

REPORTE DE ANÁLISIS ECONÓMICO SECTORIAL

ELECTRICIDAD

Problemas de Calidad y Regulación por Incentivos en la Distribución de Electricidad

Año 4 – N° 7 – Junio 2015



ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA

Bernardo Monteagudo 222, Magdalena del Mar
Lima – Perú

www.osinergrmin.gob.pe

Oficina de Estudios Económicos

Teléfono: 219-3400 Anexo 1057

[http://www.osinergrmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_
osinergrmin/estudios_economicos/reportes-de-analisis-
economico-sectorial](http://www.osinergrmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinergrmin/estudios_economicos/reportes-de-analisis-economico-sectorial)



Contenido

Presentación	3
Problemas de calidad y regulación por incentivo en distribución de electricidad	4
Introducción	4
Calidad y Monopolio	5
Regulación Económica y Calidad	7
Regulación por tasa de retorno (rate of return, ROR)	9
Regulación por incentivos en distribución eléctrica	9
Instrumentos de regulación de la calidad en la distribución eléctrica	12
Problemas de calidad del suministro eléctrico	13
Remuneración basada en Performance (Output – Based)	15
Perú: propuesta de regular la calidad en la distribución eléctrica.....	16
Conclusiones	17
Notas.....	19
Abreviaturas utilizadas	23



Presentación

Como parte de sus actividades asociadas a la gestión del conocimiento dentro del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinerghmin), la Oficina de Estudios Económicos (OEE) realiza un seguimiento a los principales eventos y discusiones de política en los sectores energético y minero. Este esfuerzo se traduce en los Reportes de Análisis Económico Sectorial (RAES) sobre las industrias reguladas y supervisadas por Osinerghmin (gas natural, hidrocarburos líquidos, electricidad y minería).

Los RAES buscan sintetizar los principales puntos de discusión de los temas económicos vinculados a las industrias bajo el ámbito de Osinerghmin, a la vez informa sobre posibles desarrollos o evolución futura de estos sectores. El presente RAES del sector eléctrico aborda el tema: problemas de calidad y regulación por incentivo en distribución de electricidad.

En particular, la regulación por incentivos de la distribución eléctrica está diseñada para crear mecanismos similares a los de mercado que favorezcan la reducción de costos, incentivando la eficiencia en los mercados regulados. En los últimos años, una serie de países han implementado mecanismos de remuneración de las actividades reguladas basados en indicadores de desempeño y calidad. De la misma manera, el Perú ha publicado el Decreto Legislativo N° 1221 que establece que el Valor Agregado de Distribución se basa en una empresa modelo eficiente con un nivel de calidad y de costos estándares. Asimismo, el presente RAES servirá como base para la publicación de un Documento de Trabajo titulado “Regulación de la Distribución Eléctrica basada en performance: Propuesta para el caso peruano”.

Los comentarios y sugerencias se pueden enviar a avasquez@osinerghmin.gob.pe o a cvilches@osinerghmin.gob.pe.

Arturo L. Vásquez Cordano
Gerente de Estudios Económicos



Problemas de Calidad y Regulación por Incentivos en la Distribución de Electricidad

Introducción

Los esquemas regulatorios de la actividad de distribución eléctrica establecen procedimientos que determinan el nivel de ingresos que las empresas pueden obtener por la provisión del servicio.

Los esquemas implementados pueden tener un efecto significativo sobre los incentivos a las inversiones en las redes de distribución. La regulación de la tarificación de la distribución eléctrica considera la existencia de problemas de agencia entre la empresa regulada y el regulador. Los problemas de agencia hacen referencia a las asimetrías de información existente entre estos dos agentes, las cuales generan rentas para la empresa regulada dada la imposibilidad del regulador de conocer el costo eficiente de proveer el servicio para la empresa.^[1]

Por este motivo, la regulación por incentivos ha ganado importancia frente a la regulación basada en la tasa de retorno (*Rate of Return*) o *Cost-Plus*.

El presente reporte dará una visión general sobre la regulación de la calidad en las empresas de distribución eléctrica. En aquellas situaciones donde la estructura de mercado es un monopolio natural, la elección del nivel de calidad del producto por parte del monopolista, puede no ser la socialmente óptima.

