christopher O'DONNELL y George BATTESE.
2005 An introduction to efficiency and productivity analysis. Segunda Edición. Estados Unidos: Springer Science + Business Media, Inc. Consulta: 16 de setiembre de 2015

http://facweb.knowlton.ohio-state.edu/pviton/courses/crp394/coelli_Intro_effic.pdf

Coelli, T.J.

1996 A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. (Manual). Armidale - Australia. Consulta: 16 de setiembre de 2015.

<http://www.uq.edu.au/economics/cepa/deap.php>

COLL S. Vicente, y Olga BLASCO B.

s.f. Eficiencia y análisis envolvente de datos. Universidad de Valencia. Consulta: 05 de Octubre de 2015.

CONGRESO DE LA REPUBLICA

1999 Ley del Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado – FONAFE - LEY N° 27170. Lima, 31 de Agosto. Consulta: 24 de Agosto de 2015.

<http://www.fonafe.gob.pe/portal?accion=c&t=13&i=182&n=2&o=106&m=4>

Consorcio ME-COMILLAS, MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES (Buenos Aires, Argentina), INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA, Universidad Pontificia Comillas (Madrid, España).

2009 Determinación del valor agregado de distribución – VAD. Lima. Consulta: 24 de Agosto de 2015

<http://www2.osinerg.gob.pe/Novedades/proyectoLibroBlanco2009.html>

COELLI, T., Hélène CRESPO, H., Alexis PASZUKIEWICZ, A., Sergio PERELMAN., Marie Anne PLAGNET and Eliot ROMANO.

2008 Incorporating Quality of Service in Benchmarking Model: An Application to French Electricity Distribution Operators. Draft. Consulta: 06 de octubre de 2015.

http://www.gis-larsen.org/pdf/Incorporating_quality_of_service_Zurich_0908.pdf

CORPORACION FONAFE Y GERENS

2012 Tercer Entregable: Informe Final del Plan Estratégico Corporativo (PEC) 2013 – 2017 del FONAFE Vol. 1: Plan Estratégico Corporativo (Incluye observaciones subsanadas, de acuerdo al Informe N° 007-2012/GSG-GPD-FONAFE). (Revisión final). Lima, 27 de Noviembre. Consulta: 07 de Setiembre de 2015.

http://www.fonafe.gob.pe/UserFiles/File/Corporacion_FONAFE/Fonafe_Empresa/PEC_FONAFE_VOL1_2013_2017.pdf

DISTRILUZ S.A.

2013 PLAN ESTRATEGICO DE HIDRANDINA 2013 – 2017. Consulta: 07 de Setiembre de 2015.

http://www.distriluz.com.pe/osinerg/ftp/hdna/transparencia/AprobacionPlanEstrategico2013_2017.pdf

EMROUZNEJADA, A, PARKER, B. y TAVARES G.

2008 Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Journal of Socio-Economic Planning Science*, 42 (3) 151-157.

<http://deazone.com/en/wp-content/uploads/2011/11/DEASurveyPaper2.pdf>

ESTACHE, A.; CHISARI, O.; ROMERO, C.

1999 Winners and Losers from the Privatization and Regulation of Utilities: Lessons from a General Equilibrium Model of Argentina. *The World Bank Economic Review*, Vol. 13, No 2, pp. 357-378.

ELECTROPUNO S.A.

PLAN ESTRATEGICO 2013 – 2017 ELECTRO PUNO S.A.A. Consulta: 07 de Setiembre de 2015.

http://www.electropuno.com.pe/web/elpuadmin/res/files/2014/02/18/trans_776.pdf

ELECTRO ORIENTE S.A.

2015 INFORME PRESUPUESTO Y PLAN OPERATIVO 2015. Iquitos, Enero 2015. Consulta: 07 de Setiembre de 2015.

http://www1.elor.com.pe/transparencia/Documentos/PlaneamientoyOrganizacion/PlaneayPoliticasy2015/Presupuesto_y_plan_operativo_2015.pdf

ELECTROSUR

2014 Plan estratégico periodo 2013- 2017. (Aprobado mediante A.D. C-021-2014 de fecha 16.06.2014) Junio, 2014. Consulta: 07 de Setiembre de 2015.

http://www.electrosur.com.pe/transparencia/datos/INF022_2014_D07180905.pdf

ESTELLITA L Marcos, María VERVLOET, Guillermo MARQUES, Angela MOREIRA

2007 “Avaliación de empresas de distribución de energía eléctrica a través da análise envoltorio de dados com integracao das perspectivas do regulador e da concessionaria”. Grupo de Estudio de Comercializacao, Economia e Regulación de energía eléctrica. Seminario Nacional de Producao e Transmissao de Energia Electrica. Río de Janeiro: Escuela Politecnica /COOPPE –UFRJ. Consulta: 05 de octubre de 2015.

<http://www.mfap.com.br/pesquisa/arquivos/20090401140357-GEC%20-%202020.pdf>

ESTACHE, Antonio., Martin A. ROSSI, Christian A. RUZZIER

NI The Case for International Coordination of Electricity Regulation: Evidence from the Measurement of Efficiency in South America. Consulta: 06 de octubre de 2015.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.201.979&rep=rep1&type=pdf>

ERDOGDU, E.

2007 Regulatory reform in Turkish energy industry: An analysis. *Energy Policy*, Vol. 35, pp. 984-993

FÄRE, R., GROSSKOPF, S. e LOVELL, C. A. K.

1985 .The Measurement of Efficiency of Production, Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston

<http://liberalarts.oregonstate.edu/users/shawna-grosskopf>

Farrell M.J.

1957 “The measurement of productive efficiency”. *Journal of Royal Statistical Society A*, 120, 253-290. Consulta: 28 de setiembre de 2015.

<http://www.aae.wisc.edu/aae741/Ref/Farrell%201957.pdf>.

FÄRE, R., GROSSKOPF, S. e ROOS, P.

1995 Productivity and quality changes in Swedish pharmacies. *International Journal of Production Economics*, Volume 39, pp. 137-147.

FÄRE, R. e GROSSKOPF, S.

1992 Malmquist Indexes and Fisher Ideal Indexes. *The Economic Journal*, pp. 158-60. Gran Bretaña. Consulta: 05 de Octubre de 2015.

http://www.jstor.org/stable/2234861?seq=1#page_scan_tab_contents

Ferrier, G.D. and C.A.K. Lovell

1990 Measuring Cost Efficiency in Banking: Econometric and Linear Programming Evidence, *Journal of Econometrics*, North-Holland. Consulta: 29 de Setiembre de 2015.

<http://doc.mbalib.com/view/d05e9e19cd51625a101e9d0edc0d9e40.html>

GIANNAKIS, D., JAMASB, T. e POLLITT, M.

2003 Benchmarking and Incentive Regulation of Quality of Service: an Application to the UK Electricity Distribution Utilities. Working Paper 0408, Department of Applied Economics, University of Cambridge. Consulta: 05 de Octubre de 2015.

http://www.researchgate.net/publication/4998905_Benchmarking_and_incentive_regulation_of_quality_of_service_an_application_to_the_UK_electricity_distribution_utilities

<https://www.repository.cam.ac.uk/bitstream/handle/1810/387/ep35?sequence=1>

GROWITSCH Christian, Tooraj JAMASB, Christine MULLER, Matthias WISSNER.

2010 Social cost-efficient service quality- Integrating customer valuation in incentive regulation: Evidence from the case of Norway. *Energy Policy*. Elsevier. Consulta: 06 de Octubre de 2015.

www.elsevier.com/locate/enpol

GROWITSCH Christian, Tooraj JAMASB, Michael POLLITT.

2006 Quality of Service, Efficiency, and Scale in Network Industries: An Analysis of European Electricity Distribution. ARTICLE in *APPLIED ECONOMICS*. Consulta: 06 de Octubre de 2015.

http://www.researchgate.net/publication/227355927_Quality_of_Service_Efficiency_and_Scale_in_Network_Industries_An_Analysis_of_European_Electricity_Distribution

GUPTA, J. P.; SRAVAT, A. K.

1998 Development and Project Financing of Private Power Projects in Developing Countries: a Case Study of India. *International Journal of Project Management*, Vol.16, No.2, pp.99-105.

JAMASB Tooraj, Luis OREA and Michael G. POLLITT

2010 Estimating Marginal Cost of Quality Improvements: The Case of the UK Electricity Distribution Companies. Economic&Social Research Council. Electricity Policy Research Group, University of Cambridge. Working Paper 1027 Cambridge Working Paper in Economics 1052. Consulta: 06 de Octubre de 2015.

<http://www.econ.cam.ac.uk/dae/repec/cam/pdf/cwpe1052.pdf>

JAMASB Tooraj, Luis OREA y Michael G. POLLITT

2012 Estimating Marginal Cost of Quality Improvements: The Case of the UK Electricity Distribution Companies. Consulta: 06 de Octubre de 2015.

<http://www.econ.cam.ac.uk/dae/repec/cam/pdf/cwpe1052.pdf>

JAMASB Tooraj, Michael POLLITT

2001 International benchmarking and regulation of european electricity distribution utilities. The council of European energy regulators (CEER) - benchmarking working group. Department of Applied Economics, University of Cambridge. Consulta: 05 de octubre de 2015.

http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_PUBLICATIONS/CEER_PAPERS/Electricity/2001/CEER_BENCHMARKING_FINAL_REPORT.PDF

KWOKA, J.

