

Medición de la eficiencia en las empresas de distribución de energía en América Latina y el Caribe

Un enfoque de prestación de servicios
y rendimiento financiero

Arias, Karla
Camino, Segundo
Weiss, Mariana
Matías, David
Daltro, Yuri
Carvajal, Franco
Carvalho Metanias Hallack, Michelle

División de Energía

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-02574

Medición de la Eficiencia en las Empresas de Distribución de Energía en América Latina y el Caribe

Un enfoque de prestación de servicios y
rendimiento financiero

Arias, Karla
Camino, Segundo
Weiss, Mariana
Matías, David
Daltro, Yuri
Carvajal, Franco
Carvalho Metanias Hallack, Michelle

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo

Medición de la eficiencia en las empresas de distribución de energía en América Latina y el Caribe: un enfoque de prestación de servicios y rendimiento financiero / Karla Arias, Segundo Camino, Mariana Weiss, David Matias, Yuri Daltro, Franco Carvajal, Michelle Carvalho Metanias Hallack.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2574)

1. Energy-Latin America-Finance. 2. Energy-Caribbean Area-Finance. 3. Electric utilities-Latin America. 4. Electric utilities-Caribbean Area. I. Arias, Karla. II. Camino-Mogro, Segundo. III. Weiss, Mariana. IV. Matias, David. V. Daltro, Yuri. VI. Carvajal, Franco. VII. Hallack, Michelle, 1983- VIII. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Energía. IX. Serie.

IDB-TN-2574

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Electrorating

**Medición de la eficiencia de las
empresas distribuidoras de energía
en América Latina y el Caribe:**
un enfoque de prestación de
servicios y rendimiento financiero

Karla Arias · Segundo Camino · Mariana Weiss
David Matías · Yuri Daltro · Franco Carvajal
Michelle Carvalho Metanias Hallack





Medición de la eficiencia de las empresas distribuidoras de energía en América Latina y el Caribe: un enfoque de prestación de servicios y rendimiento financiero

Autores

Arias, Karla¹;
Camino, Segundo²;
Weiss, Mariana¹;
Matías, David¹;
Daltro, Yuri¹;
Carvajal, Franco¹
Carvalho Metanias Hallack, Michelle¹

Palabras claves: Distribución de electricidad; eficiencia; productividad; gobierno corporativo; ALC.

Códigos JEL: L94, O54, P18, Q49

Agradecimientos. Los autores desean agradecer a Daniel Ferreira, Francesco Tommaso, Arthur Tavares por su apoyo a la construcción de la base de datos de Electroring, y a Lenin Balza, Eric Daza y Tomás Serebrisky por las importantes contribuciones al desarrollo de este artículo.

Octubre 2022

1 Inter-American Development Bank – IDB

2 Universidad Espiritu Santo (UEES)

Contenido

Resumen	4
1. Introducción	6
2. La eficiencia de las empresas distribuidoras de energía	9
3. Metodología: enfoques en dos etapas para el análisis de la eficiencia de las empresas distribuidoras de energía	12
4. Datos de las empresas distribuidoras de electricidad	16
5. Resultados	19
La evolución de la eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad en ALC	19
5.1. La eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad de ALC por tamaño de las empresas	21
5.2. La relación entre la eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad y la satisfacción del consumidor en ALC	22
5.3. La relación entre gobernanza y eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad en ALC	23
5.4. La relación entre la gobernanza y la forma propiedad de las empresas distribuidoras de electricidad en ALC	24
5.5. Verificación de robustez	25
6. Conclusión	27
7. Referencias	29
8. Anexos	33
8.1. Tabla 3. Definición de las variables utilizadas en este estudio	33
8.2. Verificación de robustez: La eficiencia media de las empresas de distribución de electricidad usando el método de rendimientos variables de escala de eficiencia técnica (VRS)	33
8.3. Verificación de robustez: La eficiencia media de las empresas de distribución de electricidad mediante el uso de medidas financieras de producción (modelos 2)	36
8.4. Verificación de robustez: resultados del índice de Malmquist	39
8.5. Verificación de robustez: prueba restringida	41
8.6. Los motores de la eficiencia: modelo Tobit	48

Resumen

Este estudio identifica y analiza la evolución y la eficiencia de la prestación y el rendimiento financiero de las empresas distribuidoras de servicio eléctrico entre 2014 y 2020 en ALC. Además, éste examina las características de las empresas que podrían estar relacionadas con las eficiencias, tales como la calidad del servicio, el gobierno corporativo, el tamaño de la empresa y de propiedad. Este documento utiliza un procedimiento de dos pasos. Primero, considera los niveles de eficiencia y los cambios de la productividad total de los factores (PTF) con la ayuda del índice Malmquist y desglosa el cambio total dependiendo de un enfoque no paramétrico de análisis envolvente de datos (DEA). La segunda etapa se centra en los determinantes de eficiencia conseguidos en la primera etapa con la técnica Tobit. Los resultados principales sugieren que no hay progreso significativo en los niveles de eficiencia para el período analizado en las empresas distribuidoras de ALC. Cuando se analiza la heterogeneidad de la eficiencia de una empresa, la evidencia muestra una relación entre la eficiencia y la calidad del servicio percibida por los usuarios, la mayor eficiencia está relacionada con una calidad mejor percibida. Además, las características de las empresas tales como el tamaño, el gobierno corporativo y la propiedad están relacionadas con la heterogeneidad de la eficiencia.

1

Introducción

1. Introducción

En las últimas décadas, los mercados de la energía de la mayoría de los países han sido testigo de reformas regulatorias. En este sentido, los objetivos principales de las reformas del sector eléctrico consisten en introducir la competencia en generación y suministro de electricidad y mejorar la eficiencia de las actividades monopolísticas naturales de distribución y transmisión mediante reformas estructurales y regulatorias (Ramos-Real et al., 2009; Çelen, 2013).

Generalmente, se espera de las reformas reglamentarias y estructurales en la industria eléctrica que: mejoren la inversión, aumenten el número de clientes conectados, reduzcan las pérdidas y recorten el número de empleados, entre otros (Vine et al., 2003; Ramos-Real et al., 2009), mediante el refuerzo de la eficiencia y la productividad.

A pesar de que gran parte de la investigación sobre las reformas de los mercados de electricidad se ha centrado en la evolución de los segmentos potencialmente competitivos, tales como generación y comercialización, el desempeño de los segmentos de red regulados restantes (más específicamente, distribución y transporte) también tiene una importancia económica considerable. En primer lugar, estos segmentos regulados a menudo representan una fracción significativa del precio total pagado por los consumidores finales. En segundo lugar, el desempeño de los segmentos regulados puede tener un efecto importante en el desempeño de los segmentos competitivos porque los segmentos regulados proporcionan la plataforma de infraestructura en la que se basan los segmentos competitivos (Joskow, 2014). Y esto se vuelve más importante en un contexto de transición energética, en el que las tendencias de transformación del sector energético, como la descentralización y la digitalización, dependen de las transformaciones del segmento de red, tanto tecnológica como económicamente. Mejorar los precios y las tarifas reguladas son una necesidad para adecuar eficientemente los sistemas de energía a los requisitos de transición energética (Pérez-Arriaga y Knittel, 2016; Hallack et al., 2020).

Las empresas de distribución eléctrica son monopolios regulados.³ La remodelación de la distribución requiere cambios en el marco jurídico, dirigida hacia las inversiones y la operación. Los reguladores deberían ser capaces de llevar a las empresas distribuidoras a aumentar su eficiencia, especialmente para cumplir con las exigencias de innovación para la transición energética. Sin embargo, la asimetría de la información es un desafío clave para lograr los incentivos correctos por medio de marcos legales. El diseño de regulaciones tiene que combinar los estímulos para mejorar la calidad del servicio y, al mismo tiempo, también mejorar el uso eficiente de los recursos económicos. Estas reglas deben equilibrar, además, los incentivos para aumentar la eficiencia de las empresas, al tiempo que transfieren parte de estas ganancias a los consumidores finales por medio de reducciones de precios que aumentan la asequibilidad a largo plazo. En este contexto, Pérez-Arriaga y Knittel (2016) subrayan la necesidad de fomentar la regulación de las empresas de distribución con el fin de permitir el desarrollo de modelos de negocio de utilidad de distribución más eficientes.

Con el fin de construir mejores modelos de gobernanza para América Latina y el Caribe, es clave entender el nivel actual y la evolución de la eficiencia económica de estas empresas. Este documento contribuye abordando esta cuestión a través métodos que aplica diferentes métodos de referencia que capturan la eficiencia y la productividad de las empresas distribuidoras de electricidad de ALC entre 2014 y 2020. Además, el documento analiza cómo las características de las diferentes empresas se relacionan con la eficiencia eléctrica de las empresas.

El análisis se basa en un procedimiento de dos etapas. En primer lugar, evalúa los niveles de eficiencia y los cambios en la productividad total de los factores (PTF) usando el índice Malmquist y un enfoque no paramétrico de análisis envolvente de datos (DEA). La segunda etapa se focaliza en los controladores de eficiencia obtenidos en la primera etapa y compara los valores medios

³ La teoría identifica a los monopolios naturales como estructuras de mercado más eficiente cuando una sola empresa puede producir un vector de producción específico a un costo menor que dos empresas (subaditividad).



de eficiencia entre las empresas de acuerdo con las características seleccionadas. A continuación, nos dirigimos hacia diferentes comprobaciones de robustez para mostrar la similitud en los resultados cuando se usan salidas diferentes.

El presente trabajo contribuye a la literatura empírica de varias formas. En primer lugar, analiza la evolución de la eficacia de las empresas distribuidoras de energía al nivel regional en 9 países de ALC, utilizando un nuevo conjunto de datos de encuestas recopiladas por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). En segundo lugar, revisa el impacto de las particularidades de las empresas distribuidoras de electricidad en la eficiencia. Finalmente, compara los diferentes modelos y las muestras de conjuntos de datos para asegurar la robustez de los resultados.

Para tal tarea, hemos organizado el presente trabajo de la siguiente manera: La sección 2 discute la revisión de la literatura sobre la eficiencia relacionada con las empresas distribuidoras de energía y la forma en la que las características de las empresas se pueden relacionar con la eficiencia. La sección 3 explica la metodología del procedimiento en dos etapas. La sección 4 presenta los datos utilizados. La sección 5 analiza los resultados y ofrece una verificación de robustez usando una muestra restringida. Y, por último, la sección 6 concluye el análisis.

2

La eficiencia
de las empresas
distribuidoras
de energía

2. La eficiencia de las empresas distribuidoras de energía

La evaluación de la eficiencia en varios sectores de la economía no es un tema nuevo. Sin embargo, los avances en la metodología estadística, el aumento en la disponibilidad de datos y software de alta calidad han contribuido al creciente interés en esta tarea (Smith & Street, 2005). En particular, la evaluación de la heterogeneidad de la eficiencia y sus cambios se han vuelto los temas crecientes de la investigación en los últimos años.

Los reguladores no son conscientes de si las empresas son eficientes cuando declaran sus costos en los procesos de revisión de tarifa. Sin embargo, la evolución de las prácticas reglamentarias en muchos países se esfuerza por mitigar la asimetría de la información a la que se enfrentan los reguladores al poner esta información a disposición de ellos y del público. En la mayoría de los países, los mercados de la electricidad se han hecho buenos candidatos para aplicar los métodos de evaluación de eficiencia (Çelen, 2013).⁴ Empero, existe poca documentación sobre este tema en los países en vías de desarrollo, especialmente al nivel regional.

Ramos-Real et al. (2009) estimaron los cambios en la productividad del sector brasileño de distribución de la electricidad usando el DEA en un panel de 18 empresas desde 1998 a 2005 y encontró que los incentivos generados en el proceso de reforma no llevaron a las empresas a ser más eficientes. Aún entre los países en desarrollo, Pérez-Reyes y Tovar (2009) analizaron la evolución de la productividad entre las empresas de distribución de electricidad en el Perú y encontraron una relación positiva entre la reestructuración del sector energético y las mejoras en la eficiencia y la productividad de la distribución de electricidad. Es más, Jamasb et al. (2021) examinaron el desempeño de los servicios de distribución eléctrica en 24 estados de la India y encontraron que la calidad del desarrollo económico e institucional afectó positivamente el desempeño de los servicios de distribución de electricidad.

Se ha planteado la hipótesis de que ciertas características pueden afectar la eficiencia de las empresas distribuidoras de energía. Los reguladores deben ser conscientes de esto cuando planean el desempeño de la eficiencia. Algunas de estas particularidades pueden ser incentivadas por medio de regulaciones y políticas, tales como la transparencia de la gobernanza. Otras pueden ser la consecuencia de otras opciones y especificidades regionales como el tamaño de la empresa y la percepción del consumidor. Incluso si estos atributos no se consideran variables normativas, deberían tenerse en cuenta a la hora de definir los parámetros y los objetivos de la eficiencia adecuada.

En los estudios focalizados en el desempeño de la eficiencia entre las empresas públicas y privadas, los principales hallazgos sugieren que las empresas privadas tienden a superar a las públicas (véase, por ejemplo, Çelen, 2013; Zelenyuk y Zheka, 2006; Cullmann y von Hirschhausen, 2008). No obstante, es importante estar consciente que otras características de las empresas distribuidoras de energía podrían tener un impacto en la eficacia, como la percepción de los consumidores y los mecanismos de gobernanza y ambos apenas se han explorado. Estas variables menos destacadas pueden contribuir a profundizar el debate de la empresa pública/privada sobre la eficacia. Por ejemplo, independientemente del tipo de propiedad, se espera una relación positiva entre los niveles de gobierno corporativo y la eficiencia relativa de las empresas (véase, por ejemplo, Zelenyuk y Zheka, 2006). Sin embargo, la evidencia para dicho aspecto es deficiente. Pero conviene mencionar que estas empresas sirven a los consumidores finales, así que

⁴ Arcos-Vargas et al. (2017), Çelen (2013), Ramos-Real et al. (2009), and Pérez-Reyes y Tovar (2009) revisan la literatura empírica que ha aplicado la metodología DEA y el análisis de la eficiencia a la industria de distribución de energía (empresas). En la revisión de la literatura, los autores identificaron que la mayor parte del análisis de la DEA se centró en las empresas de distribución de un solo país; sin embargo, pocos estudios analizan las empresas de varios países (véase, por ejemplo, Jamasb y Pollitt, 2003). Además, algunos documentos se concentraron en las empresas de distribución desagregadas y otros en las empresas integradas verticalmente (incluyendo la generación de energía con las empresas distribuidoras de energía). Esta es una advertencia en algunos estudios, ya que puede plantear desafíos a la hora de estudiar la eficiencia, puesto que los productos de las empresas de generación y de distribución son diferentes.



la percepción de la calidad del servicio es importante y puede, de hecho, conducir a diferentes niveles de eficiencia.

Existe un debate en curso en torno sobre si las grandes empresas son más eficientes que las pequeñas en cuanto a insumos (Mousavi-Avval et al., 2011; von Hirschhausen et al., 2006). La respuesta general apunta hacia cuán fácilmente puede la empresa ampliar su producción, dada su capacidad. Bajo este supuesto, las empresas más grandes que invierten bien sus beneficios pueden ser más eficientes que las empresas más pequeñas. Aun así, si las empresas pequeñas invierten en ampliar su producción y si las empresas grandes no renuevan su capital social, entonces serán menos eficientes que las pequeñas (Arcos-Vargas et al., 2017). Como monopolio natural regulado, el tamaño de las empresas distribuidoras de energía tiene otra perspectiva, especialmente en una región donde la mayoría de la población tiene acceso a la electricidad (97% en ALC). El tamaño de las empresas de distribución está actualmente relacionado con decisiones institucionales (como las decisiones de concesión) y las especificidades geográficas y demográficas. Sin embargo, en el futuro, con más energía distribuidora y de baterías, las empresas podrán/ o se verán forzadas a contemplar otro modelo de negocio y, posiblemente, a planificar decisiones estratégicas con más autonomía en cuanto al tamaño, ya que el tamaño de la empresa puede llegar a desempeñar un papel clave según lo bien que estén posicionadas entre otras empresas.

