

Impacto de la regulación en la calidad del servicio de distribución de la energía eléctrica en América Latina y el Caribe

Mariana Weiss
Pauline Ravillard
Maria Eugenia Sanin
Franco Carvajal
Yuri Daltro
Enrique Chueca
Michelle Hallack

División de Energía

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-02328

Noviembre 2021

Impacto de la regulación en la calidad del servicio de distribución de la energía eléctrica en América Latina y el Caribe

Mariana Weiss
Pauline Ravillard
Maria Eugenia Sanin
Franco Carvajal
Yuri Daltro
Enrique Chueca
Michelle Hallack

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

Impacto de la Regulación en la Calidad del Servicio de Distribución de la Energía Eléctrica en América Latina y el Caribe / Mariana Weiss, Pauline Ravillard, María Eugenia Sanin, Franco Carvajal, Yuri Daltro, Enrique Chueca Montuenga, Michelle Hallack.

Incluye referencias bibliográficas

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2328)

1. Distributed generation of electric power-Latin America. 2. Distributed generation of electric power-Caribbean Area. 3. Energy policy-Latin America. 4. Energy policy-Caribbean Area. I. Weiss, Mariana. II. Ravillard, Pauline. III. Sanin, María Eugenia. IV. Carvajal, Franco. V. Daltro, Yuri. VI. Chueca Montuenga, Enrique. VII. Hallack, Michelle, 1983- VIII. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Energía. IX. Serie.

IDB-TN-2328

Códigos JEL: L94, L15, L43, 51

Palabras clave: Regulación, Utilities, Calidad del Servicio, Interrupciones del Suministro, Electricidad

Los autores agradecen a Oscar Alejandro Páramo Rojas por el apoyo en la investigación, a los revisores por los comentarios y sugerencias y Tomas Serebrisky por las discusiones.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2021 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.



Resumen

Entre el 2000 y el 2019, se observaron mejoras en la continuidad del suministro eléctrico en los países de América Latina y el Caribe (ALC). A partir de una muestra de 143 distribuidoras eléctricas, estimase que la duración media de las interrupciones por cliente / año (SAIDI) ha disminuido en 40% y la frecuencia media de las interrupciones por cliente / año (SAIFI) en 45%. Durante este mismo período, varios países adoptaron instrumentos regulatorios para medir indicadores de calidad, y establecer estándares mínimos o estímulos para reducir las interrupciones en el suministro de energía eléctrica. El presente estudio discute el impacto de la regulación en mejorar la calidad del suministro de energía eléctrica en países de ALC. Con ese objetivo, se aplica un modelo econométrico utilizando los datos públicos disponibles de los reguladores y empresas de cada país para analizar el impacto de la regulación de calidad sobre los indicadores SAIDI, SAIFI y equivalentes, además de la influencia de otras características de las empresas de distribución sobre dichos indicadores. El análisis fue realizado en sólo nueve países de la región debido a la indisponibilidad de datos para los demás: Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Panamá, Perú y República Dominicana. Los resultados demuestran la efectividad del uso de instrumentos regulatorios para mejorar la calidad.

Índice de contenidos

1	Introducción	5
2	Contextualización: ¿Por qué los reguladores necesitan preocupar por la calidad del suministro de electricidad en ALC?	6
3	¿Cómo estimar el impacto de los instrumentos regulatorios en la calidad del suministro de energía eléctrica?	10
3.1	Datos sobre la calidad del servicio de las empresas de distribución	10
3.2	Variables de la regulación de calidad en los países seleccionados	11
3.3	El impacto de la regulación en la calidad del servicio de electricidad en ALC	3
4	Evidencia de los efectos de la regulación sobre la mejora de la calidad del suministro de la energía eléctrica: Presentación y discusión de los resultados	5
5	Conclusiones	9
6	Referencias Bibliográficas	11
	Anexo. SAIDI y SAIFI por empresa.....	13

1 Introducción

Este estudio analiza el impacto de la regulación en la calidad del suministro de energía eléctrica en países de América Latina y el Caribe. Este tema se vuelve cada vez más importante, visto la creciente necesidad de los servicios eléctricos fiables para alimentar la electrificación y digitalización de la economía, y garantizar la capacidad productiva de todo tipo de actividades y servicios en el entorno laboral y doméstico.

La calidad del suministro eléctrico depende de un buen funcionamiento y coordinación de toda la cadena del sistema eléctrico: generación, transmisión y distribución. En este estudio nos centramos en las empresas distribuidoras, donde la existencia de una “buena regulación” tiene un rol importante. Estas empresas reguladas se encargan del suministro de la electricidad a los consumidores finales mediante una infraestructura de redes de bajo voltaje¹ al final de la red de distribución y son las más cercanas al cliente. Debido a las altas inversiones iniciales necesarias en infraestructura y vinculado a razones de eficiencia técnica y operativa, esta actividad se caracteriza por presentar economías de escala que motivan la existencia de una sola empresa distribuidora en un territorio local. Esto implica que, para cada área geográfica, la prestación del servicio de distribución generalmente está a cargo de una sola empresa, configurándose en un monopolio natural en cada zona.

Dada la ausencia de competencia en la distribución y la dificultad de crear una opción descentralizada costo-efectiva para la mayoría de los consumidores, la estructura de mercado genera pocos incentivos para la calidad del servicio² ya que no hay una segunda empresa a la que recurrir. En este contexto, los contratos de concesión y/o los marcos regulatorios son herramientas esenciales para promover un servicio de mejor calidad.

Por otro lado, el regulador tiene un gran desafío para encontrar un equilibrio entre la calidad y los costos asociados a la calidad. Calidad teóricamente infinita, significa costos teóricamente infinitos debido a los incrementos marginales de obtener niveles elevados. Además, el regulador no conoce los costos asociados a este “*trade off*” debido a que la información operativa es en muchos casos privativa de la empresa distribuidora. Esta asimetría de información suele dificultar la efectividad de las entidades encargadas de la formulación y aplicación de la regulación. Sin embargo, existen herramientas regulatorias que buscan encontrar *proxies* de esta información y permitir la comparación de diferentes distribuidoras, establecer límites e incentivos para mejorar la calidad que puedan regular de manera eficiente a la mayoría de las distribuidoras.

Al otro lado de la asimetría de información está el desconocimiento del regulador sobre el nivel de calidad deseado por el consumidor final: cuánto está dispuesto a pagar por más calidad y, sobre todo, si está satisfecho con la provisión actual de los servicios. Esta información también tiende a ser difícil de compilar debido a la dispersión de los usuarios y la baja interacción con ellos por parte del regulador. Con respecto a la información sobre los costos, esta es difícil de adquirir por causa de los incentivos estratégicos de las firmas, y también porque la información del consumo está dispersa y puede cambiar con el tiempo.

¹ Se diferencia de la transmisión, en cuanto a que ésta última tiene por objeto el transporte a mayores distancias y mayor voltaje desde las plantas de generación hacia los centros de distribución, que en términos generales son las ciudades y centros poblados o industriales, donde se reduce el voltaje de la electricidad y comienza la actividad de distribución.

² El avance de la energía distribuida está motivando cambios a los incentivos a los instaladores de la misma, no obstante, la adopción es todavía concentrada en grupos de consumidores (Chueca et al. 2020).

Estudiar en qué medida la regulación de calidad impactará la mejora del servicio es un paso importante para los hacedores de políticas en ALC dado que: (1) resalta la necesidad de implementar regulación para mejorar la calidad en los países que todavía no la tienen, (2) pone en evidencia el alcance así como los límites de esta regulación, permitiéndonos discutir los próximos pasos para avanzar en este tema, y (3) ofrece elementos para la comparación entre reguladores y entre empresas distribuidoras.

Este estudio busca discutir la eficiencia de la regulación de calidad sobre la continuidad del suministro de energía eléctrica (medida por los indicadores SAIDI y SAIFI), además de la influencia de otras características de las empresas de distribución. Dadas las restricciones en la disponibilidad de datos y a la estructura de mercado vigente en los países, el análisis fue aplicado a nueve países, donde había datos públicos disponibles y por lo general con más de una distribuidora eléctrica – Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Panamá, Perú y República Dominicana. A nuestro conocimiento, este es el primer estudio que analiza cuantitativamente el impacto de la regulación sobre la duración y frecuencia de las interrupciones del servicio eléctrico medidas con el SAIDI y el SAIFI. El horizonte de análisis presenta 17 años, siendo de 2003 a 2019.

Este estudio está organizado de la siguiente forma. Empezamos presentando una contextualización del problema de la calidad del servicio de energía eléctrica en ALC subrayando así la importancia de abordar este tema y buscar soluciones. Más adelante, se presentan los tipos de instrumentos regulatorios más utilizados para evaluar la calidad del suministro de energía. En la cuarta sección, presentamos los datos y la metodología. Finalmente, en la quinta sección, cerramos con los resultados de las estimaciones, antes de llegar a la conclusión.

2 Contextualización: ¿Por qué los reguladores necesitan preocupar por la calidad del suministro de electricidad en ALC?

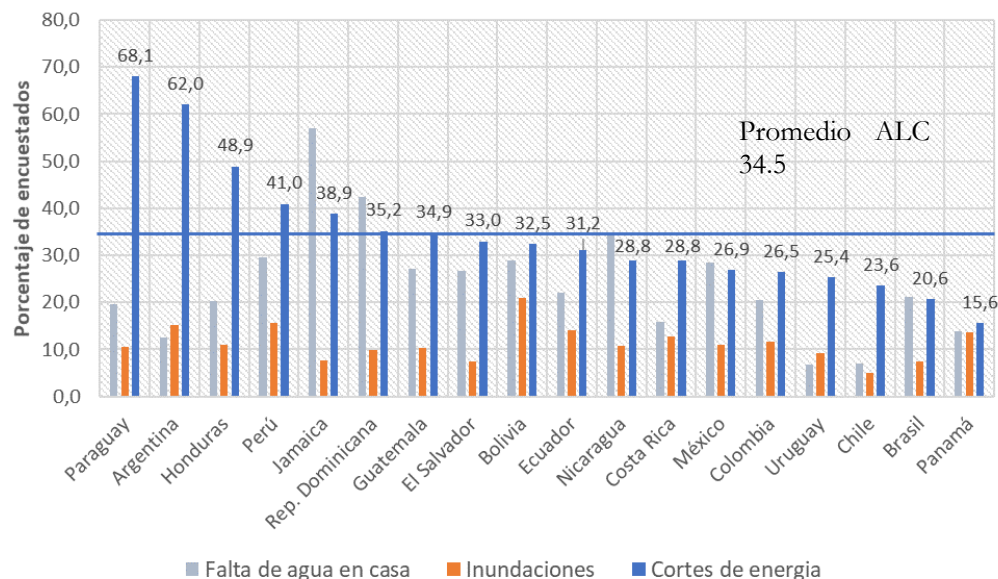
La cobertura eléctrica ha traído varios beneficios a la población, permitiendo el aumento de las tasas de empleo, la industrialización y el uso de nuevas tecnologías en los hogares y empresas. Otros beneficios menos directos también pueden observarse sobre la salud, la educación y la desigualdad de género, entre otros aspectos (Ravillard et al., 2019). Sin embargo, la provisión de electricidad en varios países en desarrollo a menudo está racionada, limitada, es inestable, y/o de mala calidad (Dinkelman, 2011; Rud, 2012, mencionado en Burlando, 2014).