2005. Electric Power Distribution: Economies of Scale, Mergers, and Restructuring. Applied Economics, Vol. 37, No. 20, pp. 2373-2386,

KUMBHAKAR, S.; HJALMARSSON, E.

1998 Relative performance of public and private ownership under Yardstick Competition: Swedish electricity retail Distribution. European Economic Review, Vol. 42, pp.97-122*

KASSAI, Silvia.

2002 Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade Departamento de Contabilidade e Atuária. Universidade de São Paulo. Consulta: 15 de Noviembre de 2015.

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-11122002-092458/pt-br.php>

Koopmans, T.C.

1951 An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities, in T.C. Koopmans, Ed., *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No. 13, Wiley, New York.

MELLO, J. C. C. B. S.; ÂNGULO-MEZA, L.; GOMES, E. G.; BIONDI NETO, L.

2005 Curso de Análise de Envoltória de Dados. XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional e Desenvolvimento Sustentável, 27 a 30/09/2005, Gramado, RS*

MEGGINSON, W. L.

2005. The Financial Economics of Privatization. Oxford University Press, *

MILLIOTIS, P. A.

1992 Data envelopment analysis applied in electricity Distribution districts. Journal of Operational Research Society, Vol. 43(5).

NORMAN M and B Stoker

1991. "Performance, Efficiency and Data Envelopment Analysis." in Norman M and B Stoker (eds.) *Data Envelopment Analysis: the Assessment of Performance* John Wiley: 1-20. Consulta: 15 de Octubre de 2015.

<http://deazone.com/en/norman-m-and-b-stoker-1991-performance-efficiency-and-data-envelopment-analysis-in-norman-m-and-b-stoker-eds-data-envelopment-analysis-the-assessment-of-performance-wiley-1-20-2>

OSINERGMIN

2014 Estadísticas de la calidad del suministro por sistema eléctrico (Procedimiento aprobado con Resolución N° 074-2004-OS/CD). Lima. Consulta: 24 de Agosto de 2015.

<http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/GFE/EstadisticasSupervisionElectrica/6/ESTADISTICA%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20SUMINISTRO%20-%202014.pdf?654>

OSINERGMIN

2014 Estadística de la calidad del suministro primer semestre 2014 (Procedimiento aprobado con Resolución N° 074-2004-OS/CD). Lima. Consulta: 24 de Agosto de 2015.

<http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/GFE/EstadisticasSupervisionElectrica/6/ESTADISTICA%20INTERRUPCIONES%201er%20Semestre%202014.pdf?9818>

OFGEM

2000 Information and incentives project, Output Measures and Monitoring Delivery between Reviews, Final proposals. Office of Gas and Electricity Markets, London. September. Consulta: 07 de Octubre de 2015

https://www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2000/09/1606_iipout.pdf

PARRA, Carlos

2012 ¿Cómo mejorar la gestión de las empresas públicas eléctricas? el caso de las empresas estatales peruanas de distribución eléctrica. Tesis de Maestría en Regulación de los Servicios Públicos. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Administración.

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4964>

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

2008 Decreto Legislativo que promueve la eficiencia de la actividad empresarial del Estado DECRETO LEGISLATIVO N° 1031. Lima, 23 de Junio. Consulta: 25 de Agosto de 2015.

<http://www.fonafe.gob.pe/portal?accion=c&t=13&i=182&n=2&o=106&m=4>

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

2010 Aprueban el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1031, que Promueve la Eficiencia de la Actividad Empresarial del Estado. Lima, 18 de Agosto. Consulta: 25 de Agosto de 2015.

<http://www.fonafe.gob.pe/portal?accion=c&t=13&i=182&n=2&o=106&m=4>

SCLAR, Elliot. D.

2000 You don't always get what you pay for—the Economics of Privatization. A Century Foundation Book. Ithaca and London: Cornell University Press,

SARKIS Joseph

2002 Preparing Your Data for DEA. Productivity Analysis in the Service Sector with Data Envelopment Analysis, 2nd edition (ISBN pending)- Chapter 4 - Necmi Avkiran. Consulta: 15 de Octubre de 2015.

www.clarku.edu/~jsarkis/SarkisChapter.doc

SENGUPTA, Jati K.

2000. Quality and efficiency. Economic Modelling, 17(2000), 195-207. Consulta: 15 de Octubre de 2015.

www.elsevier.com/locate/enpol

THAKUR, T.; DESHMUKH, S.G.; KAUSHIK, S.C.

2006 Efficiency evaluation of the state owned electric utilities in India. Energy Policy, Vol. 34, pp. 2788–2804.

TOLOSA, Bernardo

2013 Evaluación de eficiencia en el sector de distribución de energía eléctrica en Colombia empleando la metodología de análisis envolvente de datos – DEA. Tesis de Maestría

en Administración. Manizales. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Administración.

<http://www.bdigital.unal.edu.co/9370/1/7710022.2013.pdf>

YU William; Tooraj JAMASB y Michael POLLITT

2009 Abstract of Willingness-to-Pay for Quality of Service: An Application to Efficiency Analysis of the UK Electricity Distribution Utilities. Energy journal -Cambridge Ma Then Cleveland oh. Consulta: 06 de octubre de 2015.

http://www.researchgate.net/publication/46523724_Willingness-to-Pay_for_Quality_of_Service_An_Application_to_Efficiency_Analysis_of_the_UK_Electricity_Distribution_Utilities

Von Hirschhausen, Christian R.; Cullmann, Astrid.

2005 Efficiency Analysis of German Electricity Distribution Utilities : Non-Parametric and Parametric Tests. Dresden University of Technology Faculty of Business Management and Economics. Consulta: 15 de Noviembre de 2015.

<http://rcswww.urz.tu-dresden.de/wpeconomics/index.htm>

WEYMAN-JONES, T. G.

1991 Productive efficiency in a regulated industry: the area electricity boards of England and Wales. Energy Economics Vol. 13, pp. 116–122.

YADAV, V. K.; PADHY, N. P.; GUPTA, H. O.

2011 Performance evaluation and improvement directions for an Indian electric utility. Energy Policy, Vol. 39, pp. 7112–7120.

Yaisawarng, S. y J. Douglas KLEIN.

1994. The effects of sulfur dioxide controls on productivity change in the US electric power industry. The Review of Economics and Statistics, agosto, Volume LXXVI, pp. 447-460.

Apéndice A: Datos utilizados en los modelos DEA

Tabla A.1: Costos totales de operación "OPEX" (millones de Soles S/.)

Distribuidora	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	181.9	200.60	208.50	257.00	294.90	334.50	494.08
ENSA	148.2	156.57	163.56	193.67	220.60	242.30	343.14
HIDRANDINA	310.14	324.48	347.90	383.10	426.77	510.96	742.92
ELECTROCENTRO	190.96	193.41	186.58	201.35	224.59	270.03	372.44
ELSE	118.03	127.91	136.10	150.27	171.18	192.00	326.52
SEAL	159.49	193.33	197.20	227.97	250.63	274.44	411.63
ELECTROSUR	66.1	74.59	78.28	89.57	94.23	100.89	166.79
ELECTRO ORIENTE	206.79	188.00	252.00	252.00	289.00	324.13	412.40
ELECTRO PUNO	59.00	61.98	71.10	84.39	88.31	104.65	169.49
ELECTRO UCAYALI	75.48	62.15	62.62	72.01	75.69	88.16	110.00
TOTAL	S/. 1,516	S/. 1,583	S/. 1,704	S/. 1,911	S/. 2,136	S/. 2,442	S/. 3,549

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.2: Número de usuarios

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	300,180	313,091	335,031	365,834	397,662	426,011	443,232
ENSA	259,734	278,789	319,890	351,242	373,624	399,950	321,073
HIDRANDINA	508,698	538,724	577,553	618,174	662,956	708,728	755,468
ELECTROCENTRO	466,186	502,327	533,278	573,357	602,793	639,675	679,142
ELSE	286,672	306,071	332,882	353,997	383,788	412,284	436,672
SEAL	278,681	291,672	307,707	322,426	339,357	354,498	371,155
ELECTROSUR	113,970	118,387	124,376	129,313	136,277	141,885	145,721
ELECTRO ORIENTE	161,239	172,341	186,680	215,203	234,118	247,454	366,369
ELECTRO PUNO	229,904	260,754	275,099	287,175	310,794	322,195	336,965
ELECTRO UCAYALI	50,303	52,312	57,667	63,077	68,155	70,536	75,673
TOTAL	2,655,567	2,834,468	3,050,163	3,279,798	3,509,524	3,723,216	3,931,470

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.3: Ventas de Energía (MWh)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	743,217	803,017	849,568	990,513	1,089,985	1,116,368	1,243,905
ENSA	504,246	540,675	585,619	666,317	723,855	761,690	732,920
HIDRANDINA	1,165,534	1,228,283	1,322,771	1,467,188	1,579,843	1,651,099	1,633,318
ELECTROCENTRO	600,980	623,978	555,959	590,298	633,856	685,897	703,047
ELSE	359,564	390,278	442,306	495,176	538,796	564,159	502,497
SEAL	661,529.16	692,692.70	758,484.87	854,993.52	905,353.68	922,221.69	946,989
ELECTROSUR	260,271	280,991	300,655	323,889	328,339	331,872	346,064
ELECTRO ORIENTE	409,820	435,755	480,353	518,660	561,327	600,343	656,433
ELECTRO PUNO	196,314	189,592	207,350	233,870	258,033	280,298	260,219
ELECTRO UCAYALI	172,963	189,204	198,305	205,248	216,204	231,494	257,651
TOTAL	5,074,438	5,374,466	5,701,371	6,346,153	6,835,591	7,145,442	7,283,043

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.4: Longitud total de redes de distribución (MT+BT) (km).