3

Metodología: enfoques en dos etapas para el análisis de la eficiencia de las empresas distribuidoras de energía

3. Metodología: enfoques en dos etapas para el análisis de la eficiencia de las empresas distribuidoras de energía

Esta investigación emplea los modelos de análisis envolvente de datos (DEA) que sólo incorporan variables cuyos valores pueden ser modificados en un período razonable por las unidades de tomas de decisión (Çelen, 2013). El modelo DEA es un modelo de programación lineal fraccional que evalúa la eficiencia comparativa en las unidades de toma de decisión (DMUs) en un escenario con múltiples insumos y productos posibles. El modelo DEA (CCR) fue desarrollado por Charnes et al (1984) como una generalización del cuadro de Farrel (1957) sobre la medición de la eficiencia productiva que asume constantes de rendimientos de escala. Enseguida, un estudio propuesto por Banker et al. (1984) analizó un nuevo escenario en el que asumieron rendimientos variables de escala (DEA VRS). El análisis del DEA, como lo mencionaron Fall et al. (2018), no necesita parámetros previamente estimados.⁵

Al igual que Çelen (2013), el presente estudio parte del problema de programación lineal que corresponde a la especificación básica del DEA orientada a los insumos de Charnes et al. (1978), bajo la suposición de CRS (conocido como el modelo CCR) para ampliar el modelo hasta incorporar del caso de VRS (conocido como el modelo BCC).⁶

En cuanto a los cambios de productividad; Pérez-Reyes y Tovar (2009) confían en otras medidas como la productividad y mencionan que la productividad y la eficiencia son, de hecho, conceptos diferentes pero relacionados. La productividad es la relación entre los productos obtenidos y los factores utilizados en su producción. Mientras que la eficiencia técnica es la capacidad de conseguir la cantidad máxima de producción de ciertos insumos (orientación a la producción). La eficiencia técnica también puede ser considerada como la capacidad para obtener un nivel determinado de producción usando el número mínimo de insumos (orientación de insumos). Además, con la eficiencia técnica, se puede también medir la existencia de economías de escala, cuando una empresa alcanza una productividad máxima con su la tecnología de la que dispone. Con estas definiciones previas, se deduce que la eficiencia técnica es tan sólo uno de los factores que determinan la productividad (Pérez-Reyes y Tovar, 2009).

En general, la productividad es eficiencia en la producción, es decir: cuánta producción se consigue a partir de un conjunto determinado de insumos (y esto se expresa típicamente como una relación producto-insumo (Syverson, 2011)). Por lo que la medición de la productividad debe lograrse utilizando de la productividad total de los factores (PTF), siendo la PTF una generalización de la medición de la productividad de un solo factor y el crecimiento de la PTF una referencia al cambio en la productividad durante un período (Pérez-Reyes y Tovar, 2009). Es importante mencionar que hay varios enfoques para medir la productividad.⁷ Este estudio utiliza un enfoque de frontera no paramétrico como el índice Malmquist. En los Anexos, subsección 7.2, se presenta la presentación de la metodología del índice Malmquist (MI).

De acuerdo con la propuesta de descomposición de Färe et al. (1994), se requieren cuatro funciones de distancia definidas bajo rendimientos constantes de escala (CRS) y dos bajo rendimientos variables de escala son requeridas para calcular MI (VRS) (Pérez-Reyes y Tovar, 2009).

⁵ En oposición al Análisis de la Frontera Estocástica (SFA en sus siglas en inglés) el cual requiere la especificación de la forma funcional y las suposiciones en cuanto a la distribución del término de error.

⁶ CRS se refiere a los Rendimientos Constantes de Escala y VRS se refiere Rendimientos Variables a Escala.

⁷ Van Biesebroeck (2007) y Van Beveren (2012) proveen una excelente revisión de varios métodos no-paramétricos (específicamente, números de índice y DEA).



El estudio actual emplea el modelo DEA no paramétrico orientado a insumos con rendimientos constantes de escala (CRS) y rendimientos variables de escala (VRS), con el objetivo de las DMUs de minimizar los insumos dados a un nivel determinado de producción. Para este fin, usamos un enfoque orientado a los insumos ya que las empresas de distribución de electricidad tienden generalmente a tener más control sobre la minimización de los costos (insumos), más que sobre la maximización de las utilidades (productos), lo cual depende normalmente de la demanda del mercado. Para realizar el análisis de la eficiencia con el modelo DEA, este documento resuelve el programa lineal siguiente:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta \\ & s. t. : \theta x_j - X\lambda \geq 0 \\ & Y\lambda \geq y_j \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

donde λ es un vector semi-positivo en R^k y θ es una variable real que representa la puntuación de eficiencia de una empresa dada y tiene valores de 0 a 1, x_j es un vector de los insumos de la empresa, y_j es un vector que contiene los productos. El problema de la minimización está sujeto a la restricción de que ninguna DMU puede funcionar más allá de la curva de posibilidad de producción y los pesos no pueden ser negativos. Además, el DEA utiliza la puntuación de eficiencia técnica VRS para la eficiencia X y la eficiencia de escala para la división de la puntuación de eficiencia del rendimiento constante de escala (CRS) por la puntuación de eficiencia VRS ($SE=CRS/VRS$).⁸

La selección de variables de insumo y producción es crucial en las aplicaciones del DEA destinadas a medir la eficiencia de las DMUs (Çelen, 2013). Este trabajo se basa en los modelos empíricos desarrollados por Çelen (2013) y Pérez-Reyes y Tovar (2009). En el modelo 1, se consideran dos productos: la Electricidad Total Facturada (TBE) en MWh, y el número de clientes (NC), respectivamente y_1 y y_2 . En cuanto a los insumos, se usan el número de empleados, x_1 y los activos totales, x_2 (en logaritmos). Vistas las características actuales de las empresas de distribución como monopolios regulados, ambas variables son exógenas⁹.

Además, el estudio actual utiliza indicadores financieros como productos (modelo 2) para demostrar como la eficiencia en la prestación de servicios puede compensarse con la eficiencia financiera. Se plantea la hipótesis de que las empresas con mayor eficiencia en la prestación de servicios son también las más eficientes desde el punto de vista financiero¹⁰. En este sentido, se consideran dos productos diferentes: las ventas totales (ventas), y la utilidad neta (NP) (también en logaritmos y con insumos similares, como se ha mencionado anteriormente).¹¹

Aquí analizamos las características de varias empresas y su relación con la eficiencia. Más específicamente, se centra la atención al índice de satisfacción del consumidor en la medida en que se cree que una mayor satisfacción del consumidor puede llevar a una posición competitiva más fuerte, que se traduce en una mayor cuota de mercado, producción de rentabilidad (Fornell, 1992) y eficiencia (Bayraktar et al., 2012). También tomamos en cuenta en el presente análisis si la empresa tiene (o no) una auditoría interna, un consejo de administración u otros consejos.

⁸ Para obtener el resultado se usa el comando en Stata desarrollado por Ji y Lee (2010).

⁹ La medición de la eficiencia en las empresas distribuidoras de energía no tiene un consenso claro en la literatura relacionada con qué combinación de variables de insumos y productos describe mejor el desempeño de estas empresas (Arcos-Vargas et al., 2017). Sin embargo, el análisis utiliza una especificación de modelo orientado a los insumos que es menos controvertida una vez que estas empresas han sido responsables de servir a todos los clientes, haciendo los productos exógenas (Çelen, 2013).

¹⁰ Un trabajo similar fue desarrollado por Zheng, Lam, Hsu, y Ren (2018).

¹¹ Las ventas totales son una variable exógena porque depende de una variedad de factores externos; es más, la utilidad neta en varios modelos se trata como a una variable exógena. Sin embargo, la utilidad neta sería una variable endógena porque podría verse afectada por otras variables del modelo y también la empresa podría decidir el nivel de utilidad neta. Banker y Morey (1986) argumentan que, a diferencia de la mayoría de los enfoques econométricos tradicionales, el DEA no requiere de ninguna restricción en la tecnología de producción subyacente, o una especificación exógena de la formaparamétrica de las correspondencias de producción.

Stiglitz (1999) argumenta que el establecimiento y la aplicación de los principios de un buen gobierno corporativo mejoran significativamente el desarrollo de las empresas individuales y de las economías en su conjunto – al menos debido al aumento de la eficiencia de la utilización de los recursos. Asimismo, Zelenyuk y Zheka (2006) encuentran un apoyo empírico para sugerir una relación positiva entre los niveles de calidad del gobierno corporativo entre las empresas y los niveles de eficiencia relativa entre ellas. El tamaño de la empresa es analizado con base en la suposición de que mientras más grande es la empresa, más control tiene sobre el capital y el trabajo, por lo tanto, mejora la eficiencia general en el manejo de la energía (Moon y Min, 2017). En la sección final del documento, analizamos los cambios de eficiencia según la propiedad. Algunos autores han encontrado una asociación negativa entre el estado y la eficiencia de la empresa (véase, por ejemplo, Zelenyuk y Zheka, 2006; Cullmann y von Hirschhausen, 2008).

Como varios autores que analizaron los factores de eficiencia (véase, por ejemplo, Pérez-Reyes y Tovar, 2009; Çelen, 2013; Lee et al., 2021), conseguimos las puntuaciones de eficiencia generadas por el DEA en un primer paso. Luego, usamos la puntuación como una variable dependiente en un modelo paramétrico de regresión Tobit. Después, usamos un enfoque restringido, ya que la puntuación de eficiencia se trunca de cero a uno. En este sentido estimamos el siguiente modelo de regresión restringido:

$$y_{i,t} = \{x'_{i,t}\beta + \varepsilon_{i,t},$$

$$\text{cuando } 0 < y_{i,t} < 1, \quad \text{por otros valores de } y_{i,t} \quad \}$$

donde $x_{i,t}$ es un conjunto de covariables que podría afectar la eficiencia de la empresa. En este caso, incluye cuatro covariables: el índice de satisfacción del consumidor, el tamaño de la empresa, un dummy para llevar un consejo y un dummy para la propiedad. Este modelo también incluye efectos fijos por año y por país para controlar posibles perturbaciones macroeconómicas. En una segunda etapa, las dimensiones de eficiencia se utilizan de forma endógena para analizar qué variables explican estas mediciones (Pérez-Reyes y Tovar, 2009).

En general, este documento utiliza el análisis DEA para estudiar la evolución de la eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad en 9 países de ALC. También se presentan en la sección 4 las diferencias promedio de eficiencia entre cuatro características de la empresa. En esta línea, en la sección de Anexos se muestra una prueba de robustez de los resultados con el método Tobit. Además, se presenta un análisis de eficiencia utilizando las medidas de servicios finales (modelo 1) y las medidas financieras (modelo 2) en tanto que productos para probar la robustez de los resultados. Finalmente, en los Anexos, se prueban los resultados usando una muestra restringida de empresas que disponían de información durante todo el período de análisis, mientras que otras que no la poseían fueron eliminadas.



4

Datos de las
empresas
distribuidoras
de electricidad

4. Datos de las empresas distribuidoras de electricidad

La fuente de datos utilizada en el análisis se obtuvo a partir de la base de datos Electroring (Weiss et al., 2022), que puede considerarse un nuevo esfuerzo implementado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con el fin de aumentar y fortalecer la distribución del conocimiento entre las empresas de ALC. El BID recolectó datos públicamente disponibles¹² de las páginas web de los organismos reguladores de energía y de servicios públicos. Los datos incluyen más de 60 indicadores financieros y no financieros de una muestra de empresas distribuidoras de electricidad de 19 países de ALC. La base de datos está integrada por datos anuales de 316 empresas repartidas entre: Argentina (51), Belice (1), Bolivia (6), Brasil (153), Chile (15), Colombia (21), Costa Rica (8), Ecuador (25), El Salvador (9), Guatemala (1), Guyana (1), Jamaica (1), México (1), Panamá (3), Paraguay (1), Perú (13), República Dominicana (4), Trinidad y Tobago (1) y Uruguay (1), que abarcan los años del 2000 a 2020. La definición de las variables usadas para el análisis se describe en la Tabla 3 en la sección de Anexos.

La información financiera recopilada consiste en una amplia gama de componentes de las cuentas de resultados y balances de las empresas. La primera incluye la utilidad neta, la utilidad bruta, los resultados financieros, UAI¹³, EBITDA¹⁴, ventas, costo total, gastos totales, impuestos sobre la renta, costo de compra de energía, OPEX¹⁵, costos de depreciación y amortización, y el costo de los empleados, entre otros. Este último contiene activos totales, activos corrientes, centrales eléctricas y equipos propios, activos no corrientes, efectivo y equivalentes, activos netos, pasivos totales, pasivos corrientes, pasivos no corrientes y así sucesivamente.

Adicionalmente, el Electroring presenta indicadores no financieros relacionados al mercado, tales como: pérdidas de energía, calidad del servicio técnico, gobernanza y capital, empleados, diversidad, lugar de trabajo y calidad del servicio al cliente. El indicador de mercado incluye los clientes, la electricidad total facturada y la longitud de la red de distribución. La calidad del servicio técnico se mide con el Índice de Duración de Interrupción Media del sistema (SAIDI) y el Índice de Frecuencia de Interrupción Media del Sistema (SAIFI). Los indicadores de gobernanza y de capital contienen variables que captan si la empresa tiene un consejo de administración, una auditoría independiente, una auditoría interna, la participación del accionista principal y el número de acciones. Los indicadores de empleados, diversidad y lugar de trabajo incluyen variables relacionadas con el número de empleados, la participación laboral femenina y la frecuencia de accidentes. Por último, la calidad del servicio al cliente incorpora el número de quejas y el índice de satisfacción del cliente.

La muestra extraída de la base de datos para fines de investigación incluyó empresas con suficientes datos financieros o no financieros, lo que nos permitió elaborar las variables de acuerdo con la documentación sobre la eficiencia. Por lo tanto, el estudio usa un panel de datos desequilibrado de 80 empresas distribuidoras de electricidad entre un período que va del 2014 al 2020.¹⁶

Como se mencionó anteriormente, la muestra contiene información de empresas con sede en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, El Salvador, Jamaica, Perú y Uruguay. La tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas de insumos y productos utilizados en los diferentes modelos.

¹² La base de datos Electroring puede consultarse en el sitio Hub de Energía del BID. <https://hubenergia.org/en>

¹³ UAI (Utilidad antes de intereses e impuestos)

¹⁴ EBITDA (Utilidad antes de intereses, amortizaciones e impuestos)

¹⁵ OPEX (Gastos operativos)

¹⁶ Usamos sólo 80 empresas distribuidoras de electricidad en el período de 2014 al 2020 porque ese en este periodo donde un mayor número de empresas han reportado la información correspondiente a los insumos y productos utilizados en esta investigación. Asimismo, las empresas que no han reportado uno o varios insumos han sido descartados del análisis ya que el DEA no permite valores faltantes en su programación.

Además, presenta las características de mercado de varias empresas. Específicamente, muestra que el valor medio del índice de satisfacción del consumidor en este mercado es de 0.672, lo que sugiere que los consumidores están relativamente satisfechos con el suministro de los servicios de dichas empresas. El cuadro 1 muestra también que el 26.1% de las empresas tienen auditoría interna, el 59.5% una auditoría independiente y el 63.7% cuenta con un consejo de administración. Estas descripciones son importantes, dado que la literatura trabaja bajo el supuesto de que una cultura de gobierno corporativo funciona para hacer que las empresas sean más eficientes.

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas

Variable	Observaciones	Unidad	Promedio	Des. Estándar	Min	Max
Electricidad facturada total*	527	MWh	5870	7670	13.2	37900
Número de clientes*	527	Personas	1.359	1.791	0.003	8.724
Ventas totales*	527	USD	504	631	1.019	3140
Utilidad neta*	527	USD	17.30	67.40	-220	495
Activos totales*	527	USD	920	1300	0.753	8910
Número de empleados*	527	Personas	37.30	57.5	0	346
Índice de satisfacción del consumidor	245	Índice	0.672	0.217	0.329	1
Auditoría interna	422	Dummy	0.261	0.439	0	1
Consejo de administración	422	Dummy	0.637	0.481	0	1
Auditoría independiente	422	Dummy	0.595	0.491	0	1

Notas: * medido en millones.

Fuente: Autores

Debido a la alta volatilidad de las variables usadas como insumos y productos, así como a los cambios de escala entre ciertas variables, se decidió usar las variables en logaritmos al calcular el DEA y el MI. En este sentido, el cuadro 2 muestra las correlaciones entre las variables usadas en el análisis empírico. Enseña que todas las variables son satisfactoriamente significativas a altura del 5% y son relacionadas en gran medida. En tal sentido, se muestra que la Electricidad Facturada Total está asociada con el número de clientes y de ventas totales al 98 %, la utilidad neta al 84% y los activos totales al 90% y con el número de empleados al 94%.

Cuadro 2. Matriz de correlaciones.

Variable	Electricidad Facturada Total	Número de clientes	Ventas totales	Beneficio neto	Activos totales	Número de empleados
Electricidad facturada total	1.00					
Número de clientes	0.98*	1.00				
Ventas totales	0.98*	0.98*	1.00			
Utilidad neta	0.84*	0.84*	0.87*	1.00		
Activos totales	0.90*	0.90*	0.89*	0.77*	1.00	
Número de empleados	0.94*	0.91*	0.93*	0.79*	0.84*	1.00

Notas: Todas las variables se miden en logaritmos. * Significancia al nivel de confianza del 95%

Fuente: Autores

En resumen, concluimos que las variables seleccionadas como insumos están altamente correlacionadas con los productos lo que confiere validez a nuestra estrategia empírica. La alta correlación encontrada también confirma la asociación entre los insumos y los productos seleccionados, y es estadísticamente significativa (al 5%), lo cual nos indica que, en un modelo orientado a los insumos, los productos pueden verse afectadas por los insumos seleccionados.