La regulación de la calidad resulta ser más compleja que la regulación de precios, dado su carácter multidimensional (Crew y Kleindorfer, 2009)^[2]. El nivel de calidad del producto que maximiza el bienestar social está dado por el punto donde se iguala el costo marginal para la empresa asociado a una mejora en calidad con el incremento en la disposición a pagar (WTP, por sus siglas en inglés) del consumidor por dicha mejora.

Asimismo, la información de la calidad de un producto, es una variable importante en las elecciones del consumidor, siendo de especial relevancia cuando la calidad no puede ser fácilmente evaluada por el consumidor previa a la transacción. En una situación monopólica, existe una relación desigual entre el productor y el consumidor, por lo cual se hace necesaria la regulación económica.

Un monopolio no regulado no brindará necesariamente un nivel de calidad sub-óptimo con respecto al nivel que maximiza el bienestar, pudiendo ser mayor, igual o menor a éste. Esto dependerá del enfoque regulatorio elegido y de cómo se relaciona la valuación marginal del bien para el consumidor a medida que varía la cantidad del bien consumido. Estos temas serán discutidos en este reporte.

En su rol de supervisor, Osinerghmin tiene a su cargo los procedimientos de supervisión y



fiscalización de condiciones de seguridad de las instalaciones eléctricas, así como la calidad de las mismas.

El reporte está organizado de la siguiente manera. En primer lugar, se describe la relación entre la calidad de un producto y una estructura de mercado monopólica. Posteriormente, se discute la relación existente entre la regulación económica y la calidad. Se pondrá especial énfasis en el concepto de regulación basada en incentivos relacionada con insumos (*input based*). Ésta se basa en la retribución eficiente de los costos en la provisión del servicio de distribución eléctrica, principalmente los costos de capital y de operación y mantenimiento. Posteriormente, se presentará brevemente aquellos aspectos relevantes asociados a la regulación de la calidad de la distribución eléctrica, y la relación entre esta última y la regulación por incentivos. Luego, se discute brevemente la problemática de la calidad en la distribución eléctrica en nuestro país, y finalmente se presenta la regulación basada en la performance y una propuesta para el caso peruano.

Asimismo, se describen los instrumentos con los que cuentan los reguladores para regular de la calidad de los servicios eléctricos, y luego se analizarán los indicadores de calidad del sector eléctrico en el Perú.

Finalmente, se describe una nueva forma de regulación de la distribución, basada en performance y que ha sido recientemente aprobada para ser utilizada en nuestro país.

Calidad y Monopolio

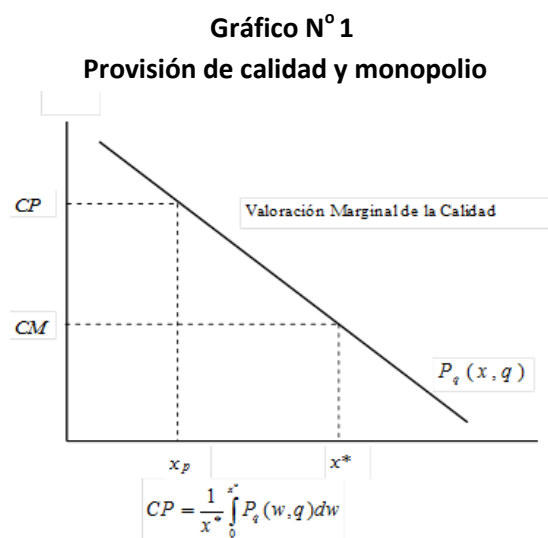
En mercados donde existe una competencia efectiva, si una empresa decide aumentar unilateralmente la relación precio-calidad que ofrece a los consumidores, el resultado sería una disminución en su nivel de ventas con la consiguiente reducción o pérdida de su participación en el mercado. La explicación puede ser hallada naturalmente en el hecho que los consumidores pueden recurrir a otras empresas para obtener la mejor relación calidad-precio. Es decir, la competencia se encarga de excluir del mercado a las empresas que no ofrezcan la relación precio-calidad demandada por los consumidores.