Distribuidora	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	7,643	7,950	8,397	10,262	12,719	15,867	15,970
ENSA	6,372	7,234	8,438	9,034	11,112	12,380	10,365
HIDRANDINA	15,268	19,071	21,228	24,675	26,617	30,918	34,317
ELECTROCENTRO	18,426	21,256	24,584	25,539	28,455	30,230	32,503
ELSE	18,312	19,918	22,421	24,757	25,640	27,504	27,549
SEAL	6,063	6,264	6,561	6,858	7,332	7,433	7,769
ELECTROSUR	2,626	2,850	2,934	3,066	3,111	3,167	3,264
ELECTRO ORIENTE	3,084	3,215	3,435	3,678	5,123	5,892	10,207
ELECTRO PUNO	13,766	16,989	17,985	19,925	20,226	20,499	21,044
ELECTRO UCAYALI	1,022	1,131	1,374	1,439	1,605	1,734	2,017
TOTAL	92,582	105,878	117,357	129,234	141,940	155,622	165,005

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.5: Compensaciones a usuarios por calidad de suministro (Millones S/.).

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	TOTAL
ENOSA	1.14	2.42	0.76	0.83	1.54	1.11	1.79	9.59
ENSA	1.07	0.68	0.79	0.97	1.35	0.93	1.33	7.12
HIDRANDINA	2.09	1.19	1.22	1.57	2.39	3.01	3.59	15.07
ELECTROCENTRO	1.55	0.71	0.95	0.85	0.82	0.85	0.84	6.57
ELSE	0.48	3.83	1.56	1.01	1.20	1.22	1.30	10.60
SEAL	0.66	0.77	1.24	1.09	1.48	1.02	1.15	7.41
ELECTROSUR	0.53	0.96	1.41	0.70	0.93	1.00	0.89	6.42
ELECTRO ORIENTE	1.09	0.80	7.12	9.21	1.88	1.58	3.71	25.39
ELECTRO PUNO	0.19	0.16	0.16	0.04	0.19	0.07	0.27	1.08
ELECTRO UCAYALI	0.33	0.50	1.09	0.86	1.64	0.62	0.98	6.03
TOTAL	9.14	12.03	16.29	17.11	13.43	11.43	15.86	95.27

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.6: Monto de las inversiones (Millones S/.).

Distribuidora	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	25.06	34.24	20.03	26.71	23.17	64.71	77.211
ENSA	18.64	59.26	45.03	40.51	43.29	45.91	48.518
HIDRANDINA	83.22	94.31	77.63	40.47	31.01	81.42	104.903
ELECTROCENTRO	64.05	129.70	99.79	39.95	46.04	75.86	77.205
ELSE	38.51	22.95	43.70	28.54	30.63	52.55	75.865
SEAL	14.03	21.09	28.64	26.61	27.08	42.00	42.337
ELECTROSUR	6.92	11.77	14.21	11.67	9.28	8.45	9.773
ELECTRO ORIENTE	52.13	77.94	41.37	31.59	33.96	66.15	53.634
ELECTRO PUNO	4.62	32.04	40.92	7.42	17.02	8.41	7.564
ELECTRO UCAYALI	5.78	5.38	7.31	18.68	5.21	14.67	12.014
TOTAL	312.96	488.69	418.62	272.15	266.70	460.13	509.02

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.7: SAIDI (horas).

Distribuidora	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	63.54	69.73	59.23	62.93	75.07	44.91	41.24
ENSA	31.14	29.80	32.84	41.80	48.04	42.53	28.99
HIDRANDINA	63.50	74.75	59.63	51.62	58.64	53.01	40.40
ELECTROCENTRO	81.75	69.52	72.29	66.89	63.52	50.92	63.08
ELSE	48.12	42.00	47.94	77.24	64.49	46.49	39.50
SEAL	31.08	33.01	40.90	42.22	47.62	49.34	29.44
ELECTROSUR	23.57	23.58	39.09	35.16	27.13	20.94	20.17
ELECTRO ORIENTE	32.93	57.59	145.06	99.63	91.28	51.45	33.25
ELECTRO PUNO	19.80	30.54	20.53	22.00	23.40	27.81	19.91
ELECTRO UCAYALI	37.00	27.80	29.09	29.17	105.83	37.18	21.25

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.8: SAIFI (veces).

Distribuidora	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	39.70	41.89	33.04	35.15	32.34	28.10	20.39
ENSA	14.07	13.93	13.23	15.19	18.40	21.64	15.81
HIDRANDINA	40.31	44.84	33.04	28.98	28.47	24.88	16.19
ELECTROCENTRO	33.77	29.00	31.28	28.03	29.92	30.99	26.05
ELSE	22.61	23.00	21.67	25.71	28.40	25.71	27.30
SEAL	18.21	16.38	20.19	21.19	25.81	24.57	11.64
ELECTROSUR	34.79	31.91	23.04	19.53	15.50	12.17	11.47
ELECTRO ORIENTE	28.93	40.44	66.34	77.44	43.63	36.37	24.26
ELECTRO PUNO	11.16	14.33	10.77	10.85	11.04	12.50	12.53
ELECTRO UCAYALI	21.55	25.15	25.20	14.34	18.60	17.21	14.59

Fuente: Elaboración propia.



Apéndice B: Relaciones entre las variables de entrada y variables de salida consideradas en los modelos DEA.

En tablas y figuras del presente apéndice se muestran las relaciones entre las variables de entrada y variables de salida consideradas en los modelos DEA, también conocidas como medidas de eficiencia parcial, que nos permitirá entender los resultados de eficiencia de los modelos DEA.

Tabla B.1. Usuarios/Long. Red (Km)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	39	39	40	36	31	27	28	34
ENSA	41	39	38	39	34	32	31	36
HIDRANDINA	33	28	27	25	25	23	22	26
ELECTROCENTRO	25	24	22	22	21	21	21	22
ELSE	16	15	15	14	15	15	16	15
SEAL	46	47	47	47	46	48	48	47
ELECTROSUR	43	42	42	42	44	45	45	43
ELECTRO ORIENTE	52	54	54	59	46	42	36	49
ELECTRO PUNO	17	15	15	14	15	16	16	16
ELECTRO UCAYALI	49	46	42	44	42	41	38	43
TOTAL	29	27	26	25	25	24	24	26

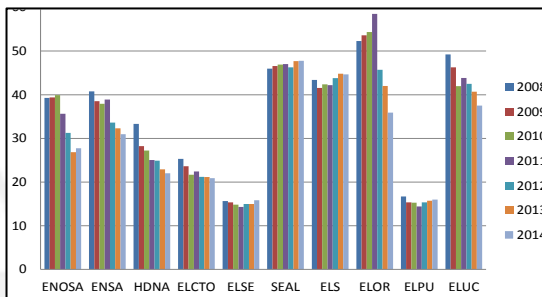


Figura B1. Usuarios/Long. Red (Km).

Se muestra que la mayor relación entre la cantidad usuarios por kilómetros de red se presenta en la empresa ELECTRO ORIENTE el año 2011. En el año 2014 la mayor relación usuarios por kilómetros de red se presenta en la empresa SEAL y ELECTROSUR.

Tabla B.2: Ventas de energía (MWh.)/Usuario

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	2.5	2.6	2.5	2.7	2.7	2.6	2.8	2.6
ENSA	1.9	1.9	1.8	1.9	1.9	1.9	2.4	2.0
HIDRANDINA	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3
ELECTROCENTRO	1.3	1.2	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1
ELSE	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
SEAL	2.4	2.4	2.5	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5
ELECTROSUR	2.3	2.4	2.4	2.5	2.4	2.3	2.4	2.4
ELECTRO ORIENTE	2.5	2.5	2.6	2.4	2.4	2.4	1.8	2.4
ELECTRO PUNO	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
ELECTRO UCAYALI	4.4	3.6	3.4	3.3	3.2	3.3	3.4	3.5
TOTAL	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9

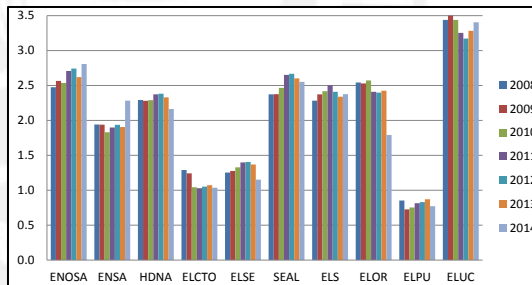


Figura B.2. Ventas de energía (MWh) / Usuario

Se muestra que la mayor relación entre las ventas de energía por cantidad de usuarios se presenta en la empresa ELECTRO UCAYALI durante todo el período de estudio y registra el mayor valor en el año 2008. Las empresas que registran la mayor relación entre las ventas de energía por cantidad de usuarios en el año 2014 son las empresas ELECTROUCAYALI, ENOSA y SEAL.