Los países de ALC han reducido la brecha de acceso a la electricidad de manera significativa. Si bien el acceso a esta infraestructura ha traído importantes beneficios para hogares y empresas, este no garantiza que los usuarios se vean beneficiados de los servicios derivados de la energía para su bienestar y productividad. Para que la conexión a la electricidad sea verdaderamente útil, es importante que el servicio eléctrico se preste de forma asequible y confiable (Carvajal *et al*, 2020). Hay una mejora substancial en la calidad de los servicios eléctricos en las últimas dos décadas en América Latina y el Caribe, no obstante, la mejora de la calidad ha sido inferior a la mejora en las otras regiones del mundo (Cavallo et al, 2020).

(2.1) La interrupción del suministro eléctrico es una preocupación para el ciudadano

Del punto de vista de la percepción de los ciudadanos, hay una preocupación significativa sobre el problema de interrupciones del fornecimiento eléctrico. Según el Proyecto de Opinión Pública de América Latina (LAPOP por sus siglas) en su encuesta 2018-2019, las interrupciones eléctricas preocupan a más de 34% de los encuestados. Paraguay, Argentina, Honduras, Perú y Jamaica son los países con mayores porcentajes de entrevistados insatisfechos con los servicios de energía eléctrica. Además, en la mayoría de los países de la región es visto como un problema más grave que otros problemas asociados a los servicios básicos de infraestructura, como el abastecimiento de agua (falta de agua) y el alcantarillado (inundaciones) (**Ilustración 1**).

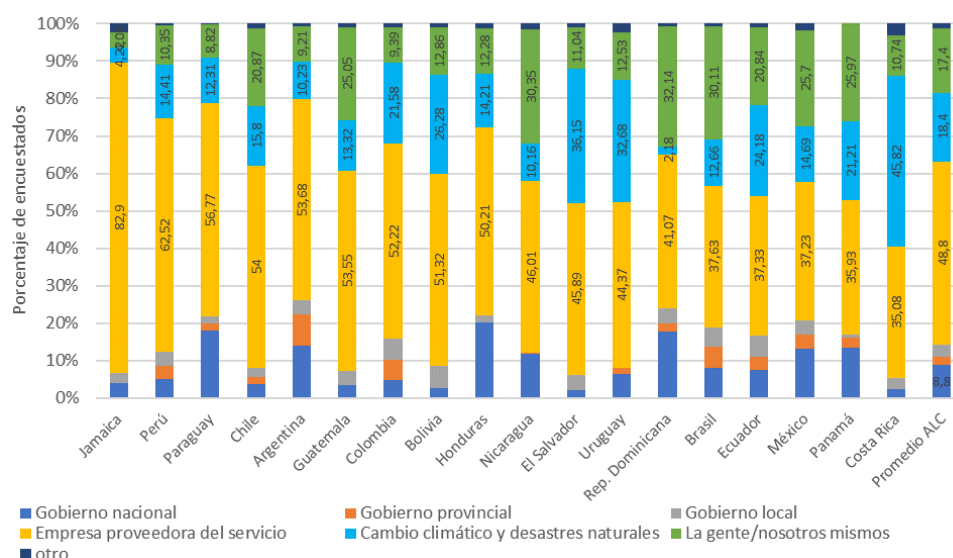
Ilustración 1. Problemas de servicios básicos que mencionan tener los hogares en ALC, 2018-2019.



Fuente: Elaborado por los autores utilizando la base de datos de LAPOP (2018-2019)

Adicionalmente, en la percepción de los ciudadanos, la culpa de la interrupción eléctrica es principalmente atribuida a las empresas. Según los datos de LAPOP, en promedio el 48,8% de los entrevistados creen que las distribuidoras de energía eléctrica son las culpables de las interrupciones de energía en su país (**Ilustración 2**), mientras que, solamente el 18,4 % de los encuestados asocian las interrupciones a los desastres naturales y al cambio climático, 17,4% los asocian a la “gente/nosotros mismos” (accidentes en el hogar, robos, daños de la infraestructura, entre otros), y 14,3% lo asocian a los gobiernos nacional, provincial y local. Esto subraya la importancia de la discusión sobre cómo las empresas pueden trabajar en mejorar la calidad del servicio, lo que mejorará además su imagen pública.

Ilustración 2. ¿Quién cree que es el principal responsable de los cortes de energía eléctrica?



Fuente: Elaborado por los autores utilizando la base de datos de LAPOP (2018-2019)

La baja calidad percibida a través de interrupciones frecuentes y prolongadas puede constituir en una barrera para el desarrollo productivo y la competitividad, con altos costos y pérdidas en los negocios, así como generar efectos negativos en la calidad de vida de la población (Fay y Morrison, 2007). Las interrupciones tienen consecuencias diferentes para usuarios diferentes, ya que distintos sectores de la economía tienen intensidades en el uso de la electricidad distintos; asimismo, las mejoras de la calidad del servicio pueden generar beneficios con diferentes magnitudes.

(2.2) La interrupción del suministro eléctrico impacta en el bien estar de las familias y puede aumentar la desigualdad

En los hogares, las interrupciones ocasionan malestar por la pérdida en la conservación de los alimentos, por no poder realizar actividades de educación y recreación (principalmente en horas nocturnas), no poder climatizar la temperatura ambiente o calentar agua en el hogar. Los problemas de calidad del servicio, principalmente cuando estos son recurrentes y prolongados, obligan a los hogares a recurrir a otros proveedores de energía que respalden el servicio eléctrico pero que sin embargo pueden implicar servicios más costosos y contaminantes, como a empresas con generadores propios, o a vendedores de velas y lámparas de batería (Levy, Carrasco, 2020). Además, las interrupciones pueden obligar a las familias en zonas rurales a recolectar leña o a comprar querosene para la calefacción y cocción de alimentos, y a comprar bolsas de hielo para mantener en buen estado sus alimentos (Ravillard et al., 2020; Carvajal et al., 2020). Esto puede afectar principalmente a mujeres y a niños en zonas rurales, ya que generalmente son responsables de buscar estas fuentes de energía alternativas. Inclusive, existen casos de violencia y abuso a mujeres y niñas, debido a que se ven obligadas a alejarse de sus comunidades para esta búsqueda (Beaujon, 2020).

(2.3) La interrupción del suministro impacta la productividad de las empresas, lo que es todavía más preocupante en el contexto de la digitalización de la economía

Del punto de vista de las empresas, debido a que la electricidad es un insumo esencial para que funcione todo el aparato productivo y las cadenas de valor, la baja calidad del servicio eléctrico (cortes de energía, baja cantidad suministrada o escasez, etc.) puede impactar significativamente en la productividad, competitividad e ingresos de las empresas, principalmente en aquellas que utilizan energía de manera intensiva (Allcott *et al.*, 2016; Cavallo *et al.*, 2020). Según Levy y Carrasco (2020), para las empresas, las interrupciones del servicio pueden elevar los costos debido a la pérdida de volúmenes de producción asociados al arranque y parada de los ciclos productivos.

En el caso particular de ALC, Cavallo *et al.* (2020) mencionan que las empresas que sufren interrupciones son considerablemente menos productivas y rentables que aquellas que disfrutan de un consumo ininterrumpido de electricidad. De acuerdo con cifras presentadas en el reporte de Acevedo *et al.* (2019), las empresas de la región que experimentan interrupciones informan pérdidas anuales en sus ventas de entre 0,3% y 2,5%, y estas pérdidas aumentan a un 3,4% si se consideran aquellas con mayor incidencia (el 10% más afectado).

Debido a que las pérdidas pueden ser graves, las empresas con capacidad y recursos tienden a buscar otras alternativas de energía para enfrentar los cortes de energía mediante la adquisición de sus propios generadores (fuera de la red eléctrica). Otras empresas, al no poder generar su propia energía frente a las interrupciones, pueden verse obligadas a detener su producción. Según el Banco Mundial (2021), en 2010, 22.5% de las empresas en América Latina tenían acceso a generadores propios o compartidos con el objetivo de reducir el riesgo de pérdidas debido a cortes de energía.

Además, la importancia de la calidad de la energía eléctrica para la industria viene creciendo todavía más con la digitalización. La energía ha jugado un rol fundamental en las distintas revoluciones industriales³.. Su rol sigue siendo relevante en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial, producto de la fusión de tecnologías destacadas como Big Data, la inteligencia artificial (AI), el internet de las cosas (IoT) que están generando mayor eficiencia en los procesos de producción (BID y Telefónica, 2019). Por este motivo, para que los países de la región puedan participar y aprovechar de los beneficios de esta revolución con ganancias de eficiencia y manteniendo la competitividad internacional, es fundamental garantizar la estabilidad del servicio eléctrico. Toda esta digitalización y generación de datos en tiempo real requieren de servicios de almacenamiento en la nube y de centros de procesamiento de datos, los cuales para su funcionamiento y buen desempeño necesitan de un servicio eléctrico de calidad (Hallack *et al.*, 2019).

Es así que más allá de los beneficios para los hogares y empresas, **el aumento en la calidad del servicio eléctrico debería ser visto como un tema estratégico para los países latinoamericanos en esa nueva etapa del desarrollo tecnológico donde la digitalización es un elemento central. El valor económico y social de la calidad de los servicios eléctricos aumenta y consecuentemente, se debería esperar una mayor demanda por calidad de los servicios.** Por otro lado, en el contexto del cambio climático, se espera que la mayor frecuencia de eventos extremos aumente la probabilidad de interrupciones.