5

Resultados

5. Resultados

Esta sección presenta los resultados principales, concretamente, de la estimación de las medidas de eficiencia técnica.

Como se mencionó en las secciones anteriores, se utilizó un modelo DEA orientado a insumos para medir la eficiencia de las empresas de distribución de electricidad desde 2014 hasta 2020 en diferentes países de ALC. En la sección de resultados, también mostramos la evolución de las puntuaciones de la eficiencia técnica de los rendimientos constantes de escala (CRS) y los rendimientos variables de escala (VRS). Además, se analizan características de varias empresas que podrían estar relacionadas con la eficiencia, tales como la calidad del servicio, el mecanismo de gobernanza, el tamaño de la empresa y la propiedad. Los resultados sugieren que, en la media, las empresas muestran rendimientos crecientes de escala durante el período de análisis. Sin embargo, no existe una mejora significativa en la eficiencia en comparación con año tras año durante el período de análisis en las empresas de distribución de energía en ALC. Por último, las empresas con mejores prácticas de gobierno corporativo tienden a ser más eficientes que sus homólogas.

La evolución de la eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad en ALC

La Figura 1 presenta puntuaciones de la eficiencia técnica de los rendimientos constantes de escala (CRS) promedios por año utilizando el Modelo 1 que usa la Electricidad Facturada Total (TBE) en MWh y el número de clientes (NC). Además, los resultados del modelo 2 se presentan las ventas totales (ventas) y la utilidad neta (NP) en logaritmos como productos en la figura 2.¹⁷

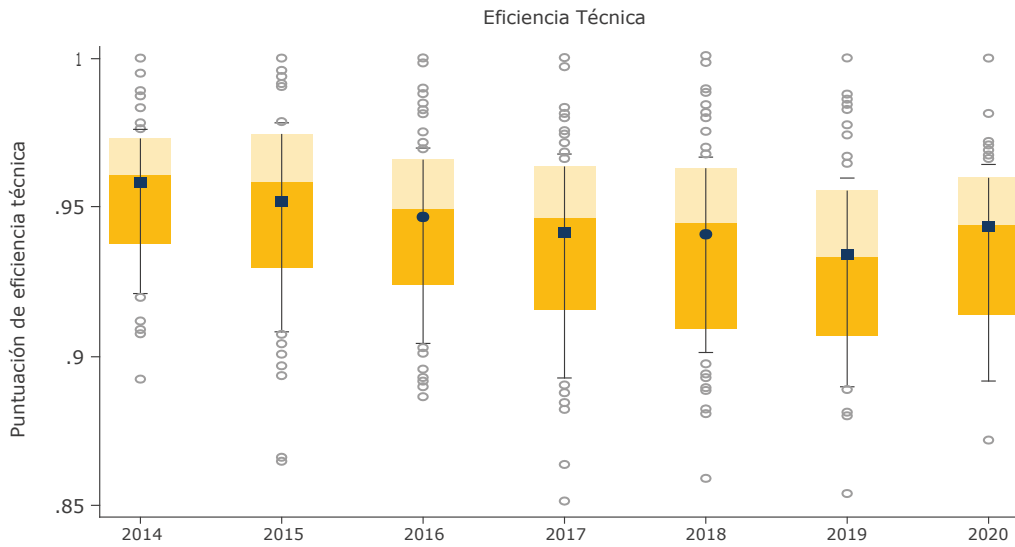
Los principales resultados de eficiencia por año se muestran en la figura 1. Según las puntuaciones de CRS, se observa que, en la media, la eficiencia de estas empresas es alta y superior a 0.93; sin embargo, **los niveles de eficiencia han disminuido de 2014 a 2019, con una pequeña recuperación en 2020**. Esto puede ser una tendencia atípica debido al impacto de la pandemia COVID; empero, necesita ser explorado más a fondo. Çelen (2013) menciona que basarse en el supuesto de las tasas de rendimiento constante implica que las empresas distribuidoras de electricidad están operando a su escala óptima.

Asimismo, teniendo en cuenta esta hipótesis, así como la eficiencia técnica de las empresas con rendimientos variables de escala (VRS), los resultados se presentan en el anexo, sección 7.1, figura 7. Se muestra que la media de puntuación de las empresas con rendimientos variables de escala por año es más elevada a la puntuación de eficiencia técnica (CRS) y superior a 0.95.

¹⁷ En los anexos 7.1, en la Figura 7, se presentan las puntuaciones medias de la eficacia técnica con rendimientos constantes de escala (VRS) por año.



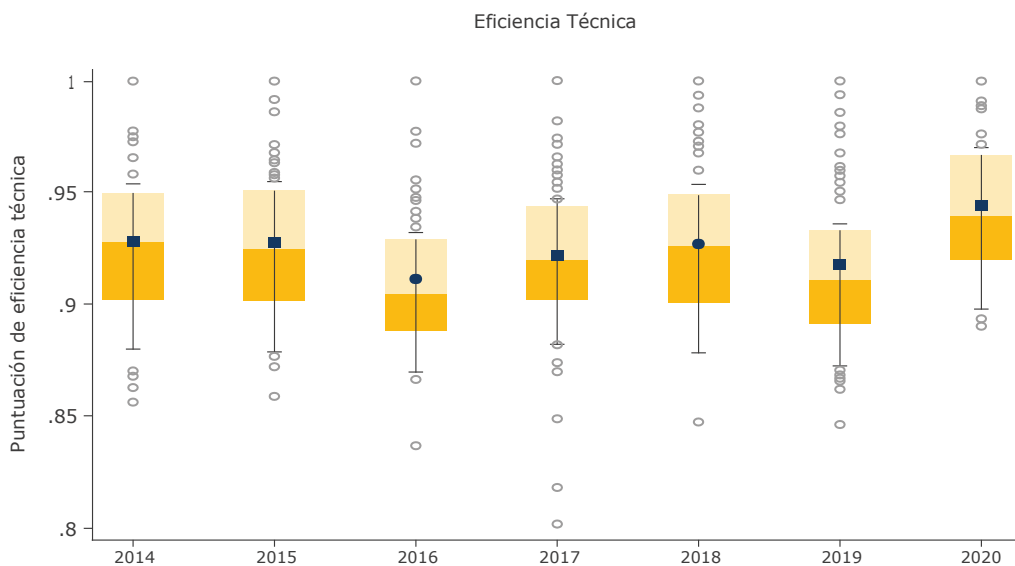
Figura 1. La eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad por año: producción de servicios finales (modelo 1).



Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representa la media, mientras que la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son los valores atípicos de la distribución considerados por las empresas. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

La figura 2 presenta los resultados usando las medidas financieras en calidad de productos (modelo 2): Ventas totales (ventas) y utilidad neta (NP) en logaritmos, para mostrar como la eficiencia de la prestación de servicio puede compensarse con la eficiencia financiera. El modelo 2 muestra las puntuaciones medias de eficiencia técnica de los rendimientos constantes de escala (CRS) por año. Además, en la figura 7 de la sección 7.1 de los Anexos se presentan las puntuaciones medias de eficiencia técnica de los rendimientos variables de escala (VRS) por año utilizando el modelo 2. Señalando a la atención el Modelo 2 que valida los resultados del Modelo 1, **donde no se encontró ninguna mejora significativa en la eficiencia durante los cursos de análisis.**

Figura 2. Eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad: medidas financieras como productos (modelo 2).



Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representan la media, mientras que la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son los valores atípicos considerados por las empresas de distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

Los resultados de la evolución de la eficiencia de las empresas de distribución mostraron que:

- 1) En promedio, **las empresas exhiben rendimientos crecientes de escala durante el período de análisis.** Este hallazgo implica que las empresas estaban aumentando sus operaciones para convertirse eficientes a escala. Los resultados de la evolución de la eficiencia de las empresas de distribución mostraron que: éste es un resultado esperado en un monopolio y es comparable a lo encontrado por Çelen (2013) y Pérez-Reyes y Tovar (2009). Esto significa que es posible distribuir la misma cantidad de electricidad al mismo número de clientes con aproximadamente el 3-4% menos de insumos si es que aumentan los resultados de eficiencia técnica a escala de las empresas.¹⁸
- 2) **Las empresas con la mayor eficiencia en la prestación de servicios eran también las más eficientes en el plano financiero.** Teniendo en cuenta que las puntuaciones de eficiencia en el Modelo 1 son como el Modelo 2, se encuentra que, en la media, la eficiencia de CRS de estas empresas es alta y superior a 0,92; además, demuestra una vez más que la puntuación del VRS por año es más elevada a la puntuación de eficiencia técnica y superior a 0,95, como se muestra en los Anexos, sección 7.1, figura 7. En otras palabras, los resultados son sólidos mediante el uso de indicadores financieros o de prestación de servicio, lo que demuestra que la eficiencia en la producción está relacionada con la eficiencia financiera, la cual puede reasignarse a costos más bajos. En este contexto, los resultados indican que, independientemente de los iniciadores que se usen como productos, en promedio, el uso eficiente de los insumos conducirá a un aumento de la producción y a mejores indicadores de desempeño.
- 3) **En general, esta investigación encuentra que no hay cambios significativos (importantes) de eficiencia en un análisis llevado anualmente durante el período investigado sobre la distribución de energía de las empresas de ALC.**¹⁹ Aunque se recomiende una investigación más extensa, los resultados sugieren un período de cierta estabilidad en los niveles de eficiencia del sector. En consecuencia, se podría argumentar que ninguna mejora sustancial de la eficiencia de las empresas distribuidoras de energía en la región es factible sin una mejora en la regulación y el gobierno corporativo. Estas dos variables son importantes ya que los países desarrollados han mostrado efectos significativos en los cambios en la eficiencia en las empresas del sector (véase, por ejemplo, Borghi et al., 2016), los cuales puede estar potencialmente relacionados con un mayor recurso a la innovación (una brecha en ALC) (Gavin et al., 2020).

1.1. La eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad de ALC por tamaño de las empresas

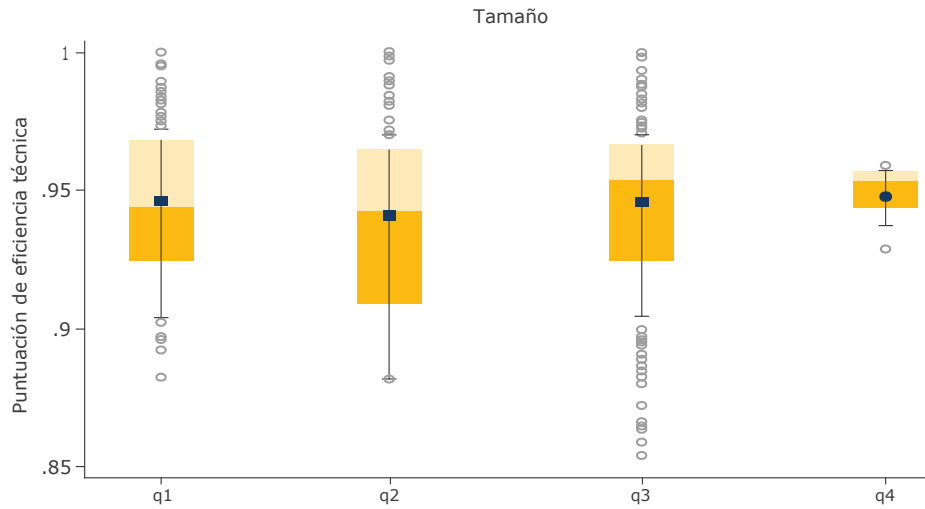
En la sección siguiente se discute la relación entre el tamaño de las empresas y la eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad en ALC. En la Figura 3 se analizan las diferencias de eficiencia por tamaño de las empresas. Los tamaños de las empresas se dividen por cuartiles (q1 - q4) de ventas y los resultados sugieren que la eficiencia es 2 puntos porcentuales mayor entre el cuartil más alto (q4) y el cuartil más bajo (q1) cuando se utiliza el modelo 1. No obstante, cuando se utiliza el modelo 2 (Figura 12 en los Anexos), se muestra de nuevo que las empresas del cuartil más alto tienen una eficiencia del VRS superior a las empresas del cuartil más bajo, aunque el resultado de la utilización de la eficiencia del CRS no sea estadísticamente significativo (véase la Figura 8 de los Anexos, Punto 7.1). En general, el indicio podría indicar un desafío para las pequeñas y medianas empresas por controlar la eficiencia general debido a la falta de inversión financiera de terceros en comparación con las empresas más grandes (Mousavi-Avval et al., 2011). Pero recomendamos se realicen otros estudios que usen información financiera más detallada.

¹⁸ En resumen, este estudio sólo reporta puntuaciones de eficiencia media. Los resultados anuales de cada empresa están disponibles a petición de los autores.

¹⁹ En los anexos, en la subsección 7.3 son presentados los resultados por medio del índice Malmquist. La evidencia es muy similar y su conclusión es sólida



Figura 3. Eficiencia media de las empresas de distribución de electricidad por tamaño de empresa.

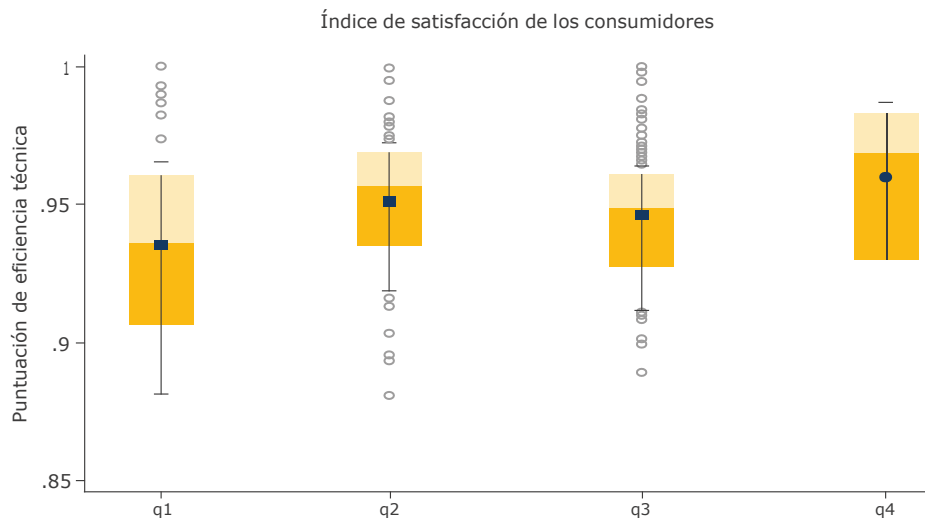


Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representan la media, mientras que la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son los valores atípicos considerados por las empresas de distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra..

1.2. La relación entre la eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad y la satisfacción del consumidor en ALC

La presente sección analiza las diferencias en eficiencia usando un índice de satisfacción del consumidor. La figura 4 indica las diferencias en la eficiencia del CRS en el modelo 1. El índice de satisfacción del consumidor se divide por cuartiles (q1 - q4) y los resultados apuntan a **una relación positiva entre el índice de satisfacción del consumidor y la eficiencia.**²⁰

Figura 4. Eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad por índice de satisfacción del consumidor.



Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representan la media, mientras que la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son los valores atípicos considerados por las empresas de distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

²⁰ En los Anexos sección 7.1, la Figura 9 muestra la eficiencia VRS del modelo 1.

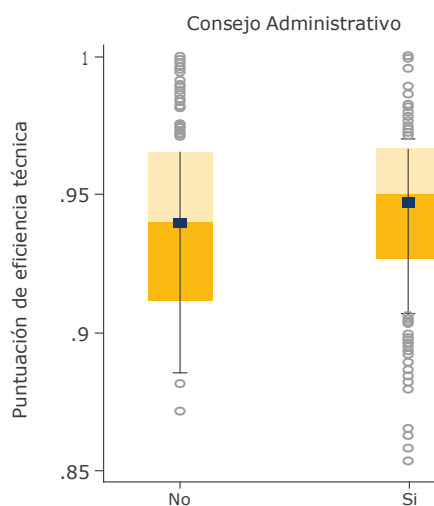
De acuerdo con el gráfico, hay 3 puntos porcentuales de mayor eficiencia entre el cuartil más alto (q4) con el cuartil más bajo (q1)²¹, lo que sugiere que las empresas con un índice de satisfacción del consumidor más alto operan con niveles de eficiencia más altos. En los monopolios regulados, generalmente la pregunta se refiere a cuánto deben las empresas aumentar la calidad del servicio sin impactar los costos y la eficiencia económica de las empresas. El resultado indica que no hay compromiso entre la eficiencia (técnica y financiera) y la calidad percibida por los consumidores en las empresas de distribución de ALC. Las empresas con mejores evaluaciones de los consumidores tienden a ser más eficientes económicamente.²²

1.3. La relación entre gobernanza y eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad en ALC

La siguiente parte estudia las diferencias en eficiencia entre las empresas de distribución de energía en ALC con enfoque en el gobierno corporativo. Lin et al. (2009) argumentaron que los consejos de administración de las empresas juegan un papel crucial al limitar el poder de control de los accionistas y así proteger los intereses de los accionistas minoritarios. Como resultado, la independencia del consejo está relacionada positivamente con la eficiencia de la empresa. Por lo tanto, se recomienda un conjunto estricto de normas para garantizar que los directores se comprometan con las buenas prácticas de gobierno corporativo. Así, las empresas con consejos más independientes tienden a ser más eficientes (Su y He, 2012). A continuación, analizamos cómo el gobierno corporativo se relaciona con la eficiencia y, más precisamente, la relación entre las empresas y el consejo de administración o la junta directiva.

El consejo de administración o la junta directiva es el más alto cuerpo administrativo responsable de la organización, el control y la evaluación de las actividades de las empresas. Sus atribuciones incluyen a menudo el establecimiento o la aprobación de políticas, planes maestros, programadores de trabajo anuales y/o plurianuales, etc. La figura 5 compara la eficiencia media de la distribución de electricidad entre las empresas que tienen consejos de administración y las que no tienen.

Figura 5. Eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad por el consejo de administración.



Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representan la media, mientras que la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son los valores atípicos considerados por las empresas de distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

²¹ Estos resultados son robustos cuando se usa el modelo 2, para los detalles véase la Figura 13 en los Anexos.

²² Es importante mencionar que la mayoría de las observaciones de este análisis son de empresas brasileñas. Además, nos referimos a la eficiencia económica como la eficiencia técnica y financiera. Los resultados se presentan en la sección de Anexos.

La figura 5 analiza el tema desde la perspectiva del modelo 1, en el que el producto es los servicios finales.²³ También presenta la diferencia en la media de distribución de electricidad en relación con la eficiencia de las empresas, entre corporaciones que cuentan con un mecanismo de gobernanza (sí) y aquellas sin (no). Las empresas dotadas de un consejo de administración han demostrado tener una media de eficiencia mayor.²⁴

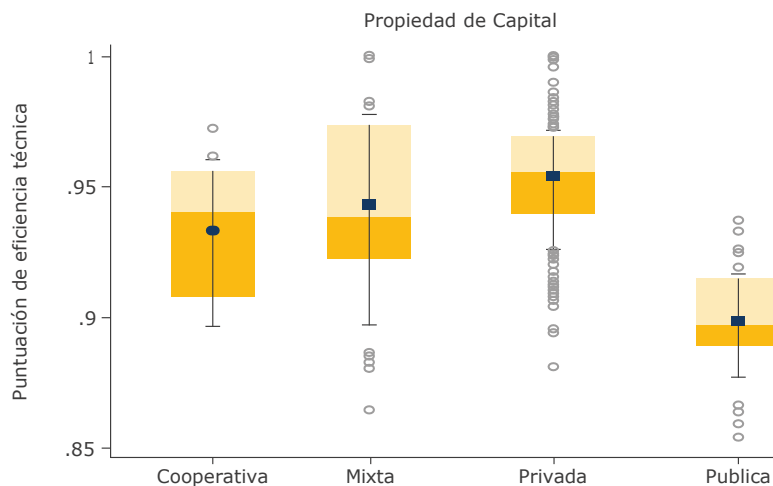
En general, el análisis de la relación entre gobernanza y eficiencia está en conformidad con la documentación; **existe una relación positiva entre el gobierno corporativo y los niveles de eficiencia entre las empresas.**

1.4. La relación entre la gobernanza y la forma propiedad de las empresas distribuidoras de electricidad en ALC

La siguiente sección analiza las diferencias en eficiencia entre las empresas de acuerdo con su forma de propiedad. Para este trabajo, clasificamos el tipo de propiedad en cuatro categorías (dummies): pública, privada, mixta y en cooperativa. Las dos últimas categorías tienen participación privada. La evidencia empírica indica que las empresas públicas resultan menos eficientes que las empresas con capital privado (véase, por ejemplo, Zelenyuk y Zheka, 2006; Cullmann & von Hirschhausen, 2008).

La Figura 6 presenta las diferencias en la eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad por tipo de propiedad (usando el modelo 1). Los resultados están en concordancia con la evidencia empírica, en la que la eficiencia de las empresas privadas se clasifica en primer lugar, seguidas por las mixtas, las cooperativas y las empresas públicas.²⁵

Figura 6. Eficiencia de las empresas de distribución de electricidad por tipo de propiedad.



Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representan la media, mientras que la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son los valores atípicos considerados por las empresas de distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

²³ Asimismo, la Figura 10, sección 7.1 de los Anexos, se presentan los resultados de la utilización del enfoque VRS. Además, los resultados del modelo 2, que mide la producción financiera (véase Figura 14).

²⁴ La relación entre el gobierno corporativo y la eficiencia es positiva en ambas en lo que respecta a la eficiencia técnica y a la eficiencia de los rendimientos variables de escala. Los resultados también son robustos cuando se utiliza el modelo 2, para más detalles en el modelo 2, véanse los Anexos. Al probar otras variables de gobernanza, como la auditoría, los resultados sugieren que cuantos más mecanismos de gobierno corporativo tenga la empresa, mayor será su nivel de eficiencia cuando se utilice el modelo 1. Sin embargo, cuando se utiliza el modelo 2 (figura 14 en los Anexos), no se encuentra ninguna diferencia estadística entre las tres categorías. Esta diferencia debería explorarse más a fondo, pero puede ser el resultado de la base de datos de las empresas restringidas con respecto a los tres mecanismos diferentes.

²⁵ Además, en la Figura 11, sección 7.1 de los Anexos presenta la eficiencia media del VRS en la distribución de electricidad por tipo de propiedad. Y los resultados del modelo 2, Figura 15 también se muestran en los Anexos.

La participación privada en la propiedad tiende a significar unos niveles más altos en cuanto a la eficiencia al considerar la electricidad facturada total, el número de clientes, las ventas totales y la utilidad neto. Aunque se recomienda una investigación más a fondo. Conjeturas a partir de los resultados del gobierno corporativo en las figuras anteriores: las empresas con mejores prácticas de gobierno corporativo tienden a ser más eficientes. Las razones pueden ser las siguientes: (a) las empresas privadas tienden a tener mayores niveles de control y de gobierno corporativo, lo que les permite ser más eficientes; (b) las empresas privadas están más preocupadas por lograr la rentabilidad, por lo que se prioriza la supervisión de los objetivos de producción, la maximización de la utilidad y la minimización de los costos; (c) lo anterior conduce a preocuparse por la calidad del servicio, para más discusión sobre la relación de propiedad y la calidad de los servicios en ALC (véase, Bonzi et al., 2021).

1.5. Verificación de robustez

Para demostrar la solidez de estos hallazgos, presentamos los resultados en los Anexos, subsección 7.4 utilizando una muestra restringida de empresas encontradas en los años de análisis. En general, identificamos resultados similares al recurrir a una muestra restringida y sin restricciones que, generalmente, valida la especificación utilizada en los resultados básicos y muestra que el puntaje de eficiencia obtenido es robusto a los cambios en el número de observaciones y de empresas.

En la subsección 7.5 de los Anexos, el documento delinea los resultados obtenidos por medio de un enfoque econométrico para captar la relación entre las diferentes características observables de las empresas distribuidoras de energía en ALC y el nivel de eficiencia. Los resultados obtenidos reforzaron la suposición de que existen importantes características de empresa que impulsan la eficiencia. De no considerar estas variables contextuales, se podría llegar a conclusiones erróneas.

6

Conclusión

6. Conclusión

Las empresas de distribución son claves en el suministro de servicios de electricidad y desempeñan un papel importante para garantizar la calidad de los servicios, la asequibilidad, la innovación y, en algunos casos, el acceso universal. Los cambios tecnológicos asociados a la transición energética requieren una modernización de las empresas de distribución, de su regulación, y de sus modelos de negocio. Este estudio ofrece una visión general de la eficiencia de las empresas de distribución en ALC, enfocándose en cuatro aspectos: el tamaño, la percepción del consumidor, la gobernanza y la propiedad. Con este objetivo, se analizan 80 empresas distribuidoras de electricidad desde 2014 a 2020. El conjunto de datos analizados contiene información sobre empresas de Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, El Salvador, Jamaica, Perú, y Uruguay.

Uno de los principales resultados es **la falta de mejoría en la eficiencia entre las empresas de distribución año tras año durante el período analizado**. Esto requiere ser explorado más a fondo; sin embargo, se debe levantar una bandera roja acerca de la necesidad de incentivar a las empresas de distribución hacia mejorar sus desempeños, especialmente en estos tiempos de innovación, digitalización y descentralización.

Como era de esperarse, el análisis muestra evidencia de que las empresas distribuidoras **muestran rendimientos crecientes a escala durante el mismo período**. Pero, se recomienda profundizar e investigar, si es posible, diseñar mejor las concesiones para mejorar la eficiencia de las empresas de distribución. Además, también es crucial preguntarse sobre la protección y apoyo necesarios para las pequeñas empresas de distribución y, finalmente, qué papel que puede jugar el tamaño en la adopción de nuevas tecnologías e inversiones en escenario de transición energética.

Asimismo, **encontramos una correlación entre las empresas con la mayor eficiencia (tanto en la provisión como en las finanzas) y la satisfacción del consumidor**. Aunque no se analizó la relación casual, la intuición sectorial sugiere que se vale interpretar los resultados como el impacto real de las empresas de distribución en los servicios, tal como lo perciben los clientes. Mejorar la eficiencia no es solamente mejorar la asequibilidad, sino también de consumidores satisfechos.

En cuanto a la gobernanza y a la propiedad, es fundamental subrayar **la relación positiva entre los mecanismos de gobierno corporativo repartidos en las empresas, y los niveles eficiencia relativa de estas empresas. Además, la participación privada en la propiedad tiende a significar niveles más altos de eficiencia económica al considerar la electricidad facturada total, el número de clientes, las ventas totales y la utilidad neta**. En el centro, se destaca la relación entre el gobierno corporativo y la propiedad de las empresas de distribución en ALC. Existe también una tendencia a mejorar el gobierno corporativo cuando hay participación de la propiedad privada, en particular entre las empresas con información pública disponible. Aunque se recomiendan más estudios para un mejor entendimiento de cómo la propiedad y el gobierno corporativo pueden influir en el desempeño de la eficiencia.

Antes de preguntar sobre el futuro de las utilidades en ALC, uno debe preguntarse, a priori, de cuáles utilidades estamos hablando. Se discute mucho sobre cómo la innovación puede transformar e implementar los servicios de electricidad y, para ello, el papel de los servicios públicos es central. El análisis de las empresas de distribución muestra un sector altamente heterogéneo que requiere empuje y medidas adicionales para mejorar su eficiencia. En tanto que monopolio controlado y legalizado, la regulación es el elemento clave para incentivar y remunerar la adopción de nuevas tecnologías y las ganancias potenciales en eficiencia.



7

Referencias

7. Referencias

- Arcos-Vargas, A., Núñez-Hernández, F., & Villa-Caro, G. (2017). A DEA analysis of electricity distribution in Spain: An industrial policy recommendation. *Energy Policy*, *102*, 583-592.
- Baioco, V. G., & Almeida, J. E. F. D. (2017). Effects of the audit committee and the fiscal council on earnings quality in Brazil. *Revista Contabilidade & Finanças*, *28*, 229-248.
- Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, *30*(9), 1078-1092.
- Banker, R. D., & Morey, R. C. (1986). Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs. *Operations Research*, *34*(4), 513-521.
- Bayraktar, E., Tatoglu, E., Turkyilmaz, A., Delen, D., & Zaim, S. (2012). Measuring the efficiency of customer satisfaction and loyalty for mobile phone brands with DEA. *Expert Systems with Applications*, *39*(1), 99-106.
- Bonzi Teixeira, A. et al., (2021). Electrokit: *Power Utility Toolkit–Quality of Technical Service*, IADB: Inter-American Development Bank. Retrieved from <https://policycommons.net/artifacts/1894523/electrokit/2644535/> on 13 Jun 2022. CID: 20.500.12592/tnbk6j.
- Borghini, E., Del Bo, C., & Florio, M. (2016). Institutions and firms' productivity: evidence from electricity distribution in the EU. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, *78*(2), 170-196.
- Hallack, M., López Soto, D., Sanin, M.E., & Snyder, V. (2020). Un futuro iluminado para la energía. In Cavallo, E., Powell, A., & Serebrisky, T. (Ed), *De Estructuras a Servicios: El camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe*. (pp. 217-244). Banco Interamericano de Desarrollo.
- Çelen, A. (2013). Efficiency and productivity (TFP) of the Turkish electricity distribution companies: An application of two-stage (DEA&Tobit) analysis. *Energy Policy*, *63*, 300-310.
- Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, *2*(6), 429-444.
- Cullmann, A., & von Hirschhausen, C. (2008). Efficiency analysis of East European electricity distribution in transition: legacy of the past? *Journal of Productivity Analysis*, *29*(2), 155-167.
- Fall, F., Akim, A. M., & Wassongma, H. (2018). DEA and SFA research on the efficiency of microfinance institutions: A meta-analysis. *World Development*, *107*, 176-188.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American Economic Review*, 66-83.
- Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, *120*(3), 253-281.
- Fornell, C. (1992). A national customer satisfaction barometer: The Swedish experience. *Journal of Marketing*, *56*(1), 6-21.
- Gavin, A. et al., (2020). *Gap Analysis and Opportunities for Innovation in the Energy Sector In Latin America and the Caribbean*, IADB: Inter-American Development Bank. Retrieved from <https://publications.iadb.org/en/gap-analysis-and-opportunities-innovation-energy-sector-latin-america-and-caribbean>.

- Jamasb, T., Llorca, M., Khetrupal, P., & Thakur, T. (2021). Institutions and performance of regulated firms: Evidence from electricity distribution in India. *Economic Analysis and Policy*, 70, 68-82.
- Jamasb, T., & Pollitt, M. (2003). International benchmarking and regulation: an application to European electricity distribution utilities. *Energy Policy*, 31(15), 1609-1622.
- Ji, Y. B., & Lee, C. (2010). Data envelopment analysis. *Stata Journal*, 10(2), 267-280.
- Joskow, P. L. (2014). Incentive regulation in theory and practice: electricity distribution and transmission networks. *Economic regulation and its reform: What have we learned?*, 291-344. Retrieved from: <https://www.nber.org/books-and-chapters/economic-regulation-and-its-reform-what-have-we-learned/incentive-regulation-theory-and-practice-electricity-distribution-and-transmission-networks>
- Kurihama, R. (2007). Role for auditing in corporate social responsibility and corporate governance: Under new corporate view. *Corporate Ownership & Control*, 5, 109-119.
- Lee, K. R., Leem, B., Lee, C. W., & Lee, C. (2011). Malmquist productivity index using dea frontier in stata. *Stata Journal*, 2(2), 1-9.
- Lee, B. L., Wilson, C., Simshauser, P., & Majiwa, E. (2021). Deregulation, efficiency and policy determination: An analysis of Australia's electricity distribution sector. *Energy Economics*, 98, 105210.
- Lin, C., Ma, Y., & Su, D. (2009). Corporate governance and firm efficiency: evidence from China's publicly listed firms. *Managerial and Decision Economics*, 30(3), 193-209.
- Moon, H., & Min, D. (2017). Assessing energy efficiency and the related policy implications for energy-intensive firms in Korea: DEA approach. *Energy*, 133, 23-34.
- Mousavi-Avval, S. H., Rafiee, S., Jafari, A., & Mohammadi, A. (2011). Improving energy use efficiency of canola production using data envelopment analysis (DEA) approach. *Energy*, 36(5), 2765-2772.
- Nishimizu, M., & Page, J. M. (1982). Total factor productivity growth, technological progress and technical efficiency change: dimensions of productivity change in Yugoslavia, 1965-78. *The Economic Journal*, 92(368), 920-936.
- Pérez-Arriaga, I., & Knittel, C. (2016). Utility of the future. *An MIT Energy Initiative response to an industry in transition*. Retrieved from: <https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2016/12/Utility-of-the-Future-Full-Report.pdf>
- Pérez-Reyes, R., & Tovar, B. (2009). Measuring efficiency and productivity change (PTF) in the Peruvian electricity distribution companies after reforms. *Energy Policy*, 37(6), 2249-2261.
- Ramos-Real, F. J., Tovar, B., Iootty, M., De Almeida, E. F., & Pinto Jr, H. Q. (2009). The evolution and main determinants of productivity in Brazilian electricity distribution 1998-2005: *An empirical analysis*. *Energy Economics*, 31(2), 298-305.
- Smith, P. C., & Street, A. (2005). Measuring the efficiency of public services: the limits of analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 168(2), 401-417.
- Stiglitz, J. (1999). Whither reform. In *Keynote address for the Annual Bank Conference on Development Economics, Washington, DC: World Bank*.
- Su, D., & He, X. (2012). Ownership structure, corporate governance and productive efficiency in China. *Journal of Productivity Analysis*, 38(3), 303-318.



- Syverson, C. (2011). What determines productivity? *Journal of Economic Literature*, 49(2), 326-65.
- Van Beveren, I. (2012). Total factor productivity estimation: A practical review. *Journal of Economic Surveys*, 26(1), 98-128.
- Van Biesebroeck, J. (2007). Robustness of productivity estimates. *The Journal of Industrial Economics*, 55(3), 529-569.
- Vine, E., Hamrin, J., Eyre, N., Crossley, D., Maloney, M., & Watt, G. (2003). Public policy analysis of energy efficiency and load management in changing electricity businesses. *Energy Policy*, 31(5), 405-430.
- Von Hirschhausen, C., Cullmann, A., & Kappeler, A. (2006). Efficiency analysis of German electricity distribution utilities—non-parametric and parametric tests. *Applied Economics*, 38(21), 2553-2566.
- Weiss, M., Daltro, Y., Campo, E., Matias, D., Arias, K. Hallack, M. (2022). *Electrorating Handbook*. Washington DC: Inter-American Development Bank.
- Zelenyuk, V., & Zheka, V. (2006). Corporate governance and firm's efficiency: the case of a transitional country, Ukraine. *Journal of Productivity Analysis*, 25(1), 143-157.
- Zheng, S., Lam, C. M., Hsu, S. C., & Ren, J. (2018). Evaluating efficiency of energy conservation measures in energy service companies in China. *Energy Policy*, 122, 580-591.



8 Anexos

8. Anexos

a. Tabla 3. Definición de las variables utilizadas en este estudio

Cuadro 3. Definición de las variables utilizadas en este estudio

Variable	Definición
Electricidad facturada total*	Cantidad de energía facturada a todos los clientes por un año determinado
Número de clientes*	Unidades de consumo o clientes conectados a la red de distribución
Ventas totales*	Suma de los ingresos totales por ventas y servicios
Utilidad neta*	Impuesto sobre utilidad de ventas y gastos administrativos
Activos totales*	Suma de activos corrientes y activos no corrientes
Número de empleados*	Número total de trabajadores, considerando a los trabajadores permanentes y subcontratados
Índice de satisfacción del consumidor	Porcentaje de clientes satisfechos con el servicio
Auditoría interna	Existencia de auditoría interna (operaciones de la organización de seguimiento)
Consejo de administración	Existencia de consejo administrativo confirmado (sala de juntas)
Auditoría independiente	Existencia de una auditoría independiente confirmada (examen de registros financieros, cuentas las transacciones comerciales, prácticas contables y controles internos)

Fuente: Autores

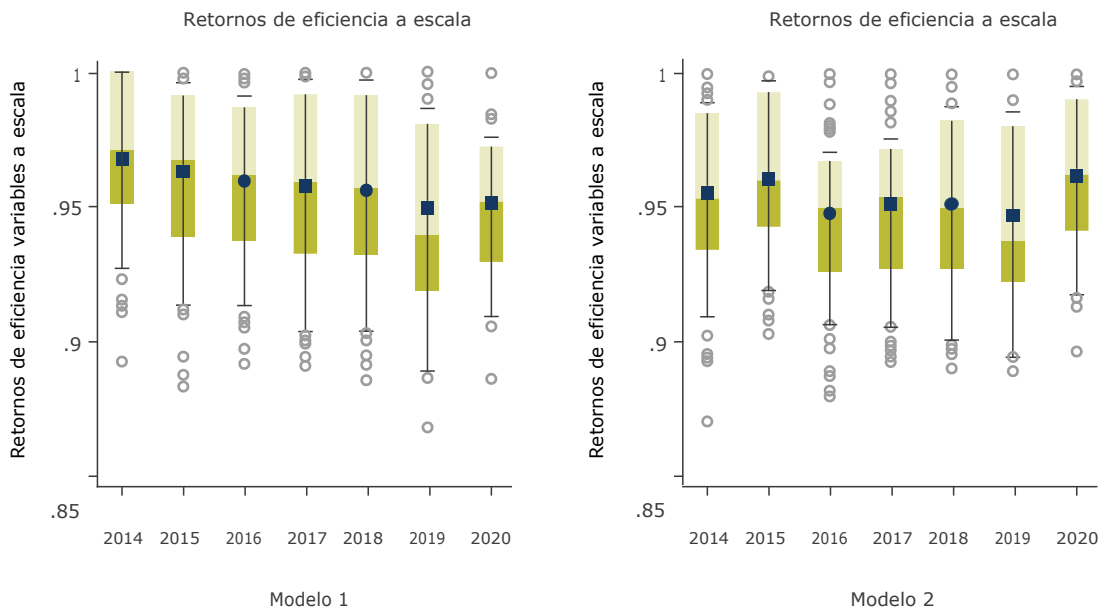
b. Verificación de robustez: La eficiencia media de las empresas de distribución de electricidad usando el método de rendimientos variables de escalade eficiencia técnica (VRS)

Este Anexo presenta una verificación de robustez de los principales resultados obtenidos en la sección 5. Específicamente, las puntuaciones de eficiencia de los rendimientos de la variable media de escala (VRS) se obtienen utilizando la metodología DEA y se presentan en las figuras 7 a 11.

La Figura 7 muestra la puntuación media de la eficiencia de VRS de las empresas de distribución de electricidad por año y por los modelos 1 y 2. Los resultados obtenidos son similares a los obtenidos en los principales resultados (sección 5): no hay mejora significativa en la eficiencia en comparación con año tras año durante el periodo de análisis.



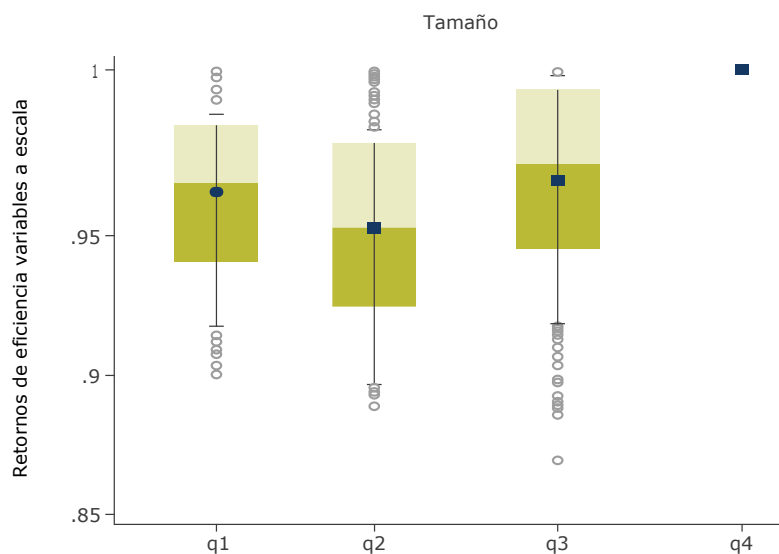
Figura 7. La eficiencia de VRS de las empresas de distribución de electricidad por año: producción de servicios finales (modelo 1) y medidas financieras (modelo 2).



Nota: El punto azul que separa las dos pequeñas cajas representa la media, la línea blanca que separa las dos pequeñas cajas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos del punto son las empresas consideradas como los valores atípicos de la distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

Además, la Figura 8 presenta la eficiencia media VRS de las empresas distribuidoras de electricidad por tamaño de empresa, utilizando el modelo 1. Una vez más, los resultados son muy similares a los obtenidos en la sección 5: las empresas del cuartil más alto tienen una mayor eficiencia de VSR que las empresas del cuartil más bajo.²⁶

Figura 8. La eficiencia de VRS de las empresas de distribución de electricidad por tamaño de empresa: producción de servicios finales (modelo 1).



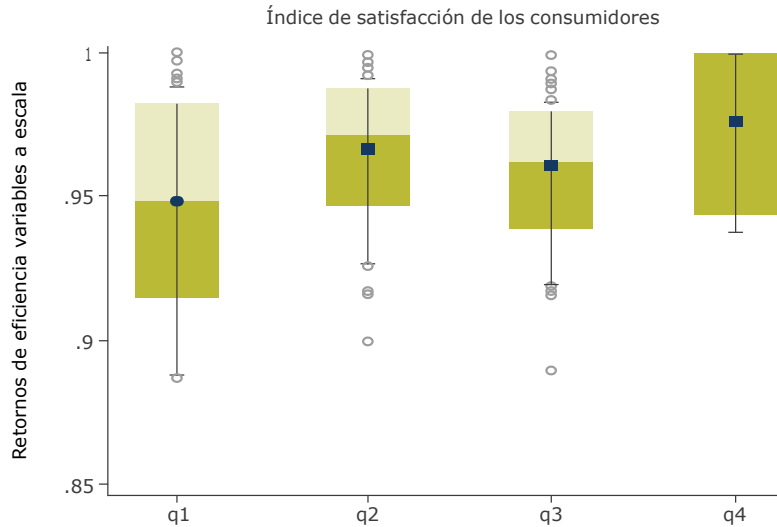
Nota: El punto azul que separa las dos pequeñas cajas representa la media, la línea blanca que separa las dos pequeñas cajas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son las empresas consideradas como los valores atípicos de la distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

²⁶ Tenga en cuenta que cuando se utiliza la puntuación de eficiencia VRS, el cuartil 4 tiene pocas observaciones porque las grandes empresas podrían no tener rendimientos variables a escala. Esto es una característica importante en este sector.



Asimismo, la Figura 9 muestra la eficiencia media VRS de las empresas de distribución de electricidad por índice de satisfacción del consumidor utilizando el modelo 1. Esta evidencia es similar a los principales resultados: hay una relación positiva entre el índice de satisfacción del consumidor y la eficiencia ²⁷.

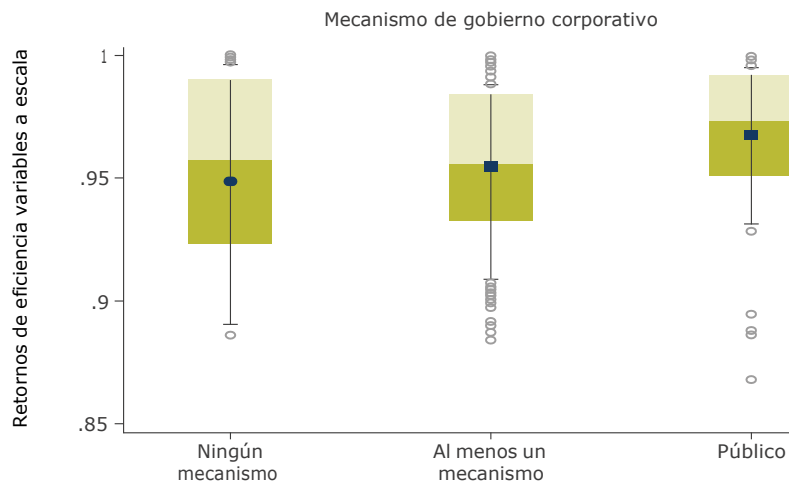
Figura 9. La eficiencia de VRS de las empresas de distribución de electricidad por índice de satisfacción del consumidor: producción de servicios finales (modelo 1).



Nota: El punto azul que separa las dos pequeñas cajas representa la media, la línea blanca que separa las dos pequeñas cajas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son las empresas consideradas como valores atípicos de la distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

Además, la Figura 10 presenta la eficiencia media de VRS de las empresas de distribución de electricidad por los tres mecanismos de gobierno corporativo mediante el uso del modelo 1. Los resultados muestran que existe una relación positiva entre los niveles de gobierno corporativo entre las empresas y los niveles de eficiencia relativa de estas empresas.

Figura 10. La eficiencia de VRS de las empresas de distribución de electricidad por los tres mecanismos de gobierno corporativo: salida de servicios finales (modelo 1).

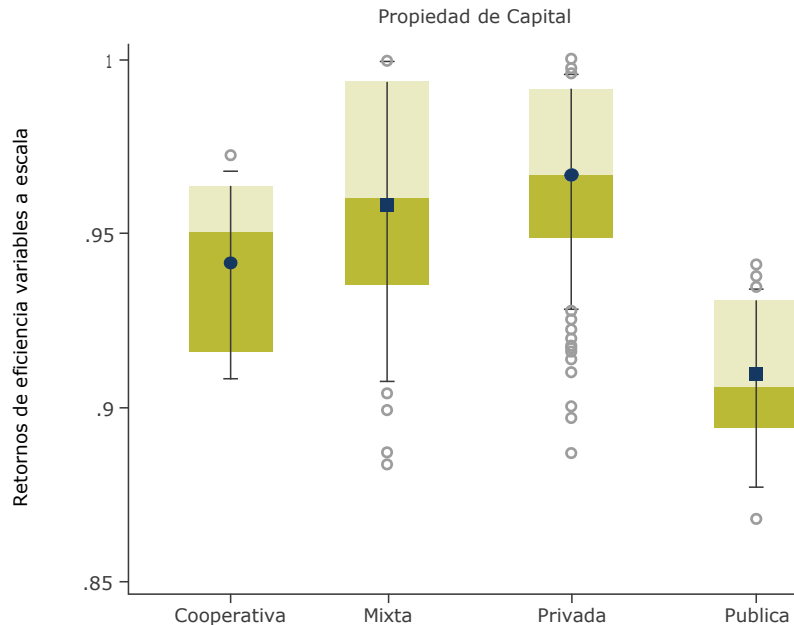


Nota: El punto azul que separa las dos pequeñas cajas representa la media, la línea blanca que separa las dos pequeñas cajas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son las empresas consideradas como valores atípicos de la distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

²⁷ En el cuartil 4 sólo hay una empresa; sin embargo, se ha decidido mantenerlo en el análisis porque eliminarlo podría sesgar los resultados en descenso. Por el contrario, mantenerlo no sesga los resultados en ascenso, puesto que siendo solo uno y no tan distante de los otros no afecta significativamente la evidencia obtenida.

Finalmente, la Figura 11 muestra la eficiencia media de VRS de las empresas de distribución de electricidad por tipo de propiedad utilizando el modelo 1. Una vez más, esta evidencia está en concordancia con los resultados mediante el método de CRS: la participación privada en la propiedad tiende a significar mayores niveles de eficiencia económica.

Figura 11. La eficiencia de VRS de las empresas de distribución de electricidad por tipo de propiedad: producción final de servicios (modelo 1).



Nota: El punto azul que separa las dos pequeñas cajas representa la media, la línea blanca que separa las dos pequeñas cajas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son los valores atípicos de la distribución considerados por las empresas. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

En general, los resultados obtenidos en esta sección son similares a los obtenidos en la sección 5. En este sentido, este trabajo muestra que el uso de puntajes de eficiencia de CRS o VRS conduce a conclusiones similares. .

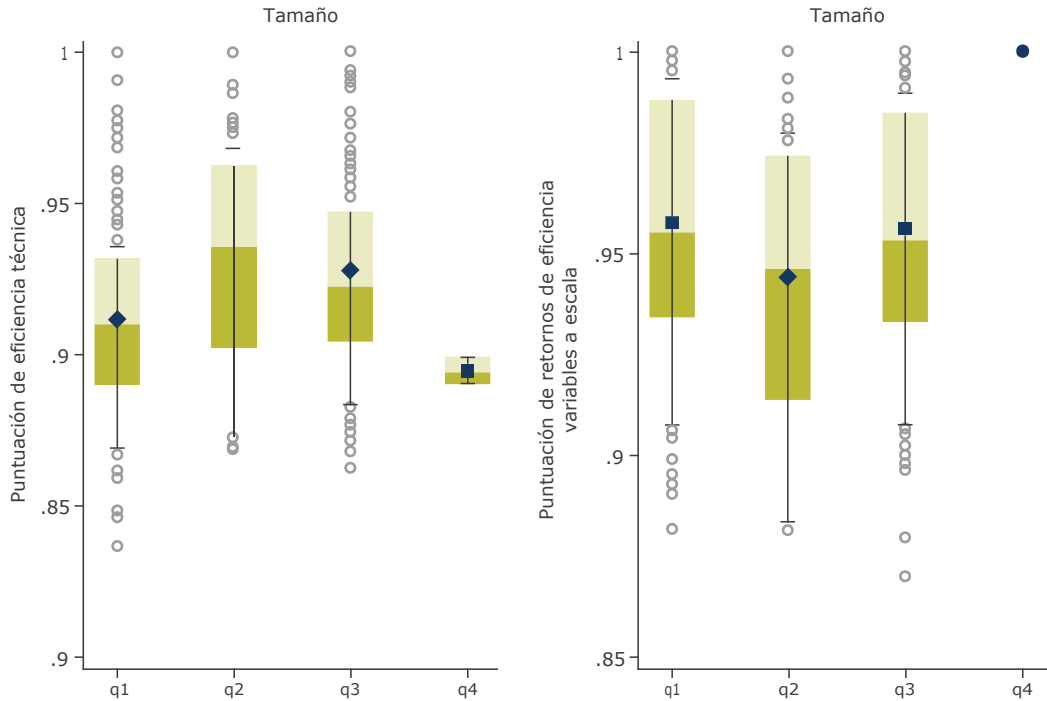
c. Verificación de robustez: La eficiencia media de las empresas de distribución de electricidad mediante el uso de medidas financieras de producción (modelos 2)

Esta sección presenta la robustez de los resultados obtenidos en la sección 5 utilizando las medidas financieras como producto (modelo 2). En general, los resultados son similares a la producción del servicio final (modelo 1). Esto demuestra que las empresas con mayor eficiencia en la prestación de servicios son también las más eficientes financieramente.²⁸

²⁸ En el cuartil 4 sólo hay una empresa; sin embargo, se ha decidido mantenerla en el análisis porque eliminarlo podría sesgar los resultados en descenso. Por el contrario, mantenerlo no sesga los resultados en ascenso, puesto que siendo solo uno y no tan distante de los otros no afecta significativamente la evidencia obtenida.

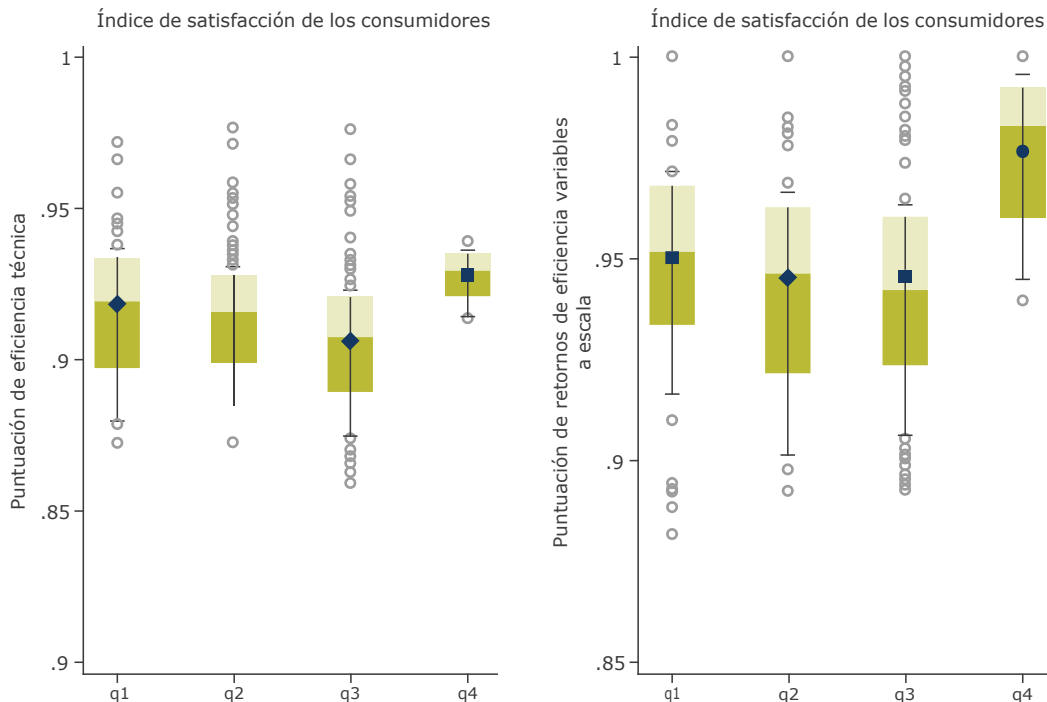


Figura 12. La eficiencia de las empresas de distribución por tamaño de empresa: producción de medidas financieras (modelo 2).



Note: El punto azul que separa las dos pequeñas cajas representa la media, la línea blanca que separa las dos pequeñas cajas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos de punto son las empresas consideradas como valores atípicos de la distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

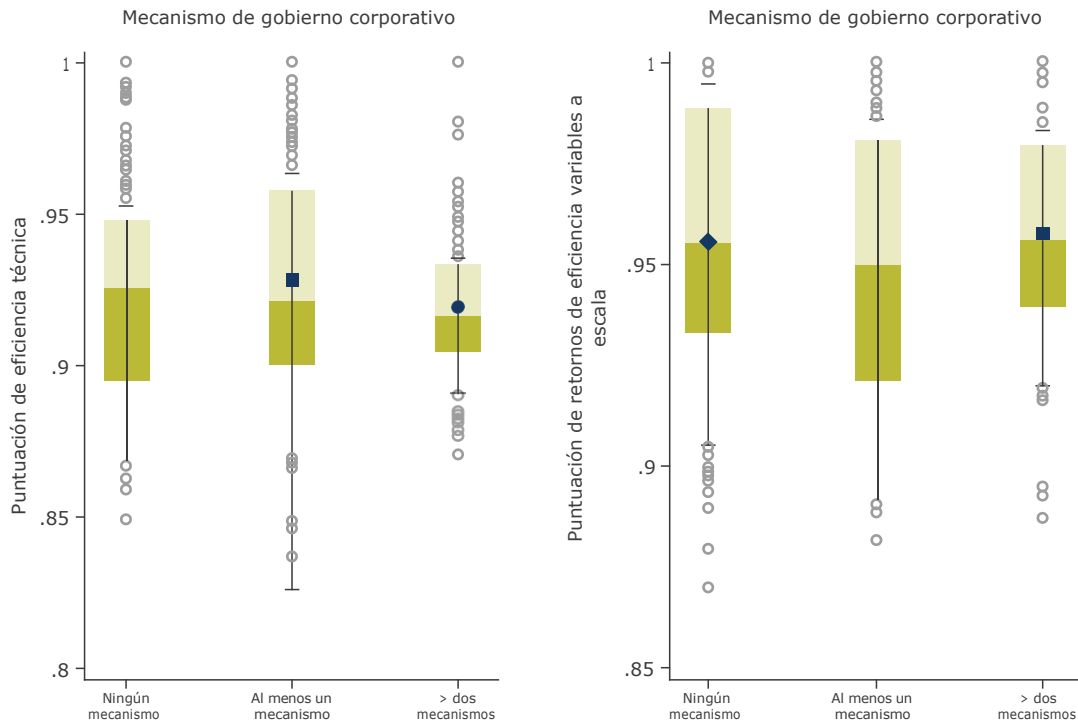
Figura 13. La eficiencia de las empresas de distribución de electricidad por índice de satisfacción del consumidor: medidas financieras de la producción (modelo 2).



Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representa la media, la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y el cuadro representa la dispersión. Los puntos fuera de la caja son las empresas consideradas como los valores atípicos de la distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

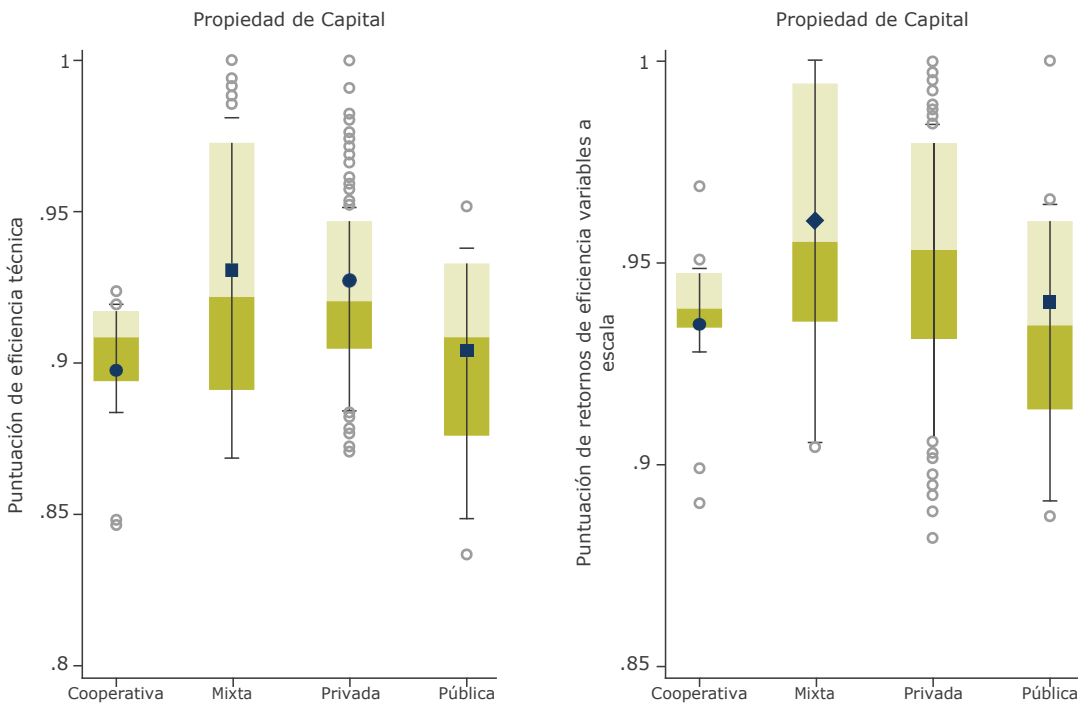


Figura 14. La eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad por los tres mecanismos de gobierno corporativo: producción de medidas financieras (modelo 2).



Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representa la media, la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y el cuadro representa la dispersión. Los puntos fuera de la caja son las empresas consideradas como valores atípicos de distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

Figura 15. La eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad tipo de propiedad: producción de medidas financieras (modelo 2).



Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representa la media, la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y la caja representa dispersión. Los puntos fuera de la caja son las empresas consideradas como losvalores atípicos de distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.

d. Verificación de robustez: resultados del índice de Malmquist

El índice de Malmquist (IM) tiene la ventaja de no requerir precios de entrada o suposiciones de comportamiento. Estas dos características hacen IM sea muy adecuado para analizar los cambios de productividad tanto en los sectores públicos como en los regulados (Pérez-Reyes y Tovar, 2009). Además, el cambio en la productividad medida con el IM puede desglosarse en el efecto de recuperación, es decir, la eficacia con que se aplica el conocimiento tecnológico a la producción y el cambio de frontera debido al mejoramiento de la tecnología disponible (Nishimizu y Page, 1982). Finalmente, el IM también puede utilizarse para separar el efecto de alcance dentro de la eficiencia técnica y eficiencia de escala, y esto da una idea de la medida en que los aumentos de eficiencia se logran simplemente a partir de cambios en la combinación de insumos o mejor ajuste del tamaño a la demanda (Pérez-Reyes y Tovar, 2009).

Para reordenar las ideas, el IM se puede expresar en términos de función (E) de distancia como Ecuación (1) y Ecuación (2) usando las observaciones en el tiempo y t+1 (Lee et al., 2011):

$$MI_I^t = \frac{E_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{E_I^t(x^t, y^t)} \quad (1)$$

$$MI_I^{t+1} = \frac{E_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{E_I^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (2)$$

en donde I denota la orientación del modelo del IM. Además, la media geométrica de dos IM en la Ecuación (1) y la Ecuación (2) da la ecuación (3):

$$MI_I^G = (MI_I^t MI_I^{t+1})^{\frac{1}{2}} = \left[\left(\frac{E_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{E_I^t(x^t, y^t)} \right) * \left(\frac{E_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{E_I^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

La media geométrica orientada al insumo del IM puede descomponerse utilizando el concepto de cambio técnico orientado al insumo (TECHCH) y el cambio de eficiencia orientado al insumo (EFFCH), como se indica en la Ecuación (4):

$$MI_I^G = (EFFCH_I) * (TECHCH_I^G) \\ = \left(\frac{E_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{E_I^t(x^t, y^t)} \right) * \left[\left(\frac{E_I^t(x^t, y^t)}{E_I^{t+1}(x^t, y^t)} \right) * \left(\frac{E_I^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{E_I^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

El primer y el segundo términos representan el cambio de eficiencia y el cambio de tecnología respectivamente. Lee et al. (2011) argumentan que el IM dado por la Ecuación (3) y la Ecuación (4) puede definirse utilizando el DEA como función de distancia; en otras palabras, los componentes del IM pueden derivarse de la estimación de las funciones de distancia definidas en la tecnología de frontera. Färe et al. (1994), ha aportado la derivación formal del IM y éste es el método más popular entre los diversos métodos que han sido desarrollados para hacer una estimación de la tecnología de producción. Los autores, mediante la utilización de ambas fronteras de CRS y VRS DEA para estimar de las funciones de distancia en la Ecuación (4), la eficiencia técnica puede descomponerse en la eficiencia de escala y los componentes de eficiencia técnica pura. Un cambio de eficiencia de escala (SECH) se da en:

$$SECH = \left[\frac{E_{vrs}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{E_{crs}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} * \frac{E_{vrs}^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{E_{crs}^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Esta distinción nos permite contemplar aquellas situaciones en las que una unidad productiva puede ser técnicamente eficiente, ya que el volumen de producción utiliza la menor cantidad de factores. Finalmente, el cambio puro de la eficiencia (PECH) se da en (6):

$$PECH = \frac{E_{vrs}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{E_{crs}^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (6)$$

la Figura 15 muestra el resumen del índice de Malmquist (IM) de los principales cambios anuales para cada año de análisis. La evidencia muestra que la eficiencia de escala y la eficiencia técnica no cambiaron significativamente durante el periodo de análisis, el cual es similar a la conclusión previa. El mercado de distribución de electricidad exhibió un aumento anual de 0.65% PTF el periodo de 2014 a 2020. En promedio, el cambio en el PTF fue determinado por el desarrollo tecnológico (0.90%) en vez de una leve disminución de eficiencia (0.05%). Finalmente, el panel de la Figura 15 (a) muestra los resultados del modelo 1, el cual es similar al modelo 2 (panel b). Más específicamente, el PTF incrementó alrededor de 0.2% anual en el periodo de análisis.²⁹ Nuevamente, estos resultados están en concordancia con Çelen (2013) y Pérez-Reyes y Tovar (2009), quienes encontraron que la principal fuente de cambio de la PTF ha sido un cambio tecnológico, lo cual es una situación particular en este sector.

Figura 16. El resumen del índice Malmquist de medias anuales.



²⁹ En resumen, sólo reportamos cambios medios de eficiencia. Los cambios anuales de cada empresa están disponibles a petición de los autores.

e. Verificación de robustez: prueba restringida

Presentamos resultados similares de la subsección 5.1. Para obtener evidencia robusta de nuestra no restringida prueba, ahora utilizamos, un dato de panel balanceado, con 40 empresas distribuidoras de electricidad durante el periodo de 2014 a 2020. La idea detrás de este ejercicio es demostrar que incluso cuando utilizamos empresas que salen/entran en la muestra, los resultados son similares cuando utilizamos empresas que están en todos los años de análisis. Este ejercicio ayuda a validar los resultados obtenidos en la subsección anterior ya que nuestra evidencia sería robusta para usar una muestra más pequeña o más grande.

La Figura 9 muestra resultados similares obtenidos en la subsección anterior. De acuerdo con las puntuaciones de CRS, encontramos que, en promedio, la eficiencia de estas empresas es alta y superior a 0.94; además, mostramos que la variable media de rendimientos de escala de eficiencia anual es superior a la puntuación de eficiencia técnica y superior a 0.95 en los modelos 1 y 2. Nuevamente, este resultado muestra que, en promedio, las empresas exhiben rendimientos crecientes de escala durante nuestro período de análisis. Estos resultados usando una muestra restringida revelan que nuestra especificación es robusta a los cambios en la muestra y que nuestros principales hallazgos no cambian. También muestran que la eficiencia en este sector es alta, pero hay un margen de mejora.

Adicionalmente, la Figura 10 muestra diferencias en eficiencia por índice de satisfacción del consumidor. Una vez más, nuestros resultados sugieren que las empresas con un mayor índice de satisfacción del consumidor tienen una mayor eficiencia. Además, la Figura 11 presenta diferencias en la eficiencia por tamaño de empresa. Nuestra evidencia sugiere que las grandes empresas tienen mayor eficiencia que sus contrapartes. Además, los gráficos 12 a 14 sugieren que existe una relación positiva entre los niveles de gobierno corporativo en las empresas y los niveles de eficiencia relativa de estas empresas. Según la propiedad del capital (propiedad), la Figura 15 muestra que las empresas públicas son menos eficientes que las empresas privadas y también con las empresas que tienen una propiedad de capital privado.

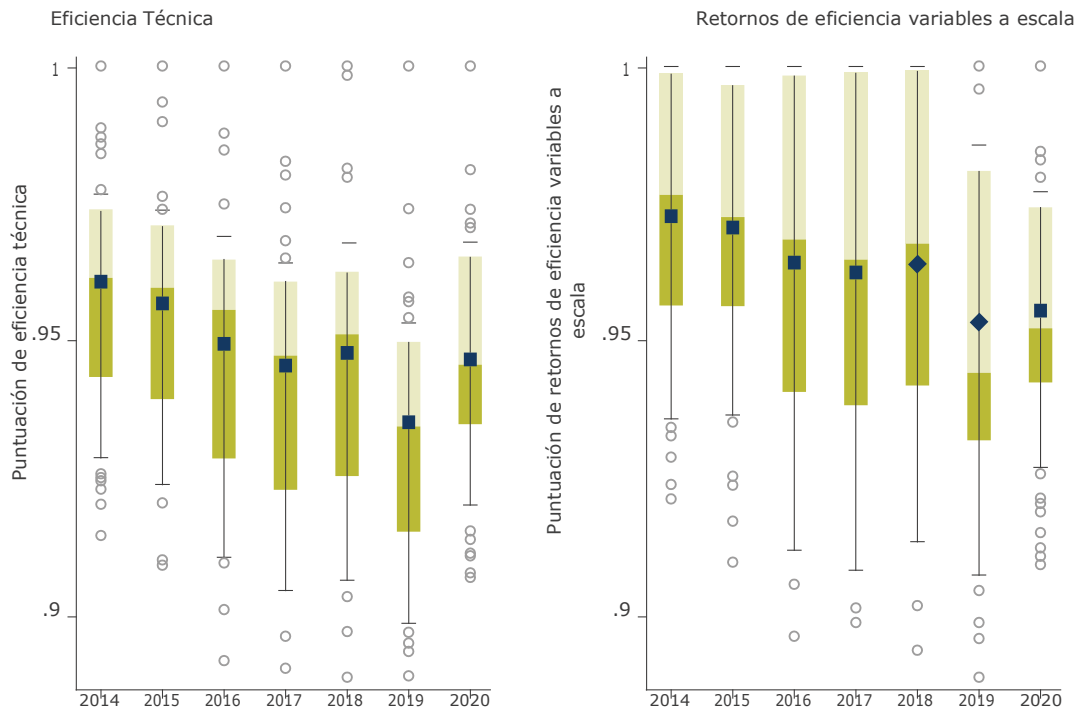
Finalmente, la Figura 16 muestra el resultado del índice Malmquist (IM) de los cambios anuales de medias para cada año de análisis. Una vez más, demostramos que la productividad total de los factores (PTF) y la eficiencia tecnológica cambiaron significativamente. El mercado de distribución de electricidad exhibió un aumento anual de 0.52% en la PTF durante el período 2014-2020. En promedio, el cambio en el PTF fue determinado por el desarrollo tecnológico (1%).³⁰

En general, encontramos resultados similares utilizando una muestra restringida y sin restricciones, esto demuestra la validez de nuestra especificación y que el puntaje de eficiencia obtenido es robusto a los cambios en el número de observaciones y empresas.

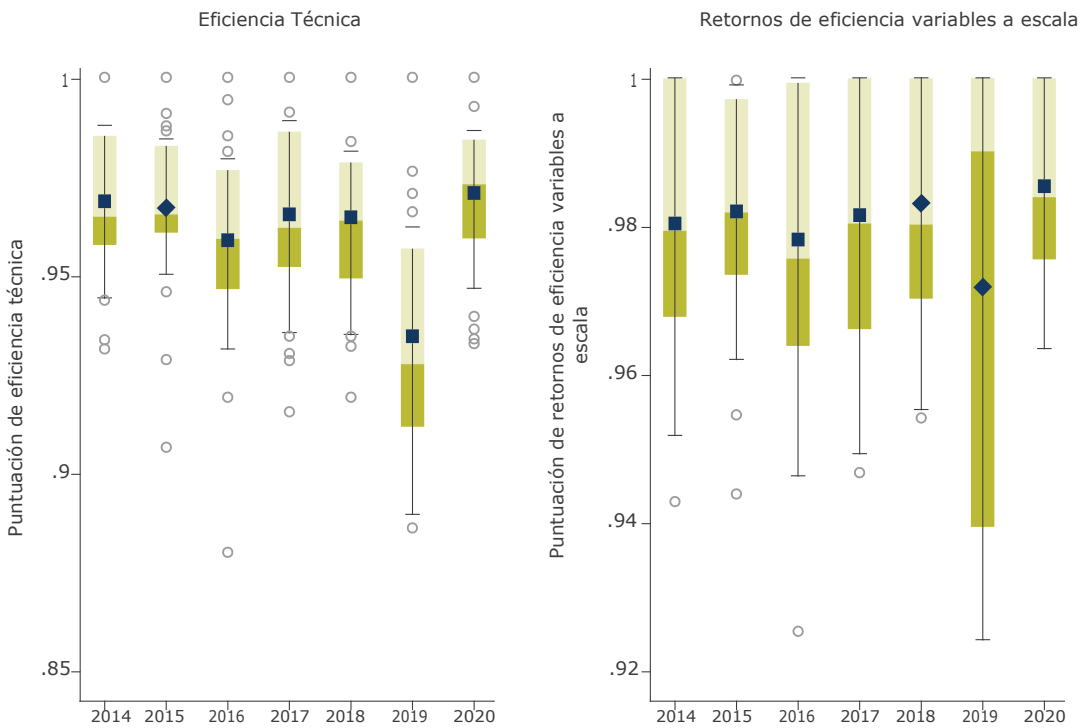
7 En resumen, solo reportamos cambios de eficiencia. Los cambios anuales de cada empresa están disponibles a petición de los autores.



Figura 17. Eficiencia de empresas distribuidoras de electricidad por año (Muestra restringida).



a. Modelo 1



b. Modelo 2

Nota: El punto azul que separa las dos pequeñas cajas representa la media, la línea blanca que separa las dos pequeñas cajas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos fuera de la caja son las empresas consideradas como los valores atípicos de distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.



Figura 18. La eficiencia media de las empresas distribuidoras de electricidad por índice de satisfacción del consumidor (Muestra restringida).

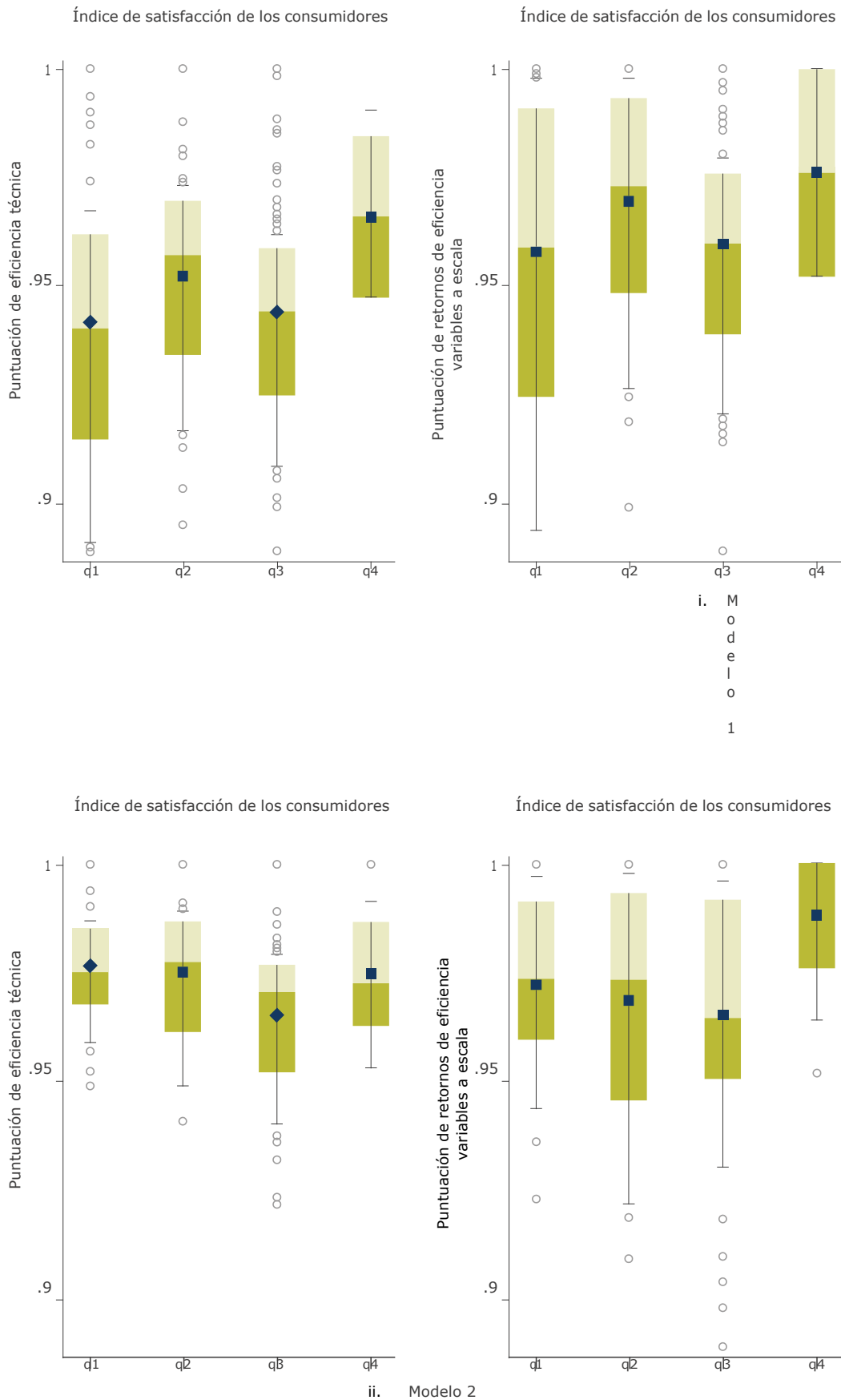
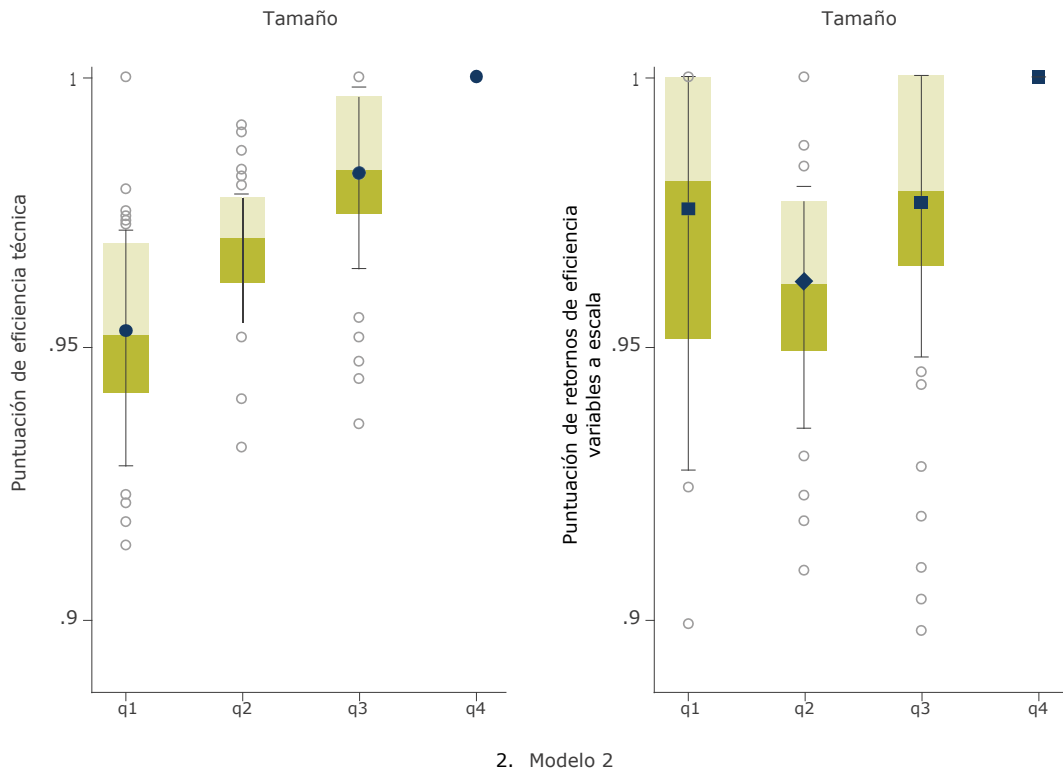
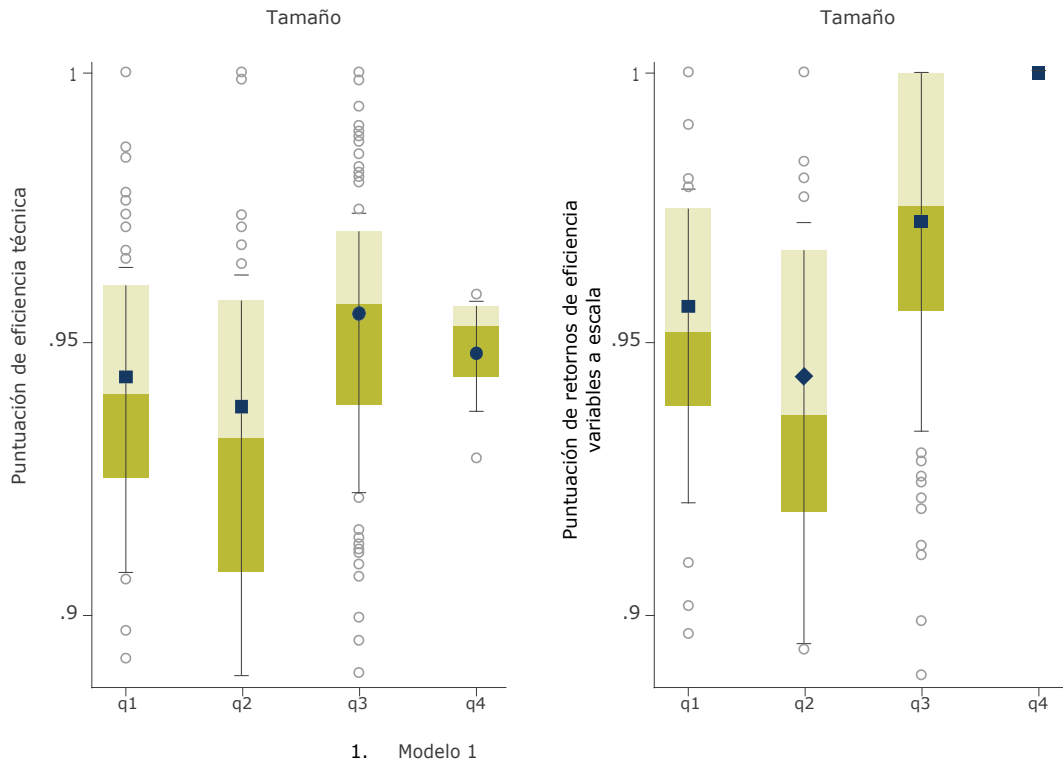




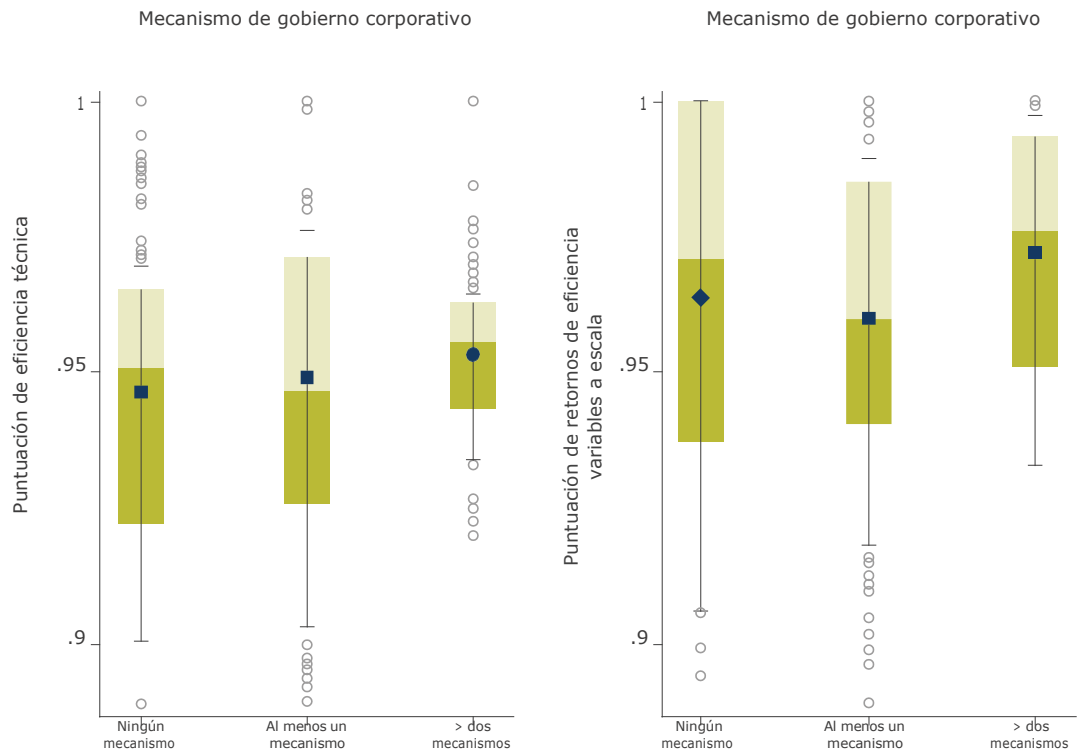
Figura 19. La eficiencia de las empresas de distribución de electricidad por tamaño de empresa (Muestra restringida).



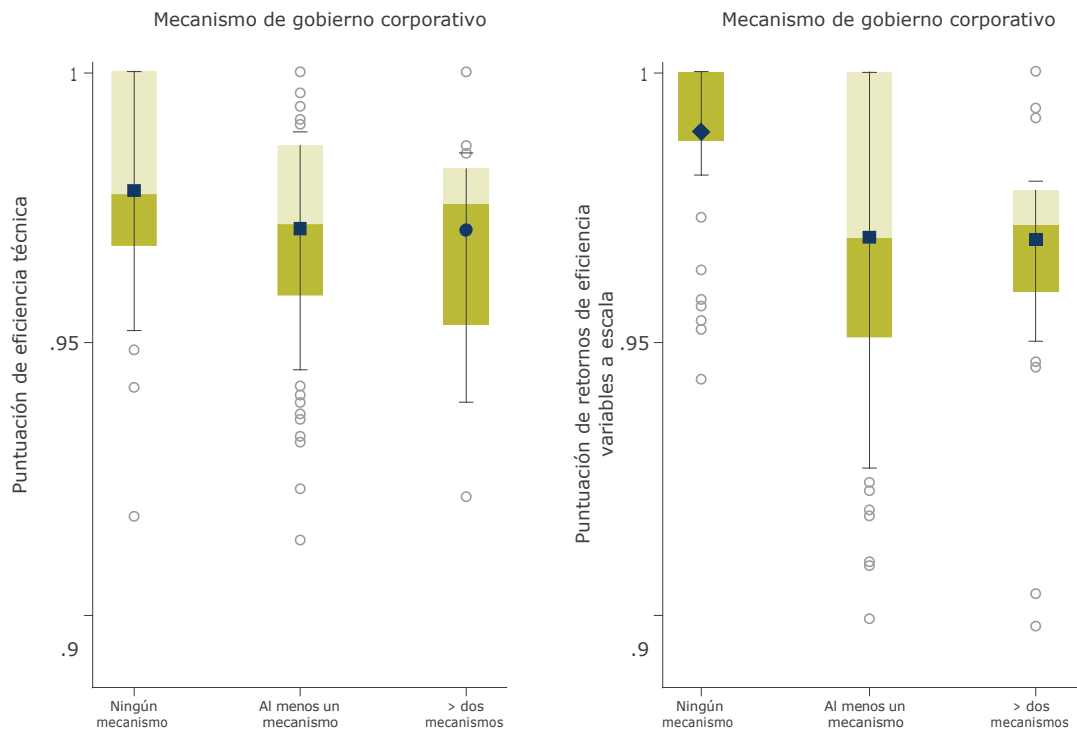
Nota: El punto azul que separa las dos pequeñas cajas representa la media, la línea blanca que separa las dos pequeñas cajas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos fuera de la caja son las empresas consideradas como los valores atípicos de distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.



Figura 20. La eficiencia de las empresas distribuidoras de electricidad por los tres mecanismos del gobierno corporativo (Muestra restringida).



(a) Modelo 1

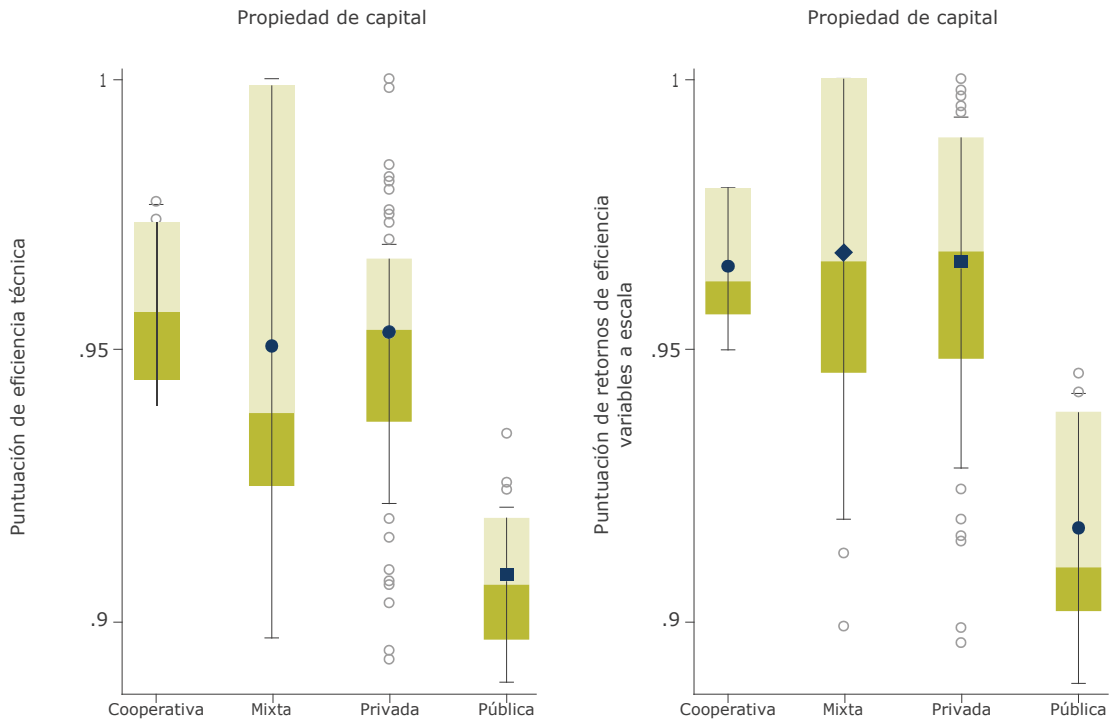


(b) Modelo 2

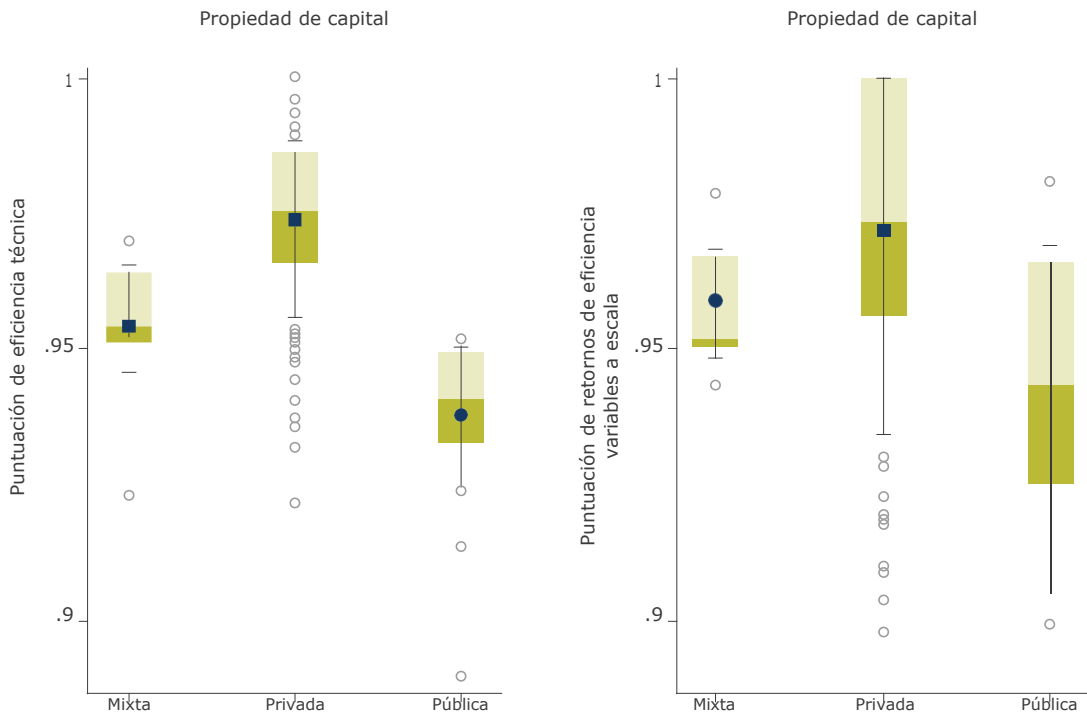
Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representa la media, la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos fuera de la caja son las empresas consideradas como los valores atípicos de la distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.



Figura 21. La eficiencia media de las empresas distribuidoras de electricidad por tipo de propiedad (Muestra restringida).



(a) Modelo 1

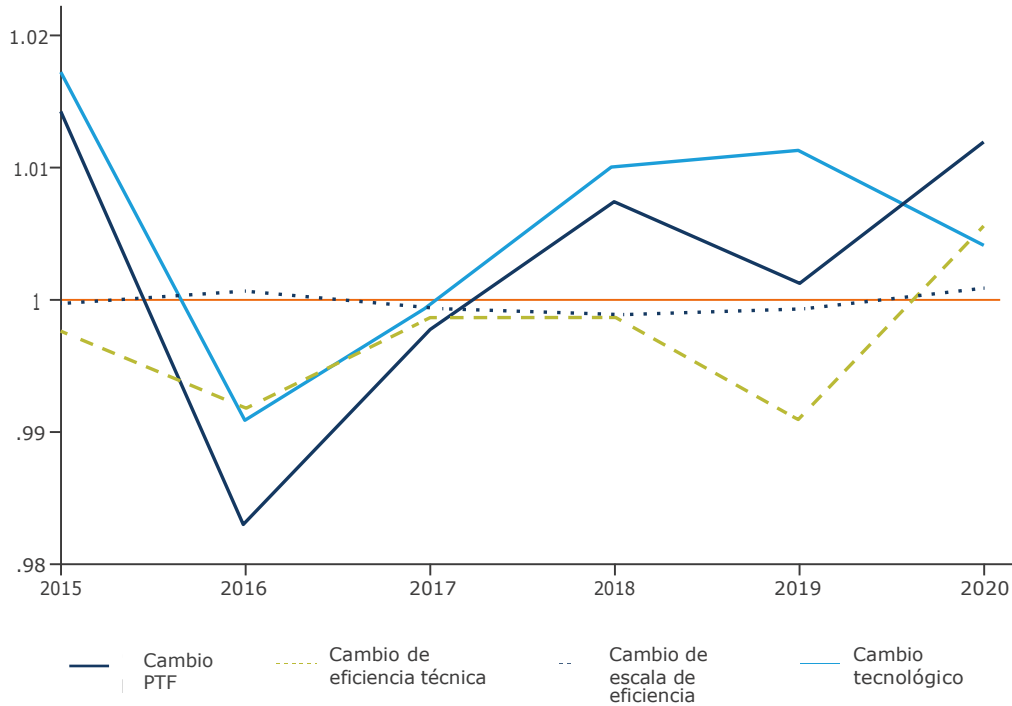


(b) Modelo 2

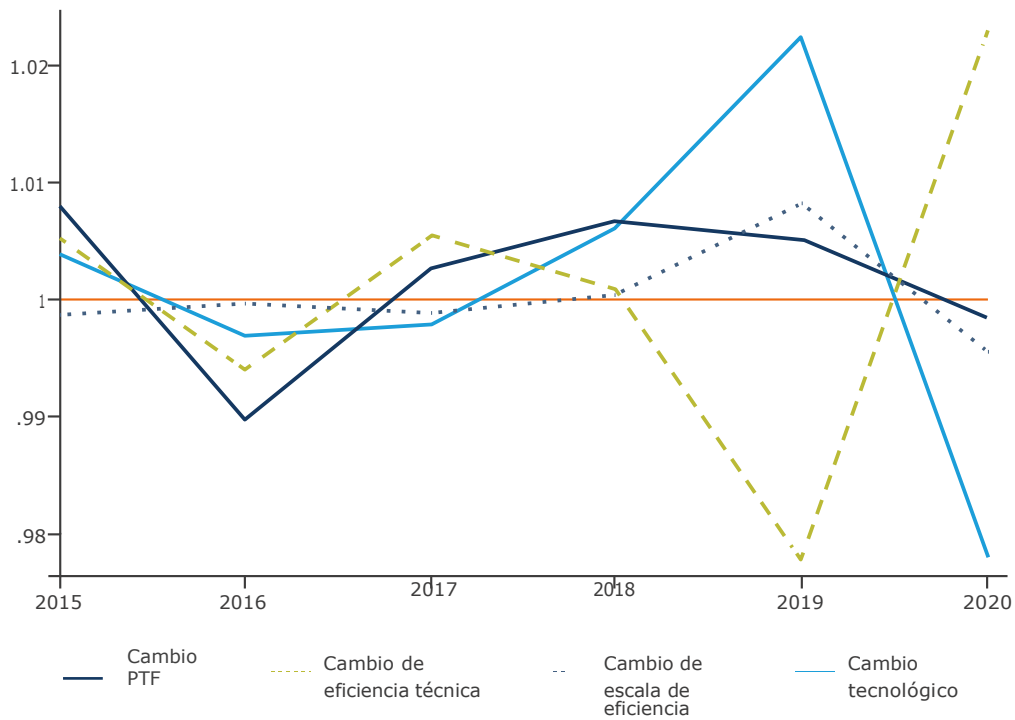
Nota: El punto azul que separa las dos cajas pequeñas representa la media, la línea blanca que separa las dos cajas pequeñas representa la mediana y la caja representa la dispersión. Los puntos fuera de la caja son las empresas consideradas como los valores atípicos de la distribución. Los bigotes de la caja representan el intervalo de confianza de la muestra.



Figura 22. Resumen del índice de Malmquist de las medias anuales (Muestra restringida).



(a) Modelo 1



(b) Modelo 2

f. Los motores de la eficiencia: modelo Tobit

Una vez que las puntuaciones de eficiencia de las empresas distribuidoras de energía en ALC están calculadas usando el método DEA, podríamos estudiar la relación entre la eficiencia y varias características de la empresa mediante el uso de un enfoque econométrico. En este sentido, estimamos dos modelos diferentes de Tobit utilizando la ecuación (7).

La tabla 4 muestra los resultados de nuestros modelos Tobit utilizando la puntuación de eficiencia CRS (1) y la puntuación de eficiencia de rendimientos variables de escala (VRS) como variables dependientes. Usamos cuatro covariables (características de empresa) que puedan afectar la eficiencia: índice de satisfacción del consumidor, tamaño de la empresa, una dummy para tener un consejo y un dummy para la propiedad. También incluimos los efectos fijos por año y por país para controlar posibles choques macroeconómicos.³¹

Encontramos la evidencia que sugiere que un aumento en la satisfacción del consumidor está positivamente relacionado con la eficiencia. Además, cuanto más grande sea la empresa, mejores niveles de eficiencia tendrá. Asimismo, existe una relación positiva entre el gobierno corporativo en las empresas y los niveles de eficiencia relativa de estas empresas. Por último, las empresas privadas son las eficientes que las empresas públicas.

En general, nuestros resultados confirman en varias maneras que hay características importantes de la empresa que impulsan la eficiencia. El no considerar estas variables contextuales podría llevar a conclusiones inexactas. En particular, el efecto de tener un gobierno corporativo y altos niveles de satisfacción del cliente se produce más en las empresas privadas. Esto ayudaría a mejorar la calidad del suministro de energía de manera más eficiente y, por lo tanto, reducir el desperdicio de energía y el portafolio incobrable que a menudo es asumida por el Estado, entre otros.

Cuadro 4. Resultados del modelo.

Variable	(1) Eficiencia técnica	(2) Eficiencia de VRS
Índice de satisfacción del consumidor	0.009*** (0.002)	0.012*** (0.003)
Tamaño	0.006***	0.010*** (0.002)
Dummy para consejo	0.013*** (0.004)	0.009* (0.005)
Dummy para propiedad	0.028*** (0.007)	0.031*** (0.011)
Constante	0.893*** (0.013)	1.047*** (0.017)
Observaciones no-censuradas	240	205
Observaciones censuradas	5	40
Log-likelihood	553.9	399.1
Observaciones	245	245

Notas: Incluimos los efectos fijos de año y país. Los errores estándares robustos están entre paréntesis.
* p<0.10, ** p<0.05, *** p<0.01.

³⁰ También hacemos este ejercicio utilizando la muestra restringida. Los resultados de este ejercicio están disponibles bajo petición.