Tabla B.3: Ventas de energía (MWh) / Long. Red (Km)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	97.2	101.0	101.2	96.5	85.7	70.4	79.0	90.1
ENSA	79.1	74.7	69.4	73.8	65.1	61.5	73.4	71.0
HIDRANDINA	76.3	64.4	62.3	59.5	59.4	53.4	50.9	60.9
ELECTROCENTRO	32.6	29.4	22.6	23.1	22.3	22.7	21.6	24.9
ELSE	19.6	19.6	19.7	20.0	21.1	21.7	21.6	20.5
SEAL	109.1	110.6	115.6	124.7	123.5	124.1	125.2	119.0
ELECTROSUR	99.1	98.6	102.5	105.4	105.5	104.8	106.0	103.1
ELECTRO ORIENTE	132.9	135.5	139.8	141.0	108.9	102.0	64.3	117.8
ELECTRO PUNO	13.9	11.1	11.6	10.4	11.4	12.3	12.4	11.9
ELECTRO UCAYALI	218.4	167.4	144.3	142.6	134.7	133.5	127.7	152.7
TOTAL	55.3	50.8	48.6	48.9	48.0	45.9	45.8	49.0

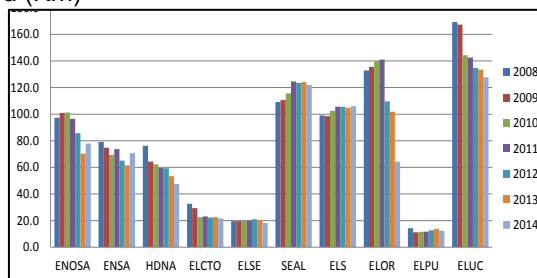


Figura B.3: Ventas de energía(MWh)/Long.Red(Km).

Se muestra que la mayor relación entre las ventas de energía por cantidad de kilómetros de red durante todo el período de estudio se presenta en los años 2008 y 2009 en la empresa ELECTRO UCAYALI, esto debido a que en estos años realizó ventas al mercado spot del COES, resaltándose el hecho que es la única empresa durante el período de estudio que realizó ventas al mercado spot. No obstante en los siguientes años del 2009 al 2014 ELECTRO UCAYALI también es la empresa que registra la mayor relación entre las ventas de energía por cantidad de kilómetros de red. En el año 2014, las siguientes empresas son las que registran la mayor relación entre las ventas de energía versus la cantidad de kilómetros de red son las empresas ELECTRO UCAYALI, SEAL y ELECTROSUR.

Tabla B.4. Ventas energía (MWh)/OPEX (Millones S/.)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	4,085.9	4,003.1	4,074.7	3,854.1	3,696.1	3,337.5	2,554.2	3,657.9
ENSA	3,402.5	3,453.2	3,580.5	3,440.5	3,281.3	3,143.6	2,217.8	3,217.1
HIDRANDINA	3,758.1	3,785.4	3,802.2	3,829.8	3,701.9	3,231.4	2,351.5	3,494.3
ELECTROCENTRO	3,147.1	3,226.2	2,979.7	2,931.7	2,822.3	2,540.1	1,887.7	2,790.7
ELSE	3,046.4	3,051.2	3,249.9	3,295.2	3,164.3	3,104.3	1,824.1	2,962.2
SEAL	4,147.8	3,583.0	3,846.3	3,750.5	3,612.3	3,360.4	2,362.2	3,523.2
ELECTROSUR	3,937.5	3,766.9	3,841.0	3,608.0	3,484.4	3,289.5	2,074.8	3,428.9
ELECTRO ORIENTE	1,982.3	2,317.8	1,906.2	2,058.2	1,929.8	1,854.4	1,591.7	1,948.6
ELECTRO PUNO	3,245.0	3,062.5	2,923.3	2,464.2	2,617.4	2,406.5	1,535.4	2,606.3
ELECTRO UCAYALI	2,957.6	3,044.3	3,166.8	2,850.3	2,856.4	2,625.8	2,342.3	2,834.8
TOTAL	3,377.1	3,394.8	3,346.5	3,306.3	3,187.4	2,927.7	2,130.3	3,095.7

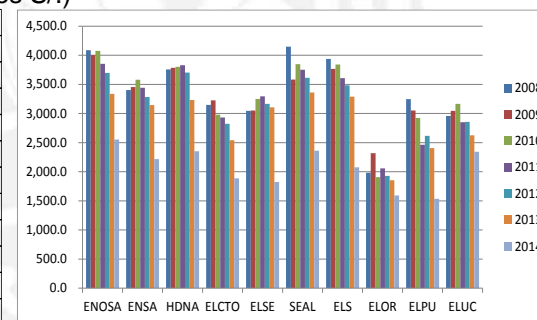


Figura B.4. Ventas energía (MWh)/OPEX (Millones S/.)

Se muestra que la mayor relación promedio entre las Ventas de Energía con el OPEX durante todo el período de estudio se presenta en las empresas ENOSA, SEAL, ELECTROSUR e HIDRANDINA respectivamente. Mientras que la menor relación promedio se presenta en la empresa ELECTRO ORIENTE. Asimismo la figura muestra que existe una tendencia decreciente en esta relación “Ventas de Energía con el OPEX” en todas las empresas. Del mismo modo, que los menores valores se han presentado en el período 2014, lo que indica que las empresas han incrementado sus costos de operación totales sin incrementar sus ventas.

Tabla B.5. Usuarios/OPEX (Millones S./)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	1,650.2	1,560.8	1,606.9	1,423.5	1,348.5	1,273.6	897.1	1,394.4
ENSA	1,752.6	1,780.6	1,955.8	1,813.6	1,693.7	1,650.6	935.7	1,654.7
HIDRANDINA	1,640.2	1,660.3	1,660.1	1,613.6	1,553.4	1,387.1	1,016.9	1,504.5
ELECTROCENTRO	2,441.3	2,597.2	2,858.2	2,847.6	2,684.0	2,368.9	1,823.5	2,517.2
ELSE	2,428.8	2,392.9	2,445.9	2,355.7	2,242.0	2,147.3	1,337.3	2,192.8
SEAL	1,747.3	1,508.7	1,560.4	1,414.4	1,354.0	1,291.7	901.7	1,396.9
ELECTROSUR	1,724.2	1,587.1	1,588.9	1,443.7	1,446.2	1,406.4	873.7	1,438.6
ELECTRO ORIENTE	779.7	916.7	740.8	854.0	810.1	763.4	888.4	821.9
ELECTRO PUNO	3,874.2	4,207.1	3,869.2	3,398.4	3,519.4	3,078.8	1,988.2	3,419.3
ELECTRO UCAYALI	666.4	841.7	920.9	875.9	900.4	800.1	687.9	813.4
TOTAL	1,750.7	1,790.5	1,790.2	1,715.8	1,643.1	1,524.6	1,107.6	1,617.5

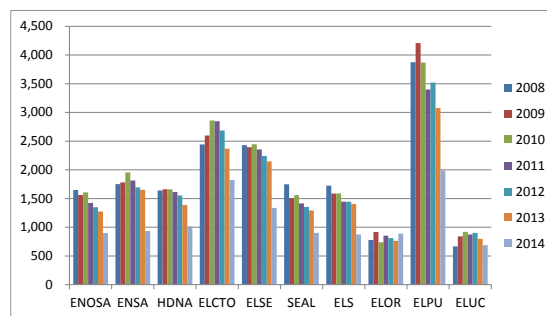


Figura B.5. Usuarios/OPEX (Millones S./)

Se muestra que la mayor relación promedio entre la cantidad de usuarios con el OPEX durante todo el período de estudio se presenta en las empresas ELECTRO PUNO, SEAL, ELECTROSUR e HIDRANDINA respectivamente. Mientras que la menor relación promedio se presenta en la empresa ELECTRO ORIENTE. Asimismo la figura muestra que existe una tendencia decreciente en esta relación “Ventas de Energía con el OPEX” en todas las empresas. Del mismo modo que los menores valores se han presentado en el período 2014, lo que indica que las empresas han incrementado sus costos de operación totales sin incrementar su cantidad de clientes en la misma proporción.

Tabla B.6. OPEX (Miles S./) / Longitud de red (km)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	23.8	25.2	24.8	25.0	23.2	21.1	30.9	24.9
ENSA	23.3	21.6	19.4	21.4	19.9	19.6	33.1	22.6
HIDRANDINA	20.3	17.0	16.4	15.5	16.0	16.5	21.6	17.6
ELECTROCENTRO	10.4	9.1	7.6	7.9	7.9	8.9	11.5	9.0
ELSE	6.4	6.4	6.1	6.1	6.7	7.0	11.9	7.2
SEAL	26.3	30.9	30.1	33.2	34.2	36.9	53.0	34.9
ELECTROSUR	25.2	26.2	26.7	29.2	30.3	31.9	51.1	31.5
ELECTRO ORIENTE	67.1	58.5	73.4	68.5	56.4	55.0	40.4	59.9
ELECTRO PUNO	4.3	3.6	4.0	4.2	4.4	5.1	8.1	4.8
ELECTRO UCAYALI	73.9	55.0	45.6	50.0	47.2	50.9	54.5	53.9
TOTAL	16.4	15.0	14.5	14.8	15.0	15.7	21.5	16.1

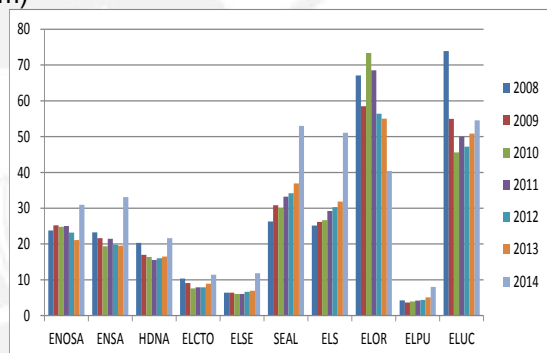


Figura B.6. OPEX (Miles S./) / Longitud de red (km)

Se muestra que la mayor relación promedio entre la longitud de redes con el OPEX durante todo el período de estudio se presenta en las empresas ELECTRO PUNO, ELSE, y ELECTROCENTRO respectivamente. Mientras que la menor relación promedio se presenta en la empresa ELECTRO ORIENTE y ELECTRO UCAYALI. Del mismo modo que los menores valores se han presentado en el período 2014, lo que indica que las empresas han incrementado sus costos totales de operación.