Como esta creciente demanda por calidad en los servicios eléctrico será transposta a las empresas eléctricas reguladas, dependerá de la regulación.

(2.4) El regulador de un monopolio cuando define las tarifas define también los incentivos a la calidad de los servicios

Como las distribuidoras eléctricas son un monopolio, no hay incentivos económicos para lograr un nivel de servicios y precios eficientes del punto de vista económico. Para las distribuidoras, la calidad de los servicios significan costos, así la regulación tarifaria tiene que considerar los temas de calidad de los servicios. Caso no sea considerado, una empresa buscando maximizar beneficios tendrían incentivos a minimizar costos y así tener niveles calidad abajo del eficiente. No obstante, no se puede esperar tampoco una regulación otima visto la asimetría de información entre la distribuidoras y los reguladores. **El regulador tiene el papel y el desafío de criar mecanismos que incentive un aumento eficiente en los niveles de calidad** ⁴.

El mejoramiento de la calidad del servicio de energía eléctrica implica costos en el suministro debido a la necesidad de mayor mantenimiento, por ejemplo. Investigadores como Deutschmann *et al* (2021) destacan la importancia de evaluar si la propensión a pagar por un mejoramiento en la calidad es compatible con el aumento de costos incurridos por la firma de distribución de energía eléctrica. Además, encuentra que los hogares y las empresas están en general dispuestos a pagar un sobreprecio adicional a las tarifas actuales si esto genera una mejora significativa en la calidad del servicio.

Desde una perspectiva de eficiencia económica, según Fumagalli *et al* (2017), la eficiencia económica se alcanza cuando la disponibilidad a pagar del usuario por una unidad extra de calidad es equivalente al costo adicional en que incurre la empresa distribuidora por esa unidad extra de calidad. Y de acuerdo con Mori (2021), la aceptabilidad en la implementación de tarifas que reflejen los costos necesarios para mejorar los servicios de infraestructura puede suponer un desafío, pero a su vez, pueden generar un efecto duradero en la satisfacción del cliente.

⁴ Para más detalles sobre el rol de la regulación en el *trade off* calidad tarifas, ver (Sappington, 2005).

Del punto de vista de la teoría económica, se espera que el regulador tenga un rol importante y activo en garantizar la calidad de los servicios eléctrico, mismo sabiendo que este papel no es perfecto. La regulación de calidad se convirtió en parte importante de las regulaciones tarifarias en los países de ALC. En la próxima sección discutiremos como podemos estimar el impacto de medidas activas de regulación de calidad en los indicadores de interpción del servicio eléctrico. Y en la sección siguiente analizamos se la implementación de regulación de calidad impacto en el indicador de interrupciones en los países.

3 ¿Cómo estimar el impacto de los instrumentos regulatorios en la calidad del suministro de energía eléctrica?

Si bien a nivel teórico existen estudios que tratan los efectos de la regulación sobre la calidad del suministro de energía eléctrica, son pocos los artículos con evidencia empírica. Este trabajo contribuye a la literatura en este aspecto.

Una primera aproximación empírica se encuentra en Ajodhia *et al.* (2006), quienes evaluaron para el caso de Italia entre 2000 y 2003 el efecto de la introducción de un esquema del tipo “recompensas y sanciones” con margen de tolerancia. Los autores encuentran que existió un efecto positivo sobre la calidad, pues tanto el promedio nacional del SAIDI como el del SAIFI decrecieron significativamente (es decir que la calidad del servicio mejoró en este periodo). Es importante notar que a pesar de que este resultado sea interesante y vaya en la dirección esperada, basándose en la teoría y en las características de los datos, la evidencia empírica en este caso debe de ser considerada con cuidado, ya que tan solo constituye una comparación del SAIDI y el SAIFI antes y después de la modificación regulatoria.

Ter-Martirosyan y Kwoka (2010) analizan los efectos de la regulación para la calidad en SAIDI y SAIFI para los Estados Unidos. Los autores aprovechan las diferencias en los esquemas regulatorios que son aplicados a diferentes empresas de servicios eléctricos en el periodo 1993-1999. Algunas de estas firmas pasaron de ser reguladas con base en la tasa de retorno, a planes de regulación por incentivos, es decir, mediante un precio techo o alguna variante similar; además, en algunos casos, la regulación por incentivos fue acompañada por algún esquema de cumplimiento de estándares de calidad con recompensas o sanciones. Encontrando que este segundo esquema conseguía mejoras en las métricas de control de calidad.

En esta sección discutimos la eficacia de la regulación en mejorar la calidad del suministro de energía eléctrica en países de ALC inspirados en el trabajo de Ter-Martirosyan y Kwoka (2010). Se aplica un modelo econométrico para analizar el impacto de la regulación de calidad sobre el SAIDI y el SAIFI, y se incluye en el análisis la influencia de otras características de las empresas de distribución.

El presente estudio cuenta con el análisis del impacto de la regulación de nueve países: **Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Panamá, Perú y República Dominicana**. La selección de estos países está relacionada principalmente a la disponibilidad de información pública. Además, en su mayoría cuentan con un Regulador que implementa la regulación de calidad y poseen más de una empresa distribuidora por país. Además, como los países no presentan separación entre distribución y comercialización de energía eléctrica, analizamos directamente los datos de *performance* de las empresas de distribución. En la siguiente sección, explicamos la fuente y captura de datos de cada país evaluado, y en la siguiente, la metodología del modelo econométrico.

3.1 Datos sobre la calidad del servicio de las empresas de distribución

Como se ha expuesto anteriormente, los indicadores SAIDI y SAIFI son los indicadores de calidad del servicio de electricidad más ampliamente monitoreados por los reguladores y empresas distribuidoras de ALC. Por ese motivo, estos indicadores fueron elegidos para ser las variables dependientes del modelo

econométrico. Además, el modelo utiliza datos sobre la regulación de calidad implementada en cada país y características de las empresas como el número de clientes, y la estructura de capital: pública, privada o mixta. Las empresas públicas son aquellas cuyo capital está cerrado y totalmente controlado por el gobierno, o con participación de trabajadores en la empresa. Las empresas privadas son aquellas que no tienen participación gubernamental.

Según IEEE (2012), el SAIDI se define como el total de minutos de interrupciones del servicio en un año dividido por la cantidad de clientes atendidos; y el SAIFI mide la frecuencia con la que se interrumpe el servicio de un cliente en promedio en un año determinado. Es importante señalar que algunos países tienen algunas pequeñas diferencias metodológicas al contabilizar sus indicadores de continuidad del suministro eléctrico. Algunos países solo consideran las interrupciones que duran más de tres minutos, otros consideran solo las interrupciones que duran más de cinco minutos. También existen algunas diferencias en la ponderación de los índices nacionales: algunos por clientes, otros por punto de conexión o alimentador.

En la **Tabla 1** se muestra el universo de empresas investigadas y el número de empresas por país con información encontrada para los indicadores de calidad SAIDI y SAIFI (o indicadores equivalentes) durante al menos dos años. Del total de 160 empresas encuestadas, 143 fueron seleccionadas debido a la disponibilidad de datos. Para el análisis, fueron elegidos países con al menos dos distribuidoras de electricidad y un solo Regulador. Los países seleccionados y su número respectivo de empresas se enumeran en la **Tabla 1**. El horizonte de análisis presenta 17 años, siendo de 2003 a 2019.

Tabla 1. Empresas Investigadas y con información disponible de Calidad.

Países	Empresas Investigadas	Empresas con Información de SAIDI	Empresas con Información de SAIFI
1 Brazil	63	63	63
2 Chile	18	1	1
3 Colombia	21	21	21
4 Costa Rica	8	8	8
5 Ecuador	22	22	22
6 El Salvador	6	6	6
7 Panama	3	3	3
8 Peru	15	15	15
9 Rep. Dominicana	4	4	4
Total	160	143	143
Seleccionadas para el estudio	160	143	143

Fuente: Elaboración de los autores.

3.2 Variables de la regulación de calidad en los países seleccionados

La regulación de la calidad en el tramo de la distribución ha de considerar diferentes aspectos. Para Fumagalli *et al.*(2007), la calidad de la energía puede ser vista desde tres enfoques: (i) en la calidad comercial, donde se consideran aspectos directamente relacionados con la relación del distribuidor con el cliente (como tiempo de instalación para una nueva conexión; precisión en la medición del consumo y la facturación; asistencia de quejas, etc); (ii) en la calidad de voltaje (tensión): se refiere a las variaciones en las características de la tensión en relación con los valores estándar; y (iii) en la continuidad de suministro:

relacionada con las interrupciones en el suministro de energía que se describe por: número de interrupciones y su duración.

En este trabajo nos enfocamos en el tercer enfoque (SAIDI, SAIFI), debido a que son los indicadores relativamente más sistematizados en los países evaluados. El estándar internacional más conocido y utilizado es “*IEEE Std 1366-1998 Guide for electric power distribution reliability indices*” actualizado en 2012. En este capítulo, presentamos los instrumentos regulatorios relacionados a la continuidad del suministro de energía eléctrica para los 9 países seleccionados.

La existencia de regulación del servicio de distribución de energía se basa en las características del sector que a su vez dependen de las diferentes formas en las que se ha liberalizado el sector eléctrico. En ALC, el proceso de liberalización del sector eléctrico tuvo lugar de forma progresiva. Se inició en Chile en 1982, seguido por otros países de la región en la década de 1990 (**Ilustración 3**). Del grupo de países de análisis, Perú fue el segundo país en liberalizar su sector eléctrico en 1993, seguido en 1994 por la liberalización en Colombia y luego en 1996 en Brasil y El Salvador. Un año después, en 1997, República Dominicana y Panamá liberalizaron el sector eléctrico. Por último, se sumaron Costa Rica y Ecuador⁵ en 1999.

Ilustración 3. Liberalización del sector eléctrico en países de la América Latina y el Caribe.



Fuente: Elaboración de los autores.