En este tipo de mercados, por lo tanto, no se justifica la regulación de la calidad, pudiendo la intervención más bien terminar restringiendo artificialmente la gama de productos ofrecidos^[3]. El argumento central para la regulación de la calidad en industrias de redes, donde el consumidor no puede elegir libremente el proveedor y la sustitución del bien o servicio es bastante limitada ha sido enfatizado a partir de Spence (1975)^[4].

De acuerdo a esta literatura, la provisión de calidad por parte de un monopolista no regulado determina un nivel de calidad distinto del socialmente óptimo. Más específicamente, un monopolista elige el nivel de la calidad a proveer de acuerdo a las preferencias del consumidor que marginalmente consume el bien o servicio, mientras que el nivel óptimo para la provisión de calidad debe reflejar más bien la

valoración promedio de los distintos consumidores.

Esto puede apreciarse de acuerdo al análisis de Sappington (2005)^[5]. El **Gráfico N°1** muestra la curva P_q , la cual es la valoración del consumidor marginal ante incrementos en la calidad (q).



Fuente: Dammert, Gallardo y Quiso (2004).^[6]

La curva P_{xq} representa los cambios en P_q cuando uno se mueve a lo largo del espectro de consumidores ordenados por su disposición a pagar. En el gráfico, la valoración marginal de la calidad por parte de los consumidores decrece a medida que el número de unidades compradas se incrementa (es decir, cuando $P_{xq}(x, q) < 0$ para todo x, q).

De esta forma, el monopolio brindará un valor de calidad menor al socialmente óptimo cuando el consumidor marginal presenta una valoración marginal menor a la valoración promedio.

Esto es, cuando:

$$\left(\frac{1}{x} \int_0^x P_q(\tilde{x}, q) d\tilde{x} > P_q(x, q) \right) \quad (1)$$

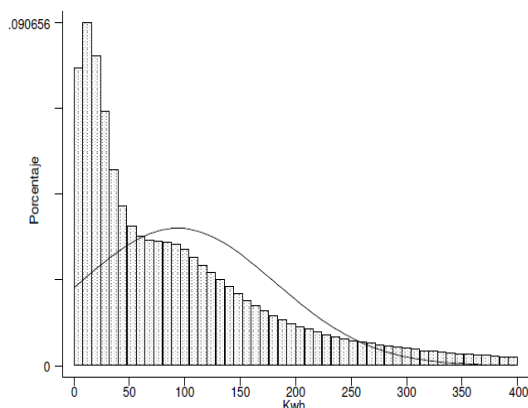
Así, se justifica la regulación de calidad siempre que la valoración marginal del consumidor marginal sea menor que la valoración marginal promedio. El consumidor marginal, consume poca cantidad de energía, por lo tanto, su valoración marginal de la calidad debe ser necesariamente inferior al promedio de las valoraciones marginales de calidad de toda la población.

En el caso del servicio eléctrico en el que un conjunto heterogéneo de consumidores disponen del servicio, las diferencias entre el nivel de calidad preferido por el consumidor que marginalmente accede al servicio y el nivel de calidad promedio puede ser particularmente grande. El **Gráfico N° 2** presenta la distribución del consumo eléctrico residencial del Perú en el rango menor a 400 KWh. El Gráfico muestra la existencia de una importante heterogeneidad, con una fracción significativa de hogares con un consumo menor a 50 KWh, una media superior a los 100 KWh y un importante porcentaje con consumos más altos pero en un rango más amplio.

La provisión de calidad por parte de un monopolista no regulado determina un nivel de calidad distinto del socialmente óptimo



Gráfico N° 2
Distribución del consumo de energía eléctrica a nivel nacional (hasta 400 kWh)



Fuente: Dammert, Gallardo y Quiso (2004).

Estas diferencias sugieren un patrón de consumo distinto entre hogares pertenecientes a distintos niveles socioeconómicos, particularmente en lo referente a la tenencia de artefactos eléctricos.