Tabla B.7. Longitud de red (km)/TOTEX (Millones S./)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	36.9	33.9	36.7	36.2	40.0	39.7	28.0	35.9
ENSA	38.2	33.5	40.5	38.6	42.1	43.0	26.5	37.5
HIDRANDINA	38.8	45.5	49.9	58.3	58.1	52.2	40.5	49.0
ELECTROCENTRO	72.3	65.8	85.8	105.8	105.1	87.4	72.3	84.9
ELSE	117.0	132.0	124.7	138.5	127.1	112.5	68.5	117.2
SEAL	34.9	29.2	29.1	26.9	26.4	23.5	17.1	26.7
ELECTROSUR	36.0	33.0	31.7	30.3	30.1	29.0	18.5	29.8
ELECTRO ORIENTE	11.9	12.1	11.7	13.0	15.9	15.1	21.9	14.5
ELECTRO PUNO	216.4	180.7	160.6	217.0	192.0	181.3	118.9	181.0
ELECTRO UCAYALI	12.6	16.7	19.7	15.9	19.8	16.9	16.5	16.9
TOTAL	50.6	51.1	55.3	59.2	59.1	53.6	40.7	52.8

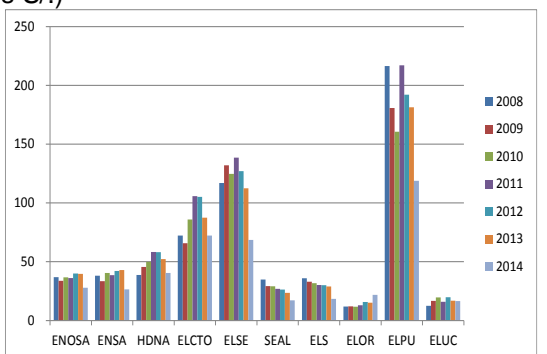


Figura B.7. Longitud de red (km)/TOTEX (Millones S./)

Se muestra que la mayor relación promedio entre la longitud de redes con el TOTEX durante todo el período de estudio se presenta en las empresas ELECTRO PUNO, ELSE, y ELECTROCENTRO respectivamente. Mientras que la menor relación promedio se presenta en la empresa ELECTRO ORIENTE y ELECTRO UCAYALI. Del mismo modo que los menores valores se han presentado en el período 2014 en todas las empresas, a excepción de ELECTRO ORIENTE donde se registra un incremento en esta proporción, debido principalmente al incremento de la cantidad de redes que le fueron transferidas de la empresa ENSA.

Tabla B.8. Usuarios/TOTEX (Millones S/.)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	1,450	1,333	1,466	1,289	1,250	1,067	776	1,233
ENSA	1,557	1,292	1,534	1,500	1,416	1,388	820	1,358
HIDRANDINA	1,293	1,286	1,357	1,459	1,448	1,196	891	1,276
ELECTROCENTRO	1,828	1,555	1,862	2,376	2,227	1,849	1,510	1,887
ELSE	1,831	2,029	1,851	1,980	1,902	1,686	1,085	1,766
SEAL	1,606	1,360	1,363	1,267	1,222	1,120	818	1,251
ELECTROSUR	1,561	1,371	1,345	1,277	1,317	1,298	825	1,285
ELECTRO ORIENTE	623	648	636	759	725	634	786	687
ELECTRO PUNO	3,593	2,773	2,456	3,124	2,951	2,850	1,903	2,807
ELECTRO UCAYALI	619	775	825	695	842	686	620	723
TOTAL	1,451	1,368	1,437	1,502	1,461	1,283	969	1,353

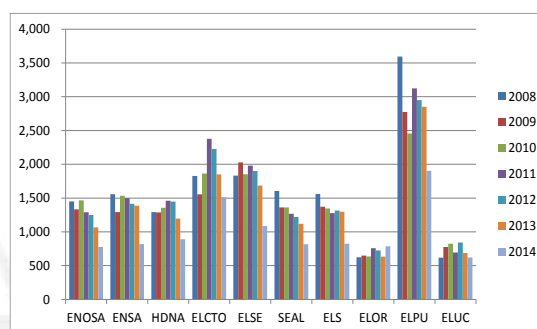


Figura B.8. Usuarios/TOTEX (Millones S/.)

Se muestra que la mayor relación promedio entre la cantidad de usuarios con el TOTEX durante todo el período de estudio se presenta en las empresas ELECTRO PUNO, ELECTROCENTRO y ELSE respectivamente. Mientras que la menor relación promedio se presenta en la empresa ELECTRO UCAYALI. Del mismo modo que los menores valores se han presentado en el período 2014 en todas las empresas, a excepción de ELECTRO ORIENTE donde se registra un incremento en esta proporción, debido principalmente al incremento de la cantidad de usuarios que le fueron transferidas de la empresa ENSA.

Tabla B.9. Ventas de energía (MWh)/TOTEX (Millones S/.)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	3,591.2	3,419.4	3,717.5	3,491.3	3,426.8	2,796.5	2,208.0	3,236.0
ENSA	3,022.4	2,505.0	2,807.5	2,845.3	2,743.0	2,642.8	1,943.1	2,644.2
HIDRANDINA	2,963.0	2,932.9	3,108.5	3,463.9	3,451.1	2,787.2	2,060.6	2,966.8
ELECTROCENTRO	2,356.7	1,931.2	1,941.4	2,446.3	2,342.2	1,983.0	1,563.6	2,080.6
ELSE	2,297.0	2,587.0	2,460.1	2,769.3	2,684.1	2,437.2	1,480.2	2,387.8
SEAL	3,812.4	3,230.5	3,358.6	3,358.5	3,260.0	2,914.4	2,141.9	3,153.8
ELECTROSUR	3,564.4	3,253.6	3,250.8	3,192.1	3,172.0	3,035.3	1,960.0	3,061.2
ELECTRO ORIENTE	1,583.2	1,638.6	1,637.4	1,828.9	1,726.8	1,540.1	1,408.5	1,623.4
ELECTRO PUNO	3,009.4	2,012.2	1,855.5	2,265.1	2,194.4	2,227.5	1,468.8	2,147.7
ELECTRO UCAYALI	2,747.2	2,801.9	2,835.9	2,263.1	2,672.5	2,251.2	2,111.7	2,526.2
TOTAL	2,798.3	2,594.0	2,686.4	2,894.2	2,833.6	2,463.5	1,863.1	2,590.6

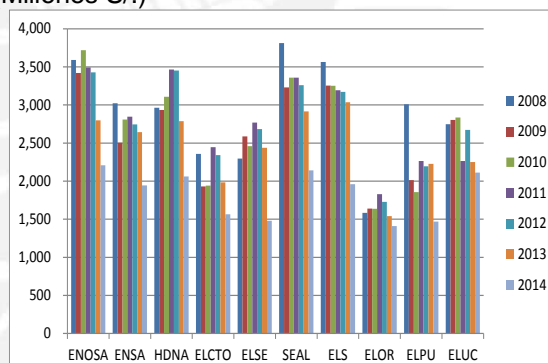


Figura B.9. Ventas de energía(MWh)/TOTEX(Millones S/.)

Se muestra que la mayor relación promedio entre la Venta de energía con el TOTEX durante todo el período de estudio se presenta en las empresas ENOSA, SEAL y ELECTROSUR respectivamente. Mientras que la menor relación promedio se presenta en la empresa ELECTRO ORIENTE. Del mismo modo que los menores valores se han presentado en el período 2014 en todas las empresas.

Tabla B.10. TINT (horas)/Ventas de energía (MWh.)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	25.7	27.2	23.4	23.2	27.4	17.1	14.5	22.6
ENSA	16.0	15.4	17.9	22.0	24.8	22.3	12.2	18.7
HIDRANDINA	27.7	32.8	26.0	21.7	24.6	22.8	17.5	24.7
ELECTROCENTRO	63.4	56.0	69.3	65.0	60.4	47.5	60.9	60.4
ELSE	38.4	32.9	36.1	55.2	45.7	32.2	29.0	38.5
SEAL	13.1	13.9	16.6	15.9	17.8	19.0	11.2	15.4
ELECTROSUR	10.3	9.9	16.2	14.1	11.3	9.0	8.5	11.3
ELECTRO ORIENTE	13.0	22.8	56.4	41.3	38.3	21.2	18.6	30.2
ELECTRO PUNO	23.6	42.1	27.2	30.3	31.5	35.6	25.8	30.9
ELECTRO UCAYALI	8.3	7.7	8.5	9.0	33.4	11.3	6.2	12.1
TOTAL	26.3	27.9	30.0	29.0	30.2	23.8	20.2	26.8

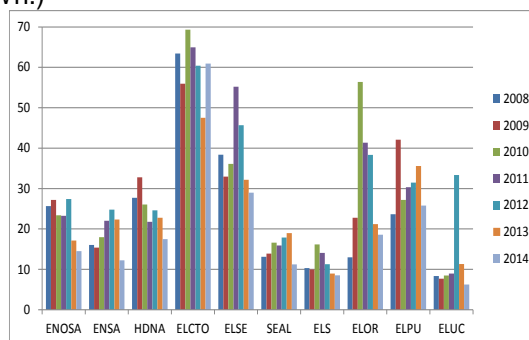


Figura B.10. TINT(horas)/Ventas de energía(MWh)

Se muestra que la menor relación promedio entre el TINT con las Ventas de Energía durante todo el período de estudio se presenta en las empresas ELECTROSUR, ELECTRO UCAYALI y SEAL respectivamente. Mientras que la mayor relación promedio se presenta en la empresa ELECTROCENTRO. Del mismo modo que los menores valores en todas las empresas se han presentado en el 2014.