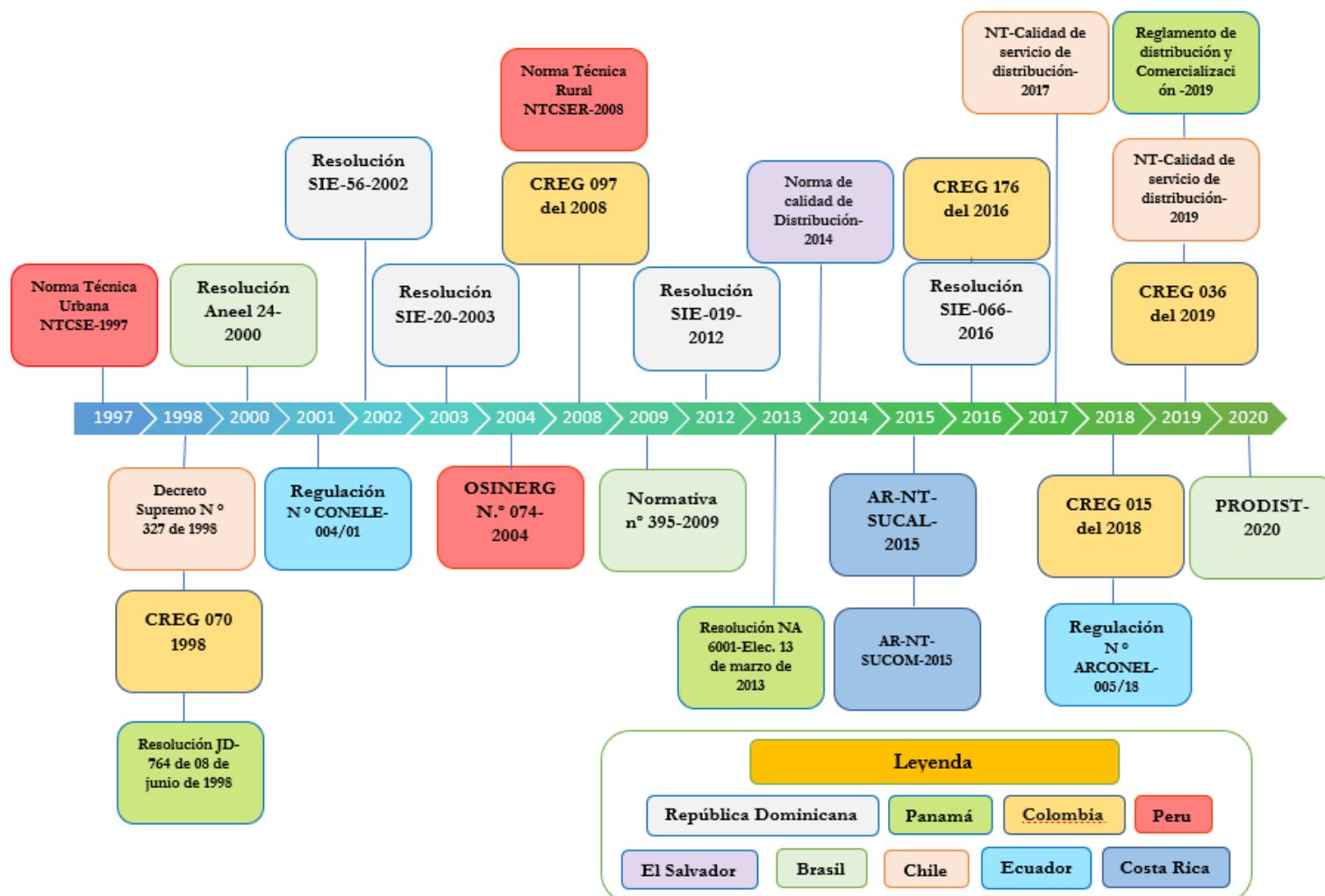
Como resaltan Levy y Carrasco (2020), el proceso de liberalización en estos países abrió el mercado a la inversión de empresas privadas. En este proceso se desarrollaron marcos legales y regulatorios con diferentes componentes, tales como:

- Operación de la transmisión y distribución entregada a concesión y en forma regulada;
- Obligación de las distribuidoras concesionarias de abastecer su área de concesión;
- Señales económicas que obligan a compensar a los clientes para estimular la calidad de servicio en algunos de los países.

En cuanto a la calidad de la distribución de energía eléctrica, se puede observar en la **Ilustración 4** que las regulaciones, orientadas a la confiabilidad y buena calidad en la distribución de energía, aparecen a partir de la segunda mitad de la década de 1990, siendo modificadas o complementadas por nuevas normativas en años posteriores. A este respecto la **Tabla 2** trae más detalles sobre los tipos de instrumentos regulatorios adoptados por las normativas en los países.

⁵ Sin embargo, desde 2015 el mercado eléctrico ecuatoriano de distribución y comercialización ya no es de libre competencia. La Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPÉE) establece en su artículo 43 y 49 que la compra y venta de energía eléctrica que se realice entre los participantes del sector eléctrico a través de contratos, así como las transacciones de corto plazo, serán liquidadas por el Operador Estatal Nacional de Electricidad-CENACE.

Ilustración 4. Línea del tiempo de la regulación de calidad en Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Panamá, Perú y República Dominicana.



Fuente: Elaboración de los autores con base en las regulaciones de los países.

Además, es importante resaltar que los países han adoptado progresivamente los indicadores internacionales SAIDI y SAIFI en diferentes años. En Perú, la adopción llegó en 2004 por medio del documento OSINERG N.º 074- 2004 -OS/CD. En la República Dominicana, fue en 2002 por medio de la Resolución SIE-56-2002. En Brasil y en Costa Rica, los indicadores equivalentes a SAIDI y SAIFI, actualmente utilizados, fueron implementados después de la publicación de las resoluciones nacionales de 2009 y 2015, respectivamente. Finalmente, Colombia ha adoptado los indicadores SAIDI y SAIFI solamente en 2016, antes se utilizaban indicadores equivalentes.

Mirando el historial de las normativas, así como la implementación de los indicadores de continuidad compatibles con las normas internacionales de calidad, hemos definido el año de la normativa reciente más importante en términos de calidad del servicio. Los resultados de este análisis con los años en que fueron implementados los instrumentos regulatorios más recientes y significativos para mejorar la calidad del suministro se presentan en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Normativas para mejora en la calidad del suministro de energía eléctrica

Países	Normas y Resoluciones	Instrumentos Regulatorios Implementados
Brasil	Resolución Aneel 395/2009	Adopción de indicadores equivalentes al SAIDI y SAIFI, y de Límites con Compensaciones Financieras (Penalización)
Chile	Nota Técnica 2019	Adopción de los indicadores SAIDI y SAIFI, límites Multas
Colombia	Norma de Calidad de Servicio CREG 097 de 2008	Adopción de los indicadores equivalentes al SAIDI y SAIFI, Incentivos Con bandas de indiferencia, compensaciones a los usuarios "peor servidos" y contratos de calidad extra
Costa Rica	AR NT SUCAL y SUCOM 2015	Adopción de los indicadores equivalentes al SAIDI y SAIFI, Límites y Compensaciones
Ecuador	Regulación No. ARCONEL 005/2018. Actualización	Adopción de indicadores equivalentes al SAIDI y SAIFI, Límites, compensaciones y sanciones por tipo de incumplimiento.
El Salvador	Norma de calidad-2014	Adopción de los indicadores equivalentes al SAIDI y SAIFI, y Compensaciones
Panamá	Resolución AN 6001-2013	Adopción de indicadores equivalentes al SAIDI y SAIFI Compensaciones y penalizaciones
Perú	OSINERG 074/2004	Adopción de los indicadores SAIDI y SAIFI, Límites y Compensaciones
República Dominicana	SIE 19/2012	Cambio del proceso de medición e inicio del proceso de transición para adopción del SAIDI y SAIFI, límite y compensaciones

Fuente: Elaboración de los autores con base en las regulaciones de los países.

Para ver el impacto de la regulación apenas mencionada analizamos el promedio del SAIDI y SAIFI antes y después de dicha regulación. La única excepción fue Panamá, debido a una falta de medición previa a la entrada en vigor de la regulación. La **Tabla 3** trae los datos de SAIDI y SAIFI promedio de las empresas

con información disponible por país⁶. Cuando miramos los indicadores por empresa antes y después de la regulación, vemos que los dos indicadores resultaron ser más pequeños después de la implementación de la regulación de calidad en los países analizados. Concretamente, después de la regulación más importante y reciente de calidad del suministro de energía eléctrica, el SAIDI promedio de las empresas ha pasado de 40.8 a 24.1 y el SAIFI promedio de 29.7 a 16.2.

Muestra de empresas del país	Año de la Regulación	SAIDI o equivalente		SAIFI o equivalente	
		Sin Regulación	Con Regulación	Sin Regulación	Con Regulación
Brasil	2009	17.6	16.8	16.2	12
Chile	2019	3.6	n.a.	9.1	n.a.
Colombia	2008	130	32.9	83.7	33.6
Costa Rica	2015	9.7	10	11.1	7.8
Ecuador	2018	104.4	14.1	82.5	9.3
El Salvador	2014	21	8.4	9.9	3.5
Panamá	2013	22.8	43.6	10.3	18.5
Perú	2004	n.a.	32	n.a.	15
República Dominicana	2012	128.5	115.7	40	26.8
Muestra Total de Empresas		40.8	24.1	29.7	16.2

Fuente: Elaboración de los autores.

3.3 El impacto de la regulación en la calidad del servicio de electricidad en ALC

Nuestro trabajo aplica un modelo econométrico a un panel balanceado utilizando como variable dependiente tanto SAIDI como SAIFI, respectivamente. Nuestra metodología se inspira en el trabajo de Ter-Martirosyan y Kwoka (2010) para Estados Unidos. La variable explicativa “Regulación” es una variable dummy que resume “si tiene o no regulación clave sobre calidad del suministro eléctrico en este año”. Además, utilizamos un vector con variables de control en que se incluyen otras variables con información sobre las empresas distribuidoras.