De tal forma, para la implementación de un mecanismo de incentivos basado en la calidad, el organismo regulador debe determinar la curva de demanda de calidad por parte de los consumidores y el costo marginal de incrementar la calidad por parte de las empresas distribuidoras de electricidad. Desde el punto de vista de la demanda, la evaluación de la demanda por calidad del servicio puede estimarse a través de los costos directos incurridos por los consumidores por la interrupción del servicio o la estimación del WTP por evitar interrupciones (Jamاسب, Orea y Pollit, 2010).^[7]

Asimismo, estudios de ingeniería pueden estimarse con el fin de estimar el costo de proveer calidad por parte de las empresas distribuidoras (Sappington, 2005). De tal forma, al incorporar dentro de los costos de las empresas, los costos de los consumidores con respecto a la calidad, se llegará a un nivel eficiente de calidad desde el punto de vista social.

Un aspecto importante que debe analizarse al momento de introducir mayores exigencias de calidad y seguridad a las empresas de redes operando monopolios naturales es la coherencia con el sistema tarifario vigente. Ello se debe a que los requerimientos de seguridad y calidad que se exigen a las empresas deben estar adecuadamente remunerados por el esquema de tarifas, a fin de no crear obligaciones que las empresas puedan cuestionar y, en un caso extremo, provocar un desbalance financiero que ponga en riesgo de quiebra a las empresas. La calidad de servicio de las empresas de transmisión y distribución de electricidad y gas incluyen un conjunto de características, técnicas y comerciales, inherentes al suministro de estos productos.^[8]

Regulación Económica y Calidad

La relevancia de los problemas generados en la provisión de calidad por parte de un monopolista no regulado constituye una justificación para su regulación. Sin embargo, la regulación no garantiza necesariamente una solución óptima al problema de la calidad debido a que los incentivos del



esquema regulatorio implementado reemplazan a los incentivos dados por las condiciones de mercado, existiendo naturalmente diferentes esquemas de regulación y diferentes incentivos.

Un tema central en esta discusión es la relación entre el nivel de calidad y el costo o inversión en proveerla. De un lado, esquemas de regulación basados en costos pueden proveer un nivel excesivo de calidad si la inversión para proveer esta calidad es una manera de aprovechar los incentivos de sobrecapitalización por una tasa de retorno en exceso del costo del capital.

De igual forma, esquemas de regulación basados en incentivos como los precios tope o la empresa modelo eficiente, que no son implementados con estándares mínimos de calidad, pueden proveer un nivel de calidad menor al socialmente óptimo debido a que las empresas, beneficiarias de ganancias en productividad y reducciones de costos, tienen incentivos fuertes para disminuir los costos.

Spence (1975) desarrolla el modelo de calidad óptimo para el caso de regulación por tasa de retorno, en donde demuestra que en el caso en que la provisión de calidad sea intensiva en capital, entonces la empresa tendrá los incentivos para sobre invertir en capital, y por lo tanto mejorar el estándar de calidad.

Asimismo, Sheshinski (1976)^[9] aborda el caso de un monopolista que elige la cantidad y la calidad de un bien que oferta en el mercado. El autor prueba que no necesariamente el

nivel de calidad ofertado por el monopolista va a estar por debajo del socialmente óptimo. En este caso puede ocurrir que si se imponen estándares mínimos de calidad, puede ponernos muy por encima del socialmente óptimo.

Los efectos de la regulación sobre la calidad del servicio sugieren la necesidad de supervisar este aspecto en el caso del servicio eléctrico. En particular, la aplicación de mecanismos de incentivos en el segmento de distribución, que es donde se presentan los mayores problemas en la calidad del servicio eléctrico, supone el uso de esquemas de incentivos como los precios tope o de competencia por comparación (empresa modelo eficiente).

Estos esquemas priorizan la eficiencia de las empresas y, en ausencia de cláusulas específicas, brindan pocos incentivos para la provisión de calidad en niveles socialmente óptimos. En este sentido, se puede explicar también la mayor preocupación por el tema de calidad del servicio eléctrico como una consecuencia de la creciente aplicación de esquemas de regulación por incentivos (los señalados mecanismos de precios tope, regulación por comparación)

En las próximas líneas se describe brevemente la regulación por tasa de retorno y la regulación basada en incentivos.

La relevancia de los problemas generados en la provisión de calidad por parte de un monopolista no regulado constituye una justificación para su regulación



Regulación por tasa de retorno (*rate of return, ROR*)

El ROR hace referencia al cálculo de tarifas de acuerdo a los costos unitarios de proveer el servicio más una tasa de retorno preestablecida. Así, consiste en fijar tarifas iguales al costo medio estimando y auditando los costos en que incurre la empresa para prestar el servicio. De esta manera, todos los costos reconocidos son trasladados directamente a los consumidores. Tradicionalmente esta metodología cubre los siguientes tres aspectos: i) supervisión y control de los costos de operación y mantenimiento a reconocerse; ii) determinación del capital remunerable (*rate base*); y iii) elección de la tasa de retorno permitida.

Este método da lugar a una sobre capitalización de las empresas reguladas conocido como efecto *Averch-Johnson* (1962).^[10] En este caso, la empresa regulada tiene el incentivo a utilizar un excesivo nivel de capital cuando el regulador reconoce en los cálculos tarifarios un costo de capital superior al que la firma realmente posee en el mercado (combinación de capital/trabajo no eficiente).

El problema de la regulación basada en la tasa de retorno consiste en que no sólo tiene incidencia en el nivel de capitalización de las firmas, sino que no presenta incentivos a las empresas para reducir costos, por lo que no actúa sobre la eficiencia en el mercado.

La regulación por incentivos tiene como objetivo crear mecanismos similares a los de

mercado para favorecer la reducción de costos, incentivando la eficiencia en los mercados monopólicos regulados. Dos de los esquemas más utilizados son: i) *el Price-Cap o Revenue-Cap*, y ii) *la Empresa Modelo de Referencia*. Un componente importante en estos dos esquemas es el *benchmarking* o comparación de la eficiencia de las empresas para el cálculo de los ingresos de las mismas (Sappington, 2005).

Regulación por incentivos en distribución eléctrica

El cálculo de la tarifa al monopolista regulado debe permitirle recuperar los costos de inversión y los costos de operación y mantenimiento necesarios para realizar la actividad. Sin embargo, dada la asimetría de información, el regulador no conoce los costos eficientes de dicho servicio.

De esta forma, el regulador debe estimar los costos de capital y de operación y mantenimiento de realizar el servicio. El cálculo tiene como fin calcular el activo necesario para realizar el servicio (denominado *Regulatory Asset Base, RAB*). (**Gráfico N° 3**). El valor del activo puede proveerse a través de los diversos métodos, en algunos casos dependiendo de la información proporcionada por la empresa^[11] o a través de la construcción de una empresa modelo eficiente

La regulación por incentivos tiene como objetivo crear mecanismos similares a los de mercado para favorecer la reducción de costos, incentivando la eficiencia en los mercados monopólicos regulados.

```

graph LR
    RAB[Regulatory Asset Base] --> CC[Costo del Capital]
    RAB --> VUA[Vida útil de los activos]
    CC --> CNC[Costos no controlables]
    CC --> R[Retorno]
    VUA --> D[Depreciación]
    VUA --> Opex[Opex]
    CNC --> IP[Ingresos permitidos]
    R --> IP
    D --> IP
    Opex --> OI[Otros incentivos I.E. calidad]
    IP --> OI
    Capex[Capex] --> RAB
    Capex --> TB[Técnica de benchmarking]
    TB --> Opex
  
```

Diagrama de flujo que muestra la relación entre la Base de Activos Regulatorios (Regulatory Asset Base) y los Ingresos permitidos. El flujo comienza con la Base de Activos Regulatorios, que se divide en Costo del Capital y Vida útil de los activos. El Costo del Capital se divide en Costos no controlables y Retorno. La Vida útil de los activos se divide en Depreciación y Opex. Los Costos no controlables, el Retorno y la Depreciación se suman para formar los Ingresos permitidos. La Opex se resta de los Ingresos permitidos para obtener Otros incentivos (I.E. calidad). La Capex se relaciona con la Base de Activos Regulatorios y la Técnica de benchmarking, que a su vez se relaciona con la Opex.

La regulación por incentivos tiene como objetivo crear mecanismos similares a los de mercado para favorecer la eficiencia en la provisión del servicio en aquellos mercados monopólicos regulados.^[13] La presente sección analizará de manera general dos esquemas utilizados en la regulación por incentivos en la distribución eléctrica: i) *Revenue-Cap/Price-Cap* y ii) Empresa modelo eficiente. Ambos tipos de esquema no son completamente incompatibles, puesto que la empresa modelo eficiente es utilizada en algunos países bajo el enfoque de *Revenue-Cap* (i.e. España, Uruguay).

Uno de los métodos de regulación por incentivos más ampliamente utilizado es el *Price-Cap* o *Revenue-Cap*, conocido también como RPI-X. Este método establece el nivel de remuneración de las empresas reguladas a través de la estimación por parte del regulador del activo remunerable. (*Regulatory Asset Base*, RAB).

El *Revenue-Cap* consiste en la misma metodología; sin embargo, ésta calcula los ingresos totales de la empresa en lugar de las tarifas, realizando luego los ajustes en caso exista discrepancia entre la demanda estimada y la realizada. La elección de un *Revenue-Cap* en lugar de un *Price-Cap* puede basarse en la característica que la empresa regulada no enfrenta riesgo alguno sobre la cantidad, por lo cual, los costos no responden en el corto plazo ante cambios en la cantidad demandada.

La remuneración de la empresa a través del esquema *Revenue-Cap* está establecido de la siguiente manera:

$$Ingresos_{i,t} = Ingresos_{i,t-1}(1 + IPC - FactorX_i), \quad (2)$$

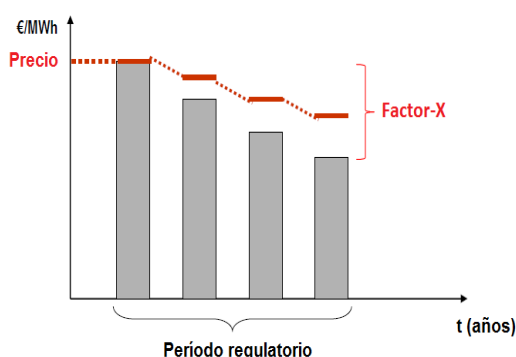
donde, la variable $Ingresos_{i,t}$ representa el nivel de remuneración reconocido a las empresa i en el período t , $Ingresos_{i,t-1}$, representa la remuneración a la empresa i en el período $t-1$, IPC es la variación en el nivel

de precios al consumidor y el $FactorX_i$ es la eficiencia relativa de la empresa i .

Las empresas reguladas pueden aumentar (o ver disminuidos) sus beneficios si alcanzan mejoras en su productividad mayores (menores) al Factor X establecido. El establecimiento del Factor X puede tener al menos dos opciones. En el esquema *Revenue - Cap* original el Factor X es calculado como la tasa esperada en la productividad total de los factores en el sector o el total de la economía.^[14]

Asimismo, el Factor-X puede ser un factor específico por empresa, calculado en base a la eficiencia relativa de las empresas operando en el mercado. Este esquema ha sido utilizado principalmente por los reguladores en Europa (*Frontier Economics*, 2012).

Gráfico N° 4
Regulación por incentivos Price-Cap



Elaboración: OEE-Osinerghmin.

Asimismo, la metodología de *empresa modelo de referencia* determina la remuneración de una empresa regulada en base a la estimación de los costos de una

empresa modelo operando de manera eficiente en el mercado (Jamash & Pollitt, 2007).^[15] El objetivo de la metodología de la empresa modelo eficiente no es diseñar la red real de la empresa, sino más bien construir una red de referencia, cuyo costo es indicativo del costo eficiente requerido para la construcción de una red. Del mismo modo que la regulación por incentivos a través del Price-Cap, el esquema de Empresa Modelo de Referencia está principalmente diseñado para remunerar los activos físicos de las empresas de distribución necesarias para proveer el servicio eléctrico (*input-based*). En este caso, el *benchmarking* de los costos no se realiza con respecto a otras empresas en el mercado, sino con respecto a una empresa ficticia que se diseña de acuerdo a ciertos criterios técnicos, económicos y geográficos, los cuales sirven para determinar sus costos.

En el Perú, para estimar el valor agregado de distribución se utiliza una metodología en base a la *empresa modelo de referencia* denominado *empresa modelo eficiente*^[16]. El costo de la inversión es calculado como el costo estándar de inversión de un "sistema económicamente adaptado". El costo de inversión es calculado a través del concepto de Valor Nuevo de Reemplazo (VNR). El VNR es el costo actual de adquisición de nuevas instalaciones y equipos que permitan ofrecer un servicio idéntico al proporcionado por las instalaciones existentes pero utilizando la última tecnología y buscando el mínimo costo. Así, se incentivan las inversiones eficientes. El costo de inversión de nuevas instalaciones es anualizado (VNR) tomando

en cuenta una tasa de descuento del 12% y un periodo de vida útil de las instalaciones de 30 años. En el diseño de la red de referencia y el cálculo de los costos se utiliza una calidad de servicio eléctrico preestablecida.

En ambos tipos de esquemas de regulación por incentivos presentados, el principal objetivo es estimar el valor de los activos que permiten a la empresa brindar el servicio en el mercado regulado. Asimismo, en su forma tradicional, ambos métodos no cuentan con factores explícitos de remuneración que tome en cuenta la calidad en la provisión del servicio reportada por la empresa.

A pesar que la regulación basada en incentivos genera una mayor eficiencia en costos, reduciendo la asimetría de información entre el regulador y las empresas reguladas, ésta puede producirse a expensas de la calidad del servicio [Jamash y Pollitt (2007)]. Por este motivo, diversos países han introducido recientemente factores explícitos de remuneración que toman en cuenta la calidad del suministro eléctrico, por ejemplo, en el sector de distribución eléctrica en Alemania, España, Italia y Holanda. A este tipo de esquema regulatorio se le conoce como regulación basada en performance (*output-based regulation*).

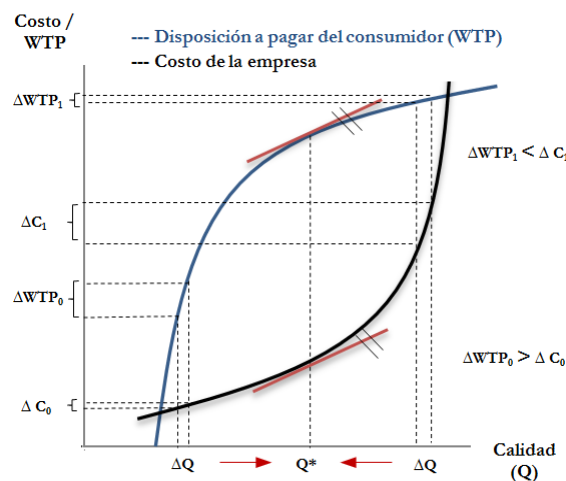
Instrumentos de regulación de la calidad en la distribución eléctrica

La regulación de la calidad resulta ser más compleja que la regulación de precios, dado su carácter multidimensional (Crew y Kleindorfer, 2009).^[17] El nivel de calidad del

producto que maximiza el bienestar social está dado por el punto donde se iguala el costo marginal para la empresa asociado a una mejora en calidad con el incremento en la disposición a pagar (WTP, por sus siglas en inglés) del consumidor por dicha mejora (Gráfico N° 5).

Un monopolio no regulado no brindará necesariamente un nivel de calidad sub-óptimo con respecto al nivel que maximiza el bienestar, pudiendo ser mayor, igual o menor a éste. Esto dependerá de cómo se relaciona la valuación marginal del bien para el consumidor a medida que varía la cantidad del bien consumido. Si la valoración marginal de calidad disminuye a medida que el número de unidades consumidas aumenta, entonces el nivel óptimo de calidad del monopolista es inferior al valor que maximiza el bienestar social. Este parece ser el caso más probable, aunque no debe adoptarse como una norma general (Sappington, 2005).

Gráfico N° 5: Nivel óptimo de calidad de monopolista



Fuente: Fumagalli et al. (2007).^[18]



Existe una relación entre el tipo de regulación elegido y la elección de la calidad óptima por parte del monopolista. Así, bajo un esquema *Rate of Return* (RoR), la calidad del monopolista podría ser mayor al nivel óptimo social, dado que la empresa regulada tendría un incentivo para sobre capitalizarse, dado el efecto *Averch-Johnson*. Por el contrario, en una regulación por incentivos se puede experimentar un deterioro en el nivel de calidad brindado por la empresa monopólica (Spence, 1975) debido a una reducción en los niveles de inversión y menores costos de