Tabla B.11. TINT (horas)/Longitud de redes (km)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	2495	2746	2363	2243	2347	1206	1145	2078
ENSA	1269	1148	1245	1625	1615	1374	898	1311
HIDRANDINA	2116	2112	1622	1293	1461	1215	889	1530
ELECTROCENTRO	2068	1643	1568	1502	1346	1077	1318	1503
ELSE	753	645	712	1104	965	697	626	786
SEAL	1429	1537	1918	1985	2204	2353	1407	1833
ELECTROSUR	1023	980	1657	1483	1188	938	900	1167
ELECTRO ORIENTE	1722	3087	7883	5829	4171	2161	1193	3721
ELECTRO PUNO	329	469	314	317	360	437	319	363
ELECTRO UCAYALI	1821	1286	1221	1278	4495	1513	797	1773
TOTAL	1452	1416	1458	1416	1447	1094	925	1316

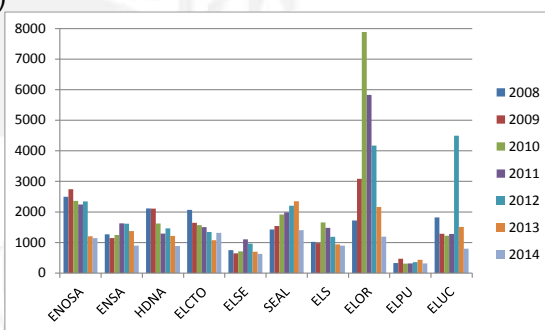


Figura B.11. TINT (horas)/Longitud de redes (km)

Se muestra que la menor relación promedio entre el TINT con la Longitud de redes de distribución durante todo el período de estudio se presenta en las empresas ELECTRO PUNO, y ELSE. Mientras que la mayor relación promedio se presenta en la empresa ELECTRO ORIENTE.

Tabla B.12. NINT (veces)/Ventas de energía (MWh.)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	16.0	16.3	13.0	13.0	11.8	10.7	7.2	12.6
ENSA	7.2	7.2	7.2	8.0	9.5	11.4	6.7	8.2
HIDRANDINA	17.6	19.7	14.4	12.2	11.9	10.7	7.0	13.4
ELECTROCENTRO	26.2	23.3	30.0	27.2	28.5	28.9	25.2	27.0
ELSE	18.0	18.0	16.3	18.4	20.1	17.8	20.0	18.4
SEAL	7.7	6.9	8.2	8.0	9.7	9.4	4.4	7.8
ELECTROSUR	15.2	13.4	9.5	7.8	6.4	5.2	4.8	8.9
ELECTRO ORIENTE	11.4	16.0	25.8	32.1	18.3	15.0	13.5	18.9
ELECTRO PUNO	13.3	19.8	14.3	15.0	14.8	16.0	16.2	15.6
ELECTRO UCAYALI	4.9	7.0	7.3	4.4	5.9	5.2	4.3	5.6
TOTAL	14.8	15.5	14.8	14.5	13.7	13.1	10.1	13.8

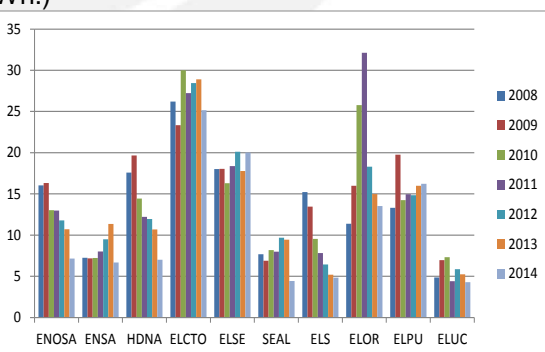


Figura B.12. NINT(veces)/Ventas de energía(MWh)

Se muestra que la menor relación promedio entre el NINT con las Ventas de Energía durante todo el período de estudio se presenta en las empresas ELECTRO UCAYALI, SEAL, ENSA y ELECTROSUR. Mientras que la mayor relación promedio se presenta en la empresa ELECTRO CENTRO.

Tabla B.13. NINT (veces)/Longitud de redes (km)

Empresa	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
ENOSA	1559	1650	1318	1253	1011	754	566	1,159
ENSA	574	537	502	591	619	699	490	573
HIDRANDINA	1343	1267	899	726	709	570	356	839
ELECTROCENTRO	854	685	679	629	634	656	544	669
ELSE	354	353	322	368	425	385	433	377
SEAL	837	763	947	996	1195	1172	556	924
ELECTROSUR	1510	1326	977	824	679	545	512	910
ELECTRO ORIENTE	1512	2168	3605	4531	1994	1527	871	2,316
ELECTRO PUNO	185	220	165	156	170	196	201	185
ELECTRO UCAYALI	1061	1164	1058	628	790	700	547	850
TOTAL	817	787	717	707	658	600	462	678

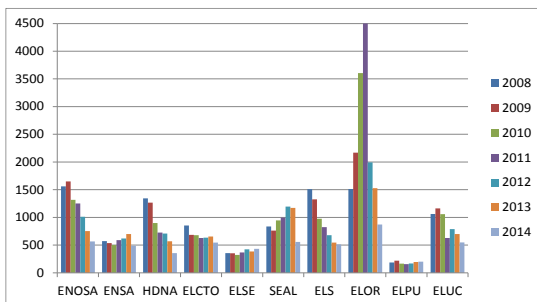


Figura B.13. NINT(veces)/Longitud de redes(km)

Se muestra que la menor relación promedio entre el NINT con la Longitud de red durante todo el período de estudio se presenta en las empresas ELECTRO PUNO, ELSE, ENSA y ELECTROCENTRO. Mientras que la mayor relación promedio se presenta en las empresas ELECTRO ORIENTE y ENOSA.



Apéndice C: Resultados obtenidos considerando todos los modelos en cada año del periodo 2008 – 2014.

Tabla C.1: Resultados del Modelo OPEX para CRS.

	DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2008-2014
1	ENOSA	0.990	1.000	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	0.998
2	ENSA	0.848	0.897	0.936	0.951	0.925	0.971	0.865	0.913
3	HIDRANDINA	0.922	0.966	0.963	1.000	1.000	0.977	0.948	0.968
4	ELECTROCENTRO	0.856	0.911	0.907	1.000	0.944	0.916	0.923	0.922
5	ELSE	0.870	0.884	0.966	1.000	1.000	1.000	1.000	0.960
6	SEAL	1.000	0.904	0.949	0.974	0.976	1.000	0.955	0.965
7	ELECTROSUR	0.955	0.950	0.950	0.940	0.941	0.990	0.944	0.953
8	ELECTRO ORIENTE	0.478	0.580	0.468	0.537	0.521	0.556	0.598	0.534
9	ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	ELECTRO UCAYALI	0.713	0.760	0.777	0.740	0.772	0.781	0.775	0.760
	PROMEDIO ANUAL	0.863	0.885	0.892	0.914	0.908	0.919	0.901	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla C.2: Resultados del Modelo OPEX-Compensaciones para CRS.

	DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO 2008-2014
1	ENOSA	0.988	1.000	1.000	1.000	0.999	1.000	1.000	0.998
2	ENSA	0.845	0.902	0.934	0.950	0.924	0.972	0.903	0.919
3	HIDRANDINA	0.919	0.973	0.963	1.000	1.000	0.975	0.982	0.973
4	ELECTROCENTRO	0.852	0.914	0.905	1.000	0.944	0.916	1.000	0.933
5	ELSE	0.870	0.864	0.957	1.000	1.000	1.000	0.946	0.948
6	SEAL	1.000	0.911	0.946	0.973	0.976	1.000	0.942	0.964
7	ELECTROSUR	0.951	0.949	0.937	0.936	0.937	0.985	0.843	0.934
8	ELECTRO ORIENTE	0.477	0.585	0.457	0.520	0.521	0.555	0.693	0.544
9	ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	ELECTRO UCAYALI	0.713	0.764	0.767	0.733	0.759	0.779	0.912	0.775
	PROMEDIO ANUAL	0.862	0.886	0.887	0.911	0.906	0.918	0.922	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla C.3: Resultados del Modelo TOTEX para CRS.

	DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO 2008-2014
1	ENOSA	0.946	1.000	1.000	1.000	0.993	0.943	1.000	0.983
2	ENSA	0.818	0.798	0.879	0.869	0.842	0.907	0.913	0.861
3	HIDRANDINA	0.790	0.895	0.901	1.000	1.000	0.951	0.981	0.931
4	ELECTROCENTRO	0.694	0.730	0.841	0.921	0.902	0.794	0.940	0.832
5	ELSE	0.710	1.000	1.000	0.977	0.970	0.951	0.836	0.921
6	SEAL	1.000	0.966	0.915	0.963	0.945	0.960	0.985	0.962
7	ELECTROSUR	0.940	0.973	0.893	0.919	0.919	1.000	0.920	0.938
8	ELECTRO ORIENTE	0.415	0.481	0.440	0.527	0.500	0.508	0.708	0.512
9	ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	ELECTRO UCAYALI	0.721	0.819	0.763	0.648	0.774	0.742	0.956	0.775
	PROMEDIO ANUAL	0.803	0.866	0.863	0.882	0.885	0.876	0.924	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla C.4: Resultados del Modelo CALIDAD para CRS.

	DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO 2008-2014
1	ENOSA	0.433	0.433	0.559	0.439	0.561	0.623	0.709	0.537
2	ENSA	1.000	1.000	1.000	0.821	0.774	0.566	0.799	0.851
3	HIDRANDINA	0.418	0.410	0.540	0.521	0.603	0.616	0.888	0.571
4	ELECTROCENTRO	0.367	0.486	0.365	0.403	0.397	0.493	0.466	0.425
5	ELSE	0.596	0.795	0.660	0.518	0.520	0.700	0.570	0.623
6	SEAL	0.874	1.000	0.887	0.651	0.663	0.551	1.000	0.804
7	ELECTROSUR	1.000	1.000	0.780	0.769	1.000	1.000	1.000	0.936
8	ELECTRO ORIENTE	0.813	0.492	0.281	0.269	0.354	0.427	0.604	0.463
9	ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	ELECTRO UCAYALI	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.992	1.000	0.999
	PROMEDIO ANUAL	0.750	0.762	0.707	0.639	0.687	0.697	0.804	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla C.5: Resultados del Modelo TOTEX-CALIDAD para CRS.

	DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO 2008-2014
1	ENOSA	0.946	1.000	1.000	1.000	0.993	0.943	1.000	0.983
2	ENSA	0.835	0.841	0.969	0.895	0.864	0.907	0.936	0.892
3	HIDRANDINA	0.790	0.895	0.905	1.000	1.000	0.951	0.981	0.932
4	ELECTROCENTRO	0.694	0.730	0.841	0.921	0.902	0.794	0.940	0.832
5	ELSE	0.710	1.000	1.000	0.977	0.970	0.951	0.836	0.921
6	SEAL	1.000	0.987	1.000	1.000	0.988	0.960	1.000	0.991
7	ELECTROSUR	1.000	1.000	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	ELECTRO ORIENTE	0.765	0.502	0.440	0.528	0.517	0.508	0.723	0.569
9	ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	ELECTRO UCAYALI	1.000	1.000	1.000	1.000	0.774	0.790	1.000	0.938
	PROMEDIO ANUAL	0.874	0.896	0.915	0.932	0.901	0.880	0.942	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla C.6: Resultados del Modelo OPEX para VRS.

	DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO 2008-2014
1	ENOSA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	ENSA	0.848	0.899	0.940	0.960	0.933	0.972	0.873	0.918
3	HIDRANDINA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	ELECTROCENTRO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	ELSE	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6	SEAL	1.000	0.905	0.951	0.980	0.983	1.000	0.959	0.968
7	ELECTROSUR	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	ELECTRO ORIENTE	0.488	0.595	0.480	0.556	0.537	0.557	0.599	0.545
9	ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	ELECTRO UCAYALI	0.825	0.997	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.975
	PROMEDIO ANUAL	0.916	0.940	0.937	0.950	0.945	0.953	0.943	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla C.7: Resultados del Modelo OPEX-Compensaciones para VRS.

	DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO 2008-2014
1	ENOSA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	ENSA	0.846	0.904	0.939	0.960	0.933	0.974	0.901	0.922
3	HIDRANDINA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	ELECTROCENTRO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	ELSE	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.870	0.981
6	SEAL	1.000	0.912	0.949	0.979	0.983	1.000	0.939	0.966
7	ELECTROSUR	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.912	0.987
8	ELECTRO ORIENTE	0.488	0.600	0.471	0.539	0.538	0.558	0.710	0.558
9	ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	ELECTRO UCAYALI	0.826	0.992	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.974
	PROMEDIO ANUAL	0.916	0.941	0.936	0.948	0.945	0.953	0.933	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla C.8: Resultados del Modelo TOTEX para VRS.

	DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO 2008-2014
1	ENOSA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.987	1.000	0.998
2	ENSA	0.819	0.798	0.888	0.881	0.853	0.961	0.919	0.874
3	HIDRANDINA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	ELECTROCENTRO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	ELSE	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.901	0.986
6	SEAL	1.000	0.966	0.920	0.971	0.958	1.000	0.989	0.972
7	ELECTROSUR	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.959	0.994
8	ELECTRO ORIENTE	0.427	0.490	0.467	0.552	0.522	0.526	0.709	0.528
9	ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	ELECTRO UCAYALI	0.836	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.977
	PROMEDIO ANUAL	0.908	0.926	0.928	0.940	0.933	0.947	0.948	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla C.9: Resultados del Modelo CALIDAD para VRS.

	DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO 2008-2014
1	ENOSA	0.660	0.730	0.812	0.767	0.897	1.000	0.999	0.838
2	ENSA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.968	1.000	0.995
3	HIDRANDINA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	ELECTROCENTRO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.636	0.948
5	ELSE	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6	SEAL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	ELECTROSUR	1.000	1.000	0.817	0.958	1.000	1.000	1.000	0.968
8	ELECTRO ORIENTE	0.910	0.543	0.289	0.376	0.469	0.692	0.780	0.580
9	ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	ELECTRO UCAYALI	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	PROMEDIO ANUAL	0.957	0.927	0.892	0.910	0.937	0.966	0.941	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla C.10: Resultados del Modelo TOTEX-CALIDAD para VRS.

	DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	PROMEDIO 2008-2014
1	ENOSA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	ENSA	0.895	1.000	1.000	0.898	0.879	0.972	1.000	0.949
3	HIDRANDINA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	ELECTROCENTRO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	ELSE	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
6	SEAL	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
7	ELECTROSUR	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	ELECTRO ORIENTE	0.910	0.540	0.467	0.552	0.522	0.692	0.780	0.638
9	ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
10	ELECTRO UCAYALI	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	PROMEDIO ANUAL	0.981	0.954	0.947	0.945	0.940	0.966	0.978	

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice D: Resultados obtenidos de los índices de malmquist

A continuación se muestran los resultados de los índices de Malmquist para cada empresa para cada uno de los años por cada componente de los índices de Malmquist DEA. Cabe precisar que todos los índices que se muestran son relativos al año previo, asimismo que la media es una media geométrica según lo indicado en el programa DEAP con el cuál se obtuvieron los resultados mostrados.

Tabla D.1: Cambio de la productividad total de los factores (TFP)

DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	1.000	0.939	1.248	0.981	1.035	1.315	1.346
ENSA	1.000	1.011	1.003	0.890	0.830	0.848	1.510
HIDRANDINA	1.000	0.875	1.354	1.185	0.945	1.159	1.560
ELECTROCENTRO	1.000	1.160	0.910	1.114	0.940	1.194	1.070
ELSE	1.000	1.036	1.053	0.881	0.891	1.267	1.034
SEAL	1.000	1.072	0.842	1.006	0.858	1.022	2.092
ELECTROSUR	1.000	1.016	0.731	1.157	1.249	1.262	1.058
ELECTRO ORIENTE	1.000	0.593	0.561	1.107	1.206	1.509	1.536
ELECTRO PUNO	1.000	0.749	1.413	0.990	0.931	0.856	1.165
ELECTRO UCAYALI	1.000	0.898	0.937	1.247	0.726	1.165	1.327
MEDIA	1.000	0.920	0.971	1.049	0.949	1.143	1.338

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.2: Cambio tecnológico

DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	1.000	0.935	0.968	1.248	0.810	1.183	1.184
ENSA	1.000	1.011	1.003	1.084	0.881	1.160	1.068
HIDRANDINA	1.000	0.892	1.028	1.228	0.816	1.134	1.083
ELECTROCENTRO	1.000	0.873	1.211	1.012	0.954	0.961	1.131
ELSE	1.000	0.772	1.268	1.123	0.886	0.942	1.270
SEAL	1.000	0.935	0.950	1.372	0.841	1.231	1.153
ELECTROSUR	1.000	1.016	0.938	1.174	0.960	1.262	1.058
ELECTRO ORIENTE	1.000	0.979	0.982	1.158	0.917	1.249	1.087
ELECTRO PUNO	1.000	0.749	1.413	0.990	0.931	0.856	1.165
ELECTRO UCAYALI	1.000	0.898	0.937	1.247	0.726	1.174	1.317
MEDIA	1.000	0.902	1.059	1.158	0.869	1.106	1.149

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.3: Cambio en la eficiencia de escala

DISTRIBUIDORA	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ENOSA	1.000	0.907	1.160	0.831	1.092	0.998	1.138
ENSA	1.000	1.000	1.000	0.821	0.943	0.755	1.368
HIDRANDINA	1.000	0.981	1.317	0.965	1.158	1.022	1.441
ELECTROCENTRO	1.000	1.329	0.752	1.101	0.986	1.243	1.488
ELSE	1.000	1.341	0.830	0.785	1.101	1.345	0.815
SEAL	1.000	1.147	0.887	0.734	1.020	0.830	1.815
ELECTROSUR	1.000	1.000	0.954	0.841	1.247	1.000	1.000
ELECTRO ORIENTE	1.000	1.015	1.073	0.736	1.054	0.819	1.254
ELECTRO PUNO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
ELECTRO UCAYALI	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.992	1.008
MEDIA	1.000	1.063	0.986	0.873	1.047	0.986	1.201