La ecuación (1) se regresa sobre la variable de Calidad_{*i,t*} identificada alternativamente como SAIDI o SAIFI para obtener los β_n estimadores correspondientes a todas las variables de control; *i* es la firma y *t* el año.

$$Calidad_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 * Regulacion_{it} + \beta_2 * PubliRegulador_{it} + \beta_3 * Publica_{it} + u_i + e_{it} \quad (1)$$

En particular, β_1 es el coeficiente de impacto de la variable de mayor interés “presencia de regulación para la calidad eléctrica” en la firma *i* en el año *t* (*Regulacion_{i,t}*), β_2 el coeficiente de impacto de la variable de control “presencia de publicación de forma transparente de los datos de SAIDI o SAIFI de las empresas en la página web del regulador” en el país de la firma *i* en el año *t* (*PubliRegulador_{it}*), β_3 el coeficiente de

⁶ La evolución de los indicadores SAIDI y SAIFI para las 143 empresas es presentada en el **Anexo 1**.

impacto de la variable control que informa si la empresa i en el año t es pública o no ($Publica_{it}$)⁷; y finalmente, u_i y e_{it} los residuos. La **Tabla 4** detalla las variables del modelo⁸. Finalmente, incluimos efectos fijos anuales para controlar por la tendencia de la calidad del suministro eléctrico en cada firma i .

Tabla 4. Variables del Modelo Econométrico.

Nombre	Descripción	Tipo	Unidad	Intervalo	Hipótesis con relación al signo del coeficiente
$Calidad_{i,t}$	En la estimación 1, SAIDI para la empresa (i) en el año (t); en la estimación 2, SAIFI para la empresa (i) en el año (t);	Dependiente	En la estimación 1, horas promedio de interrupción por cliente por año; en el modelo 2, número de interrupciones por cliente por año	$[0; \infty+]$	-
$Regulacion_{it}$	Si tiene o no regulación de calidad en este año	Independiente / Variable de interés	dummy	0 o 1	Negativo
$PubliRegulador$	Informa si hay o no publicación de información sobre el desempeño de la compañía (i) en el sitio del regulador de forma transparente, sistematizada y accesible en el año (t). Toma el valor 1 si dispone; y 0 si no;	Independiente /Control	dummy	0 o 1	Negativo
$Pública_{it}$	Informa si la empresa es pública o no, toma el valor de 1 en el año (t) si la empresa (i) es pública; y 0 en otro caso;	Independiente /Control	dummy	0 o 1	Cero o Positivo
UC_{it}	Número de clientes de la empresa (i) en el año (t);	Instrumental	clientes	$[0; \infty+]$	Negativo

Fuente: Elaboración de los autores

⁷ También intentamos incluir una interacción entre la variable de regulación y la de si la empresa es pública o privada, pero los resultados no fueron concluyentes. Eso puede ser explicado por la muestra contener solamente informaciones de empresas de países que cuentan con más de una empresa de distribución y solamente uno regulador. Por lo tanto, en un mismo país, una misma regulación interviene tanto sobre empresas públicas, como empresas privadas. Estos están disponibles por los autores a petición.

⁸ Además de las variables presentadas en la **Tabla 4**, intentamos añadir otras variables en las estimaciones, como la publicación de indicadores de calidad solamente en el sitio web de las compañías, la presencia de diferentes tipos de instrumentos regulatorios relacionados a la calidad del suministro de energía eléctrica (límites, incentivos continuos y contratos de calidad extra), los costos operacionales de las compañías (OPEX), la longitud de la red de distribución y la relación entre el número de clientes y la longitud (la densidad de clientes por km de red de distribución). Adicionalmente, las variables de tipos de instrumentos regulatorios presentaron una fuerte correlación con la variable instrumental, y la variable OPEX fue eliminada del modelo por presentar alta correlación con las variables número de clientes (UC_{it}) y activos totales ($activos_{it}$). En el caso de la longitud y de la densidad de la red, estas variables fueron retiradas del modelo debido al su pequeño número de observaciones. Por último, el uso del instrumento regulatorio de contratos de calidad extra no puede ser utilizado, porque se encuentra disponible únicamente en un país del grupo del análisis – Colombia.

Asumimos que existe endogeneidad entre las variables dependientes (SAIDI y SAIFI) y la variable $Regulacion_{i,t}$ por dos razones. Primeramente, no podemos excluir el hecho de que implementar regulaciones puede ser el resultado de una baja calidad del suministro eléctrico (Ter-Martirosyan y Kwoka, 2010). En este caso, podemos hablar de causalidad inversa. En segundo lugar, es probable que las mejoras en la regulación sobre la calidad eléctrica sean debidas a cambios administrativos en las autoridades regulatorias que influyan simultáneamente en la calidad del servicio y en la implementación de innovaciones regulatorias. En este caso, hablamos de una posible presencia de variables omitidas.

Para sortear estos obstáculos, proponemos utilizar una variable instrumental (VI). Inspirándonos en Ter-Martirosyan y Kwoka (2010) utilizamos como VI el Número de Clientes, que es un proxy del tamaño de la empresa en este caso. Para confirmar que hay endogeneidad en nuestro modelo corrimos un teste de endogeneidad para medir la relevancia de las variables elegidas sobre nuestro modelo, y otro test para identificar si los instrumentos seleccionados son débiles debido a que las variables pueden estar sobreidentificadas en su aporte explicativo al modelo⁹. En ambos casos, rechazamos la hipótesis nula de que las variables son exógenas y de que los instrumentos son débiles, respectivamente¹⁰, validando nuestra metodología. Asimismo, el teste de variable omitida¹¹ demostró que los dos modelos carecían de alguna o algunas variables. Por esta razón, incluimos efectos aleatorios. La justificación de la selección de efectos aleatorios sobre los efectos fijos se fundamenta en varias razones. Primero, al correr el teste de Hausman, vimos que la diferencia entre los coeficientes de las variables no es sistemática, por lo que se recomienda usar efectos aleatorios. Segundo, el uso de efectos aleatorios se justifica principalmente en que, para la mayoría de las empresas de servicios públicos, los cambios significativos en la regulación sobre la calidad eléctrica son puntuales y ocurren solamente en un año dado. Según Ter-Martirosyan y Kwoka (2010), el uso de efectos fijos en ese caso resultaría en una colinealidad sustancial con la variable dummy ligada a la existencia de regulación o no y dificultaría mucho la identificación por separado del impacto de la regulación.

Sin embargo, como se enseña más abajo, los resultados de los efectos aleatorios son iguales a los resultados de la regresión standard OLS con variable instrumental. Eso se puede deber a varias cosas. O la varianza de los efectos noobservados es negativa, lo que implicaría que sería reemplazada automáticamente por un cero. O hay correlación serial negativa entre los residuos. Primero y para eliminar esta última hipótesis, estimamos de nuevo la regresión con efectos aleatorios, pero incluyendo errores estándares robustos, lo cual nos da los mismos resultados. Para eliminar la segunda hipótesis de que la varianza de los efectos no observados es igual a cero, corrimos el test del multiplicador Lagrangian de Breusch y Pagan para efectos aleatorios^{12 13}. Los resultados validan nuestra especificación final.

4 Evidencia de los efectos de la regulación sobre la mejora de la calidad del suministro de la energía eléctrica: Presentación y discusión de los resultados

⁹ Estos testes corresponden en el “robust test score” y “robust regression-based test” de Wooldridge (1995), junto con el reporte de varias estadísticas que miden la relevancia de las variables exógenas excluidas, los cuales se corren después la estimación de “two-stage least squares” con variable instrumental.

¹⁰ Los resultados de estos testes están disponibles por parte de los autores a petición.

¹¹ Mas específicamente, corrimos el Ramsey RESET (“regression specification-error test”) para variable omitidas. El RESET testea que las variables omitidas no están causando mis-especificaciones (“especificación errónea”) en el modelo. La hipótesis nula es que no existen variables omitidas, la cual se rechazó al 5%.

¹² Esto se corre sobre los resultados de la regresión con los efectos aleatorios. Rechazamos la hipótesis nula de que la varianza de los efectos fijos no observados es igual a cero al 5%, y nos quedamos entonces con el hecho de que hay efectos aleatorios. Los resultados de estos testes están disponibles por parte de los autores a petición.

¹³ Los resultados de estos testes están disponibles por parte de los autores a petición.

Esta sección presenta en primer lugar una breve descripción de la evolución en los últimos 20 años de la duración promedio de las interrupciones por cliente en un año (SAIDI) y de la frecuencia de interrupciones por cliente por año (SAIFI) de las empresas distribuidoras de electricidad en los nueve países de ALC: Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Panamá, Perú, y República Dominicana. Posteriormente, se muestra evidencia del impacto de la regulación sobre esta evolución.

La Tabla 5 presentan los resultados de las estimaciones con la variable dependiente SAIDI y la Tabla 6 con la variable dependiente SAIFI. Vemos que la variable de interés (*Regulación*) es significativa con un nivel de confianza superior al 99% en todas las estimaciones (salvo al incluir efectos fijos de empresas) y robusta para explicar ambas variables dependientes SAIDI y SAIFI. Además, a pesar de los diferentes controles, efectos y variables, el signo del coeficiente de la variable *Regulación* permanece negativos y significativo en 5 de las 6 estimaciones hechas para cada variable dependiente. Confirmando nuestra hipótesis, el signo negativo de la variable de interés indica que **la regulación de calidad fue eficaz y llevó a la mejoría en la continuidad del servicio de energía eléctrica, tanto en términos de una disminución en la duración, así como de una disminución en la frecuencia promedio de las interrupciones por cliente.**

Fueron consideradas también estimaciones que consideran las variables de control *PublicaciónRegulador* (que indica la presencia de publicación de forma transparente de los datos de SAIDI o SAIFI de las empresas en el sitio del regulador); y *Pública* (que informa si la empresa es pública o no). La variable *PublicaciónRegulador* solamente es significativa al nivel de 95% y al nivel de 99% en la estimación que considera solamente efectos de años (columna 3) para explicar respectivamente las variables dependientes SAIDI y SAIFI. Por otro lado, la variable *Pública* es significativa al nivel de confianza del 99% para explicar tanto SAIDI cuanto SAIFI en 3 de las 4 estimaciones que utilizan variables de control, siendo omitida solamente en aquella en que son considerados efectos fijos de empresa. Que la variable *Pública* sea positiva y significativa indica que en promedio las empresas públicas tienden a tener peor desempeño en términos de duración y frecuencia de interrupciones del suministro de energía eléctrica. Este resultado debe tomarse con cuidado dado que en la estadística descriptiva (*Ilustración 5*) vemos que las empresas públicas tienden a tener mayor SAIDI y SAIFI en promedio, pero la dispersión de estos indicadores es mayor en empresas privadas. Incluso son las empresas privadas que presentan los peores resultados de SAIDI y SAIFI.

Las variables de año resultaron estadísticamente significativas con un nivel de confianza del 99% desde 2010, año de la regulación en Brasil - el país con mayor número de empresas de la muestra. También es interesante notar que los coeficientes significativos son todos positivos y tienden a disminuir con el tiempo. En otras palabras, la variable año indican que los indicadores SAIDI y SAIFI tienden a disminuir a lo largo del tiempo. Con relación a los efectos, vemos que los resultados de los efectos aleatorios (columna 6) son iguales a los resultados de la regresión standard OLS con variable instrumental (columna 4), reforzando la robustez de las estimaciones.

Por último, es importante destacar que los resultados de las estimaciones analizando el promedio del SAIDI y SAIFI antes y después de la regulación de los países, nos enseña que el SAIDI y el SAIFI resultaron ser más pequeños después de la implementación de la regulación de calidad (*Tabla 3*) con la única excepción de Panamá.

Tabla 5. Resultados de las estimaciones con Variable Dependiente SAIDI

VARIABLES (DV: SAIDI)	(1) OLS	(2) OLS	(3) OLS	(4) 2SLS IV	(5) FE	(6) RE
Regulación	-18.59*** (2.667)	-46.24*** (3.636)	-39.61*** (3.646)	-89.09*** (17.67)	710.1 (767.7)	-86.38*** (21.13)
PublicaciónRegulador			-6.547* (3.481)	0.369 (5.207)	-39.28 (70.12)	4.221 (5.704)
Pública			30.29*** (3.137)	17.16*** (5.750)		21.43*** (7.166)
2004.year		6.374 (8.593)	4.131 (8.311)	0.357 (9.565)	-41.57 (51.73)	2.507 (9.017)
2005.year		8.011 (8.566)	5.269 (8.286)	2.646 (9.532)	-38.98 (51.06)	4.592 (8.987)
2006.year		8.011 (8.514)	4.775 (8.239)	3.680 (9.443)	-54.03 (65.56)	5.910 (8.932)
2007.year		9.737 (8.489)	6.575 (8.214)	5.689 (9.443)	-52.02 (65.56)	7.919 (8.932)
2008.year		9.812 (8.440)	6.633 (8.168)	7.132 (9.306)	-53.95 (65.99)	8.425 (8.821)
2009.year		12.99 (8.420)	9.926 (8.149)	12.20 (9.335)	-68.31 (83.47)	13.39 (8.897)
2010.year		45.99*** (8.785)	37.17*** (8.531)	82.56*** (17.57)	-644.3 (700.2)	81.30*** (20.43)
2011.year		77.92*** (8.226)	67.11*** (8.013)	108.3*** (15.29)	-611.2 (693.1)	106.9*** (18.47)
2012.year		77.23*** (8.217)	66.16*** (8.007)	107.5*** (15.28)	-606.5 (687.0)	105.9*** (18.42)
2013.year		69.74*** (8.177)	57.59*** (7.980)	100.6*** (15.44)	-622.3 (695.7)	99.02*** (18.65)
2014.year		56.85*** (8.185)	44.69*** (7.988)	85.91*** (15.40)	-637.7 (696.5)	84.33*** (18.62)
2015.year		39.89*** (8.155)	28.07*** (7.958)	70.19*** (16.15)	-686.2 (726.6)	68.37*** (19.59)
2016.year		41.47*** (8.296)	29.98*** (8.109)	70.63*** (17.07)	-697.1 (732.3)	66.82*** (20.41)
2017.year		39.17*** (8.239)	26.86*** (8.057)	69.21*** (17.07)	-705.5 (741.0)	66.08*** (20.46)
2018.year		39.11*** (8.288)	26.18*** (8.122)	66.53*** (16.88)	-702.2 (733.5)	62.95*** (20.27)
2019.year		48.31*** (8.538)	34.22*** (8.387)	85.88*** (20.43)	-877.5 (921.8)	82.12*** (24.82)
Constant	41.22*** (1.980)	17.26*** (6.178)	21.06*** (6.914)	13.51 (8.881)	158.1 (163.3)	9.171 (8.473)
Observaciones	1,759	1,759	1,759	1,480	1,480	1,480
R-squared	0.027	0.156	0.212	0.153		
Número de Firmas					119	119
Efectos Fijos Anuales		X	X	X	X	X
Variables de Control			X	X	X	X
Variables Instrumentales				X	X	X

Fuente: Elaboración de los autores

*Nota: ***- significativo estadísticamente a un nivel de confianza de 99% ($p < 0.01$), **- significativo estadísticamente a un nivel de confianza de 95% ($p < 0.05$), *- significativo estadísticamente a un nivel de confianza de 90% ($p < 0.1$).*

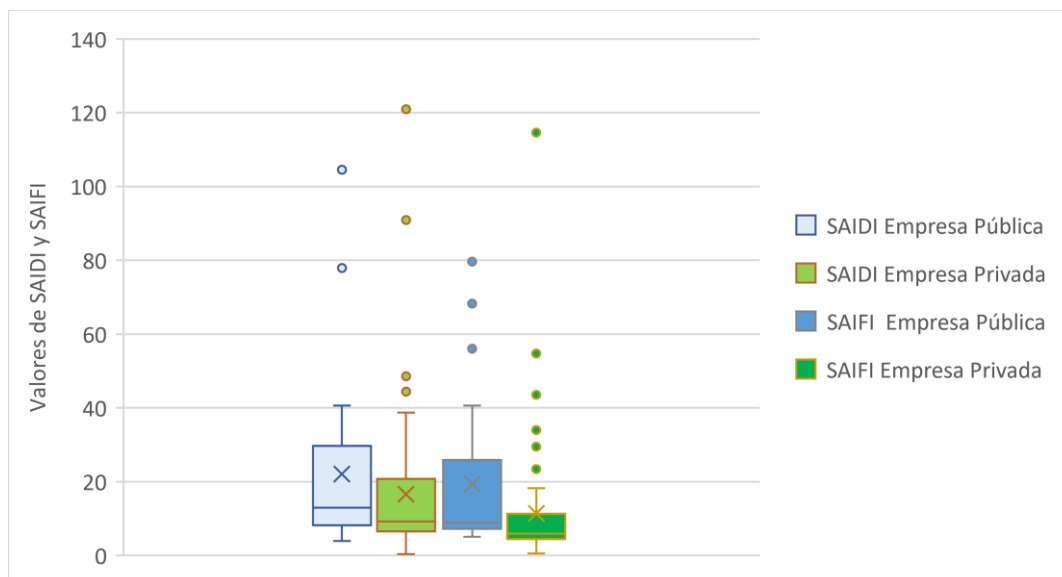
Tabla 6. Resultados de las estimaciones con la Variable Dependiente SAIFI

VARIABLES (DV: SAIFI)	(1) OLS	(2) OLS	(3) OLS	(4) 2SLS IV	(5) FE	(6) RE
Regulación	-14.28*** (1.978)	-37.29*** (2.660)	-29.97*** (2.674)	-80.23*** (13.71)	641.4 (787.2)	-80.23*** (13.80)
PublicaciónRegulador			11.36*** (2.627)	4.516 (4.103)	-59.19 (92.96)	4.516 (4.131)
Pública			25.54*** (2.306)	14.05*** (4.474)		14.05*** (4.504)
2004.year		-0.0163 (6.291)	-0.639 (6.085)	-1.186 (7.439)	-34.70 (47.91)	-1.186 (7.490)
2005.year		2.358 (6.272)	1.396 (6.067)	1.558 (7.415)	-42.24 (57.72)	1.558 (7.466)
2006.year		1.810 (6.216)	0.655 (6.017)	-0.0520 (7.369)	-50.74 (65.87)	-0.0520 (7.419)
2007.year		2.066 (6.198)	0.950 (5.999)	0.306 (7.369)	-50.38 (65.87)	0.306 (7.419)
2008.year		2.061 (6.181)	0.984 (5.982)	0.363 (7.278)	-45.60 (59.01)	0.363 (7.328)
2009.year		3.752 (6.150)	2.975 (5.954)	5.247 (7.278)	-72.83 (91.51)	5.247 (7.328)
2010.year		32.02*** (6.507)	25.90*** (6.314)	69.27*** (13.66)	-581.6 (713.3)	69.27*** (13.75)
2011.year		57.22*** (6.076)	49.93*** (5.914)	87.82*** (11.86)	-556.5 (707.4)	87.82*** (11.94)
2012.year		56.44*** (6.054)	49.29*** (5.894)	86.47*** (11.86)	-554.5 (703.6)	86.47*** (11.94)
2013.year		52.30*** (6.010)	44.95*** (5.860)	83.88*** (11.99)	-566.9 (713.7)	83.88*** (12.07)
2014.year		40.26*** (5.997)	33.09*** (5.847)	70.74*** (11.97)	-580.5 (714.6)	70.74*** (12.05)
2015.year		27.30*** (5.995)	19.36*** (5.846)	58.42*** (12.57)	-621.6 (744.8)	58.42*** (12.66)
2016.year		30.73*** (6.085)	21.21*** (5.944)	60.32*** (13.26)	-630.7 (750.5)	60.32*** (13.35)
2017.year		28.60*** (6.048)	19.11*** (5.910)	59.22*** (13.24)	-639.7 (761.1)	59.22*** (13.33)
2018.year		29.81*** (6.085)	19.15*** (5.960)	57.07*** (13.10)	-634.4 (751.4)	57.07*** (13.19)
2019.year		36.06*** (6.278)	24.04*** (6.164)	73.43*** (15.90)	-798.7 (950.7)	73.43*** (16.00)
Constante	29.22*** (1.468)	14.78*** (4.539)	1.394 (5.135)	9.126 (6.954)	162.6 (187.0)	9.126 (7.002)
Observaciones	1,737	1,737	1,737	1,471	1,471	1,471
R-squared	0.029	0.175	0.230	0.126		
Número de Firmas					118	118
Efectos Fijos Anuales		X	X	X	X	X
Variables de Control			X	X	X	X
Variables Instrumentales				X	X	X

Fuente: Elaboración de los autores

*Nota: ***- significativo estadísticamente a un nivel de confianza del 99%, **- significativo estadísticamente a un nivel de confianza del 95%, *- significativo estadísticamente a un nivel de confianza del 90%.*

Ilustración 5. SAIDI y SAIFI para empresas públicas y privadas 2018.



Fuente: Elaboración de los autores

5 Conclusiones

La calidad del servicio eléctrico es esencial para el bienestar y desarrollo humano y cada día se vuelve más importante para garantizar la competitividad económica de los países de ALC, en medio del avance de la nueva industria 4.0 que aparece con la digitalización. **Desde el punto de vista de la población general, uno de cada tres ciudadanos en LAC no está satisfecha con la calidad del servicio prestado por las empresas distribuidoras de electricidad.** A pesar de haber una heterogeneidad significativa entre diferentes empresas, las interrupciones del suministro aparecen como un reto a afrontar en la mayoría de ellas.

La regulación juega un papel importante en la promoción de un servicio eléctrico de mejor calidad. Sin embargo, en la práctica, por un lado, las asimetrías de información tienden a afectar la efectividad de los reguladores. Y en paralelo, la ausencia de información confiable y comparable dificulta las evaluaciones de impacto de los diferentes tipos de regulación entre diferentes países en situaciones similares, necesidad a la que hemos dado respuesta en este trabajo.

Los instrumentos regulatorios estudiados en los países evaluados son aplicados principalmente con base en la medición de indicadores de calidad, que informan sobre la continuidad del servicio de energía eléctrica. Es apoyándonos en la existencia de estándares internacionales que dan seguimiento de ese tipo de indicadores en casi todos los países que podemos medir la evolución de estos indicadores. La mayoría de los países de ALC tienen una regulación que prevé la mejora de la calidad con base en el seguimiento de la duración promedio en minutos de interrupciones por usuario en un año (SAIDI o equivalente) y la frecuencia promedio de interrupciones por usuario en un año (SAIFI o equivalente).

Además del monitoreo de los indicadores SAIDI y SAIFI (o equivalentes), los países cuentan igualmente con la imposición de límites de frecuencia y duración de las interrupciones del suministro, así como las

compensaciones financieras para los clientes cuando la empresa ultrapasa tales límites. Algunos países, como Brasil y Colombia, tienen instrumentos adicionales como la adopción de incentivos (o sanciones) graduales con relación a mejoras (o peores) en el nivel de esos indicadores. En el caso de Colombia, el país prevé aún la posibilidad de contratación del suministro de energía eléctrica con estándares de calidad más elevados.

En función de datos disponibles, hemos analizado Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Panamá, Perú y República Dominicana. Con base en las estadísticas descriptivas de la muestra de 143 distribuidoras eléctricas con datos públicos en esos países, fue posible verificar que en promedio el SAIDI y el SAIFI, después de la regulación de calidad del suministro de energía eléctrica, han pasado respectivamente de 40.8 a 24.1 horas de interrupción por cliente por año, y de 29.7 a 16.2 interrupciones por cliente por año.

Utilizando estos datos de SAIDI y SAIFI, **las estimaciones muestran que la regulación de calidad tuvo un efecto beneficioso en la reducción de la duración y la frecuencia promedio de las interrupciones por cliente en las empresas evaluadas de la muestra; y que esa mejoría tiende a aumentar a lo largo del tiempo.** La publicación de los indicadores de continuidad del suministro de energía eléctrica de las empresas de distribución en el sitio del regulador de forma transparente también parece contribuir a la mejoría del indicador SAIDI de las empresas.

Es importante destacar que, mirando las estadísticas descriptivas, las empresas públicas tienen en promedio un SAIDI y SAIFI más altos, pero la dispersión de estos indicadores es mayor en empresas privadas, contando estas últimas responsables con los peores indicadores performance de la muestra. Por lo tanto, la comparación entre empresas públicas y privadas en términos de performance de continuidad del suministro no es conclusiva.

En términos de próximos pasos, sería interesante evaluar en las estimaciones del modelo otras variables como, por ejemplo: clima, presencia de redes subterráneas, ingreso de la población, y la diferencia entre regiones urbanas y rurales. Otra pregunta que este modelo podría evaluar es si el estilo de la regulación tarifaria (como, por ejemplo, *price cap* y *revenue cap*) y la existencia de la figura del comercializador de energía eléctrica por sí solo ayuda o no a mejorar la calidad del suministro de energía eléctrica. Además, sería interesante replicar el mismo tipo de modelo para evaluar la eficacia de la regulación en las pérdidas de las empresas. En efecto, el análisis del impacto de esas variables sobre el SAIDI y SAIFI de las empresas sería interesante para evaluar la relación entre las cuestiones climáticas y socioeconómicas, con la calidad de la continuidad del suministro de energía eléctrica. Estudios de este tipo ayudarían además a verificar si es importante incluir instrumentos en la regulación de calidad que permitan disminuir tales efectos y desigualdades regionales.

Los resultados de esta investigación apuntan a la importancia de **la regulación sobre la calidad de servicio eléctrico implementada en los países de ALC.** No obstante, también hay límites en la promoción de la calidad de los servicios. Hay siempre cálculos estratégicos de los agentes regulados y situaciones complejas de economía política, principalmente cuando involucran empresas públicas. Los incentivos a la inversión en digitalización y otras nuevas tecnologías, pueden ser mecanismos complementarios para conseguir mejoras sostenibles y duraderas de la calidad del servicio.

6 Referencias Bibliográficas

Acevedo, M., Borensztein, E., Lennon, J. (2018). Development Gaps: Methodological of Private Sector Indicators. Washington DC: BID Invest.

Ajodhia, V., & Hakvoort, R. (2005). Economic regulation of quality in electricity distribution networks. *Utilities Policy*, 13(3), 211-221.

Ajodhia, V., Schiavo, L. L., & Malaman, R. (2006). Quality regulation of electricity distribution in Italy: an evaluation study. *Energy Policy*, 34(13), 1478-1486.

Allcott, H. Wexler, A., O'Connell, S. (2016). How Do Electricity Shortages Affect Industry? Evidence from India. *American Economic Review*, 587-624.

Beaujon, A. (2020). ¿Por qué el acceso a la energía contribuye a la eliminación de la violencia en contra de las mujeres? Retrieved from *Energía para el Futuro*: https://blogs.iadb.org/energia/es/por-que-el-acceso-a-la-energia-contribuye-a-la-eliminacion-de-la-violencia-en-contra-de-las-mujeres/#_ftn2

Banco Mundial (2021). Enterprise Surveys. TCdata360. Infrastructure/Percent of firms owning or sharing a generator. Disponibles en: https://tcdata360.worldbank.org/indicators/h8a7426d7?country=ARG&indicator=249&countries=COL,CHL,CRI,BRA,ECU,SLV,PAN,PER,BOL,DOM&viz=bar_chart&years=2010&compareBy=region

BID y Telefónica. (2018). Desafíos y oportunidades de la economía digital. In M. d. EDX. Autor.

Burlando, A. (2014). Power Outages, Power Externalities, and Baby Booms. *Population Association of America - Jstor*, 1477-1500.

Carvajal, F., Lopez-Soto, D., Sanin, M., Mejdalani, A., Ravillard, P., Chueca, E., García-Ochoa, R., Hallack, M. (2020). Más allá de la electricidad: cómo la energía provee servicios en el hogar. Washington DC.: Banco Interamericano de Desarrollo.

Cavallo, E.; Powell, A.; Serebrisky, T. (2020). De Estructuras a Servicios. El camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe. Washington DC: Banco Interamericano de Desarrollo Disponible en: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/De-estructuras-a-servicios-El-camino-a-una-mejor-infraestructura-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf>

Deutschmann, J. W.; Postepska, A. Sarr, L. (2021) Measuring willingness to pay for reliable electricity: Evidence from Senegal. *World Development*. V. 138, February.

Fay, M., Morrison, M. (2007). Infrastructure in Latin America and the Caribbean: Recent Developments and Key Challenges. *Directions in Development Infrastructure*. Washington DC: World Bank.

Fumagalli, E., Schiavo, L., & Delestre, F. (2007). Service quality regulation in electricity distribution and retail. Springer Science & Business Media.

IEEE. (2012) Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices *IEEE Std 1366-2012 (Revision of IEEE Std 1366-2003)*. Doi: 10.1109/IEEESTD.2012.6209381.

Hallack, M., Madrigal, M., Lopez, D. (2019). ¿Tiene América Latina y el Caribe la energía suficiente para convertirse en un líder mundial de Centros de Datos? Retrieved from *Energía para el futuro*:

<https://blogs.iadb.org/energia/es/tiene-latinoamerica-y-el-caribe-la-energia-suficiente-para-convertirse-en-un-lider-mundial-de-centros-de-datos/>

Levy, A., & Carrasco, J. (2020). Calidad y confiabilidad de los servicios eléctricos en América Latina. Inter-American Development Bank.

Mori, R. J. (2021) It's not price; It's quality. Satisfaction and price fairness perception. World Development. V.139, March, 105302.

Sappington, D. E. (2005). Regulating service quality: A survey. Journal of regulatory economics, 27(2), 123-154.

Ter-Martirosyan, A., & Kwoka, J. (2010). Incentive regulation, service quality, and standards in US electricity distribution. Journal of Regulatory Economics, 38(3), 258-273.

Wooldridge, J. M. (1995). Score diagnostics for linear models estimated by two stages least squares. In Advances in Econometrics and Quantitative Economics: Essays in Honor of Professor C. R. Rao, ed. G. S. Maddala, P. C. B. Phillips, and T. N. Srinivasan, 66–87. Oxford: Blackwell

Anexo. SAIDI y SAIFI por empresa

Figure A.1. Evolución del SAIDI y SAIFI por empresa de distribución de energía eléctrica antes y después de regulación de calidad – continúa.

País	Año de la Regulación	Empresa	SAIDI o equivalente		SAIFI o equivalente	
			Sin Regulación	Com Regulación	Sin Regulación	Com Regulación
Brasil	2009	AME		50.21		35.68
Brasil	2009	BoaVista	14.24	24.12	32.06	41.99
Brasil	2009	CEA	40.51	61.94	45.96	44.23
Brasil	2009	CEBDIS	13.21	13.74	13.83	11.38
Brasil	2009	CEEED	23.16	19.40	17.86	12.72
Brasil	2009	CELESCDIS	18.10	13.94	13.86	9.71
Brasil	2009	CELGD	23.03	31.40	22.31	20.18
Brasil	2009	CELPE	15.20	18.24	10.20	7.52
Brasil	2009	CEMAR	48.06	17.09	29.57	9.53
Brasil	2009	CEMIGD	12.23	12.11	6.66	5.99
Brasil	2009	CERON	48.06	35.87	58.59	25.30
Brasil	2009	CERR	169.93	78.52	20.61	53.72
Brasil	2009	CFLO	3.93	5.21	5.58	5.11
Brasil	2009	CHESP	19.56	14.31	44.79	23.91
Brasil	2009	CNEE	6.32	7.70	9.03	9.67
Brasil	2009	COCEL	14.95	10.86	10.80	8.30
Brasil	2009	COELBA	16.71	20.88	9.45	8.51
Brasil	2009	COOPERALIANÇA	3.89	4.94	3.04	4.19
Brasil	2009	COPELDIS	14.30	11.24	13.36	7.73
Brasil	2009	COSERN	12.52	13.51	9.39	7.40
Brasil	2009	CPFLJaguari	6.96	6.40	6.30	5.30
Brasil	2009	CPFLLeitePaulista	8.36	8.23	8.71	6.32
Brasil	2009	CPFLMococa	7.35	6.46	8.62	5.79
Brasil	2009	CPFLPAULISTA	6.40	6.94	5.54	4.86
Brasil	2009	CPFLPIRATININGA	7.18	6.85	5.37	4.40
Brasil	2009	CPFLSantaCruz	7.96	6.50	9.61	5.86
Brasil	2009	CPFLSulPaulista	10.32	10.36	9.26	8.03
Brasil	2009	DCELT	9.90	14.06	15.10	15.87
Brasil	2009	DEMEI	11.42	9.91	14.80	11.20
Brasil	2009	DMED	5.43	3.29	6.77	3.01
Brasil	2009	EBO	15.02	7.79	12.12	5.59
Brasil	2009	EDEVP	7.95	6.13	8.86	5.50
Brasil	2009	EDPES	11.73	9.21	8.96	5.67
Brasil	2009	EDPSP	9.77	8.60	7.16	5.48
Brasil	2009	EEB	9.45	12.72	11.58	9.49
Brasil	2009	EFLJC	12.35	3.55	8.03	3.38
Brasil	2009	EFLUL	15.31	7.15	15.59	7.04
Brasil	2009	ELEKTRO	10.06	8.44	7.27	4.91
Brasil	2009	ELETROACRE	24.95	53.72	37.93	40.74
Brasil	2009	ELETROCAR	25.15	14.60	25.03	12.57
Brasil	2009	ELETROPAULO	10.25	11.89	6.84	5.46

Figure A.1. Evolución del SAIDI y SAIFI por empresa de distribución de energía eléctrica antes y después de regulación de calidad – continúa.

País	Año de la Regulación	Empresa	SAIDI o equivalente		SAIFI o equivalente	
			Sin Regulación	Com Regulación	Sin Regulación	Com Regulación
Brasil	2009	ENF	19.07	8.58	16.75	6.82
Brasil	2009	EPB	35.49	19.46	17.49	9.54
Brasil	2009	EquatorialAL	25.18	31.61	19.25	17.86
Brasil	2009	EquatorialPA	44.43	56.84	37.43	31.36
Brasil	2009	EquatorialPI	49.03	30.88	38.44	21.08
Brasil	2009	ESE	14.47	15.09	10.82	9.01
Brasil	2009	ESS	6.95	7.68	7.97	7.08
Brasil	2009	ETO	44.17	34.14	35.14	17.58
Brasil	2009	FORCEL	2.28	1.89	5.42	3.63
Brasil	2009	HIDROPAN	13.00	8.00	18.15	10.88
Brasil	2009	LIGHT	9.20	13.36	6.65	6.80
Brasil	2009	MUXENERGIA	19.43	4.11	18.09	3.81
Brasil	2009	RGE	19.75	15.36	13.52	8.44
Brasil	2009	RGESUL	19.68	16.30	13.72	8.16
Brasil	2009	SULGIPE	18.85	12.21	19.21	9.92
Brasil	2009	UHENPAL	23.80	16.23	28.12	10.04
Chile	2019	Enel	6.64		1.52	
Colombia	2008	Codensa		12.61		13.24
Colombia	2008	Essa		24.39		20.37
Colombia	2008	Electricaribe	130.00	96.91	83.70	90.20
Colombia	2008	Emcali		18.77		23.90
Colombia	2008	EPM		15.11		22.59
Colombia	2008	Epsa(Celsia)		17.07		20.35
Colombia	2008	Cedenar		82.95		48.76
Colombia	2008	Cens		32.94		10.39
Colombia	2008	Cetsa		5.18		14.34
Colombia	2008	Chec		33.21		28.00
Colombia	2008	Despac		73.84		44.61
Colombia	2008	Edeq		11.54		14.36
Colombia	2008	Emsa		18.72		31.81
Colombia	2008	EletroCaqueta		63.08		66.47
Colombia	2008	CEO		18.72		31.56
Colombia	2008	EECC		82.48		
Colombia	2008	EBSA		12.29		56.68
Colombia	2008	EEP		15.45		12.10
Colombia	2008	Electrohuila		51.40		43.37
Colombia	2008	Enelar		94.16		66.69
Colombia	2008	Enertolima		60.28		112.12
Costa Rica	2015	CNFL	10.29	34.38	12.75	60.24
Costa Rica	2015	COOPEALFARO	29.90	5.37	47.00	6.55
Costa Rica	2015	COOPEGUANACASTE	4.80	6.75		8.40
Costa Rica	2015	COOPELESCA	7.90	9.85	11.00	9.65
Costa Rica	2015	COOPESANTOS	1.80	16.63		7.23
Costa Rica	2015	ESPH	5.30	15.65	5.00	7.63
Costa Rica	2015	ICE	14.00	10.22	11.74	8.68
Costa Rica	2015	JASEC	4.93	9.12	6.75	7.15

Figure A.1. Evolución del SAIDI y SAIFI por empresa de distribución de energía eléctrica antes y después de regulación de calidad – continúa.

País	Año de la Regulación	Empresa	SAIDI o equivalente		SAIFI o equivalente	
			Sin Regulación	Com Regulación	Sin Regulación	Com Regulación
Ecuador	2018	CNEL	84.19	11.14	75.71	8.71
Ecuador	2018	CNELGuayaquil	3.37	2.63	5.70	3.50
Ecuador	2018	CNELBolívar	167.43	17.58	111.31	8.84
Ecuador	2018	CNELElOro	104.99	12.79	118.74	14.84
Ecuador	2018	CNELEsmeraldas	181.58	18.14	111.94	13.91
Ecuador	2018	CNELGuayasLosRíos	69.70	14.52	73.82	11.04
Ecuador	2018	CNELLosRíos	157.40	25.45	200.77	14.96
Ecuador	2018	CNELManabí	177.49	8.21	149.52	7.51
Ecuador	2018	CNELMilagro	180.66	17.82	118.15	15.08
Ecuador	2018	CNELStaElena	128.55	24.85	98.45	11.09
Ecuador	2018	CNELStoDomingo	89.05	4.46	70.79	4.06
Ecuador	2018	CNELSucumbíos	285.14	36.62	207.06	18.52
Ecuador	2018	EEAmbato	53.68	7.18	50.90	5.53
Ecuador	2018	EEAzogues	38.55	7.60	31.19	4.96
Ecuador	2018	EECentrosur	44.28	9.41	27.00	4.48
Ecuador	2018	EECotopaxi	26.39	6.22	28.46	6.77
Ecuador	2018	EEGalápagos	105.31	29.77	71.35	13.03
Ecuador	2018	EENorte	92.04	10.84	60.67	8.56
Ecuador	2018	EEQuito	20.28	1.54	21.57	1.93
Ecuador	2018	EERiobamba	119.33	23.18	54.25	11.52
Ecuador	2018	EESur	53.07	6.70	31.17	5.62
Ecuador	2018	EEPdeGuayaquil	28.22	-	40.42	
El Salvador	2014	CAESS	21.82	8.63	9.87	3.67
El Salvador	2014	CLESA	21.95	11.08	8.13	3.93
El Salvador	2014	DEUSEM	20.21	5.97	10.38	2.38
El Salvador	2014	DELSUR	23.32	10.69	10.30	5.39
El Salvador	2014	EEO	27.17	11.08	14.29	3.88
El Salvador	2014	EDESAL	7.14	3.01	4.32	1.72
Panamá	2013	ENSA	21.82	36.02	9.87	15.49
Panamá	2013	EDEMET	21.95	51.55	8.13	19.56
Panamá	2013	EDECHI	20.21	39.29	10.38	19.36

Figure A.1. Evolución del SAIDI y SAIFI por empresa de distribución de energía eléctrica antes y después de regulación de calidad – continuación.

País	Año de la Regulación	Empresa	SAIDI o equivalente		SAIFI o equivalente	
			Sin Regulación	Com Regulación	Sin Regulación	Com Regulación
Peru	2004	EnelDistribuciónPerú		8.65	2.87	2.86
Peru	2004	Hidrandina		48.17		20.26
Peru	2004	SurEste		35.14		18.32
Peru	2004	Electrosur		15.89		9.62
Peru	2004	Electropuno		20.32		12.98
Peru	2004	Edelnor			4.46	3.94
Peru	2004	Electrodunas		62.14		16.33
Peru	2004	ENOSA				28.03
Peru	2004	SEAL				15.28
Peru	2004	Electronoroeste		43.20		43.20
Peru	2004	SociedadEléctricadelSurOeste		21.75		9.89
Peru	2004	Electrocentro		56.48		24.40
Peru	2004	ElectroOriente		23.76		23.76
Peru	2004	Electronorte		25.35		11.68
Peru	2004	ElectroUcayali		14.84		10.33
Rep Dominicana	2012	Edenorte	158.62	92.82	46.47	27.17
Rep Dominicana	2012	Edesur	161.94	125.27	46.11	32.91
Rep Dominicana	2012	EDEESTE	137.24	139.75	35.18	
Rep Dominicana	2012	CEPM	79.69	124.29	17.55	12.25
Total			40.75	24.08	29.75	16.15

Fuente: Elaboración de los Autores con base en informaciones contenidas en el sitio de las compañías y de los reguladores.