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener los índices de productividad de Malmquist utilizando el programa DEAP Versión 2.1 se ha generado las siguientes instrucciones:

```

Q2-dta.txt          DATA FILE NAME
MQ2-out.txt         OUTPUT FILE NAME
10                  NUMBER OF FIRMS
7                   NUMBER OF TIME PERIODS
3                   NUMBER OF OUTPUTS
2                   NUMBER OF INPUTS
0                   0=INPUT AND 1=OUTPUT ORIENTATED
0                   0=CRS AND 1=VRS
2                   0=DEA(MULTI-STAGE), 1=COST-DEA, 2=MALMQUIST-DEA,
3=DEA(1-STAGE), 4=DEA(2-STAGE)
    
```

Los resultados obtenidos son los siguientes:

year = 1

firm no.	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.000	0.432	0.456	0.660
2	0.000	1.000	0.991	1.000
3	0.000	0.417	0.456	1.000
4	0.000	0.366	0.417	1.000
5	0.000	0.593	0.742	1.000
6	0.000	0.872	0.939	1.000
7	0.000	1.000	1.001	1.000
8	0.000	0.812	0.818	0.910
9	0.000	1.000	1.500	1.000
10	0.000	1.000	1.424	1.000
mean	0.000	0.749	0.874	0.957

year = 2

firm no.	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.401	0.433	0.447	0.730
2	1.013	1.000	1.046	1.000
3	0.356	0.410	0.398	1.000
4	0.422	0.486	0.410	1.000
5	0.593	0.795	0.612	1.000
6	0.941	1.000	1.053	1.000
7	1.032	1.000	1.089	1.000
8	0.475	0.492	0.486	0.543
9	0.843	1.000	0.752	1.000
10	1.148	1.000	1.101	1.000
mean	0.722	0.762	0.739	0.927

year = 3

firm no.	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	

1	0.540	0.559	0.458	0.812
2	1.053	1.000	0.935	1.000
3	0.554	0.540	0.443	1.000
4	0.452	0.365	0.361	1.000
5	0.817	0.660	0.589	1.000
6	0.842	0.887	0.659	1.000
7	0.747	0.780	0.686	0.817
8	0.268	0.281	0.202	0.289
9	1.500	1.000	1.076	1.000
10	0.966	1.000	1.060	1.000

mean 0.774 0.707 0.647 0.892

year = 4

firm no.	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.561	0.439	0.503	0.767
2	0.903	0.821	0.930	1.000
3	0.645	0.521	0.605	1.000
4	0.407	0.402	0.421	1.000
5	0.582	0.518	0.579	1.000
6	0.909	0.650	0.800	1.000
7	0.931	0.769	0.823	0.958
8	0.259	0.269	0.272	0.376
9	1.055	1.000	1.135	1.000
10	1.648	1.000	1.450	1.000

mean 0.790 0.639 0.752 0.910

year = 5

firm no.	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.422	0.561	0.468	0.897
2	0.681	0.774	0.665	1.000
3	0.467	0.603	0.527	1.000
4	0.378	0.397	0.413	1.000
5	0.457	0.520	0.541	1.000
6	0.578	0.663	0.538	1.000
7	0.987	1.000	0.809	1.000
8	0.301	0.354	0.284	0.469
9	0.985	1.000	1.216	1.000
10	0.765	1.000	0.887	1.000

mean 0.602 0.687 0.635 0.937

year = 6

firm no.	crs te rel to tech in yr			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.729	0.623	0.497	1.000
2	0.654	0.566	0.540	0.968

3	0.693	0.616	0.568	1.000
4	0.474	0.493	0.393	1.000
5	0.645	0.700	0.593	1.000
6	0.677	0.551	0.486	1.000
7	1.288	1.000	0.963	1.000
8	0.536	0.427	0.394	0.692
9	0.891	1.000	1.021	1.000
10	1.215	0.992	0.821	1.000
mean	0.780	0.697	0.628	0.966

year = 7

firm no.	crs te rel to tech in yr *****			vrs te
	t-1	t	t+1	
1	0.792	0.709	0.000	0.999
2	0.872	0.799	0.000	1.000
3	0.960	0.888	0.000	1.000
4	0.475	0.466	0.000	0.636
5	0.779	0.570	0.000	1.000
6	1.171	1.000	0.000	1.000
7	1.077	1.000	0.000	1.000
8	0.657	0.604	0.000	0.780
9	1.387	1.000	0.000	1.000
10	1.434	1.000	0.000	1.000

mean 0.960 0.804 0.000 0.941

[Note that t-1 in year 1 and t+1 in the final year are not defined]

MALMQUIST INDEX SUMMARY

year = 2

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.003	0.935	1.106	0.907	0.939
2	1.000	1.011	1.000	1.000	1.011
3	0.981	0.892	1.000	0.981	0.875
4	1.329	0.873	1.000	1.329	1.160
5	1.341	0.772	1.000	1.341	1.036
6	1.147	0.935	1.000	1.147	1.072
7	1.000	1.016	1.000	1.000	1.016
8	0.606	0.979	0.597	1.015	0.593
9	1.000	0.749	1.000	1.000	0.749
10	1.000	0.898	1.000	1.000	0.898

mean 1.020 0.902 0.959 1.063 0.920

year = 3

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.290	0.968	1.112	1.160	1.248
2	1.000	1.003	1.000	1.000	1.003
3	1.317	1.028	1.000	1.317	1.354
4	0.752	1.211	1.000	0.752	0.910

5	0.830	1.268	1.000	0.830	1.053
6	0.887	0.950	1.000	0.887	0.842
7	0.780	0.938	0.817	0.954	0.731
8	0.572	0.982	0.533	1.073	0.561
9	1.000	1.413	1.000	1.000	1.413
10	1.000	0.937	1.000	1.000	0.937

mean 0.917 1.059 0.930 0.986 0.971

year = 4

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	0.786	1.248	0.945	0.831	0.981
2	0.821	1.084	1.000	0.821	0.890
3	0.965	1.228	1.000	0.965	1.185
4	1.101	1.012	1.000	1.101	1.114
5	0.785	1.123	1.000	0.785	0.881
6	0.734	1.372	1.000	0.734	1.006
7	0.986	1.174	1.173	0.841	1.157
8	0.956	1.158	1.298	0.736	1.107
9	1.000	0.990	1.000	1.000	0.990
10	1.000	1.247	1.000	1.000	1.247

mean 0.906 1.158 1.037 0.873 1.049

year = 5

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.277	0.810	1.169	1.092	1.035
2	0.943	0.881	1.000	0.943	0.830
3	1.158	0.816	1.000	1.158	0.945
4	0.986	0.954	1.000	0.986	0.940
5	1.005	0.886	1.000	1.005	0.891
6	1.020	0.841	1.000	1.020	0.858
7	1.301	0.960	1.043	1.247	1.249
8	1.316	0.917	1.248	1.054	1.206
9	1.000	0.931	1.000	1.000	0.931
10	1.000	0.726	1.000	1.000	0.726

mean 1.092 0.869 1.043 1.047 0.949

year = 6

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.112	1.183	1.114	0.998	1.315
2	0.731	1.160	0.968	0.755	0.848
3	1.022	1.134	1.000	1.022	1.159
4	1.243	0.961	1.000	1.243	1.194
5	1.345	0.942	1.000	1.345	1.267
6	0.830	1.231	1.000	0.830	1.022
7	1.000	1.262	1.000	1.000	1.262
8	1.208	1.249	1.476	0.819	1.509
9	1.000	0.856	1.000	1.000	0.856
10	0.992	1.174	1.000	0.992	1.165

mean 1.033 1.106 1.048 0.986 1.143

year = 7

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.137	1.184	0.999	1.138	1.346
2	1.413	1.068	1.033	1.368	1.510
3	1.441	1.083	1.000	1.441	1.560
4	0.946	1.131	0.636	1.488	1.070
5	0.815	1.270	1.000	0.815	1.034
6	1.815	1.153	1.000	1.815	2.092
7	1.000	1.058	1.000	1.000	1.058
8	1.413	1.087	1.127	1.254	1.536
9	1.000	1.165	1.000	1.000	1.165
10	1.008	1.317	1.000	1.008	1.327
mean	1.165	1.149	0.970	1.201	1.338

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF ANNUAL MEANS

year	effch	techch	pech	sech	tfpch
2	1.020	0.902	0.959	1.063	0.920
3	0.917	1.059	0.930	0.986	0.971
4	0.906	1.158	1.037	0.873	1.049
5	1.092	0.869	1.043	1.047	0.949
6	1.033	1.106	1.048	0.986	1.143
7	1.165	1.149	0.970	1.201	1.338
mean	1.018	1.034	0.997	1.021	1.053

MALMQUIST INDEX SUMMARY OF FIRM MEANS

firm	effch	techch	pech	sech	tfpch
1	1.086	1.042	1.071	1.014	1.132
2	0.963	1.031	1.000	0.963	0.993
3	1.134	1.020	1.000	1.134	1.157
4	1.041	1.017	0.927	1.123	1.059
5	0.994	1.026	1.000	0.994	1.019
6	1.023	1.064	1.000	1.023	1.089
7	1.000	1.062	1.000	1.000	1.062
8	0.952	1.056	0.975	0.977	1.005
9	1.000	0.996	1.000	1.000	0.996
10	1.000	1.028	1.000	1.000	1.028
mean	1.018	1.034	0.997	1.021	1.053

[Note that all Malmquist index averages are geometric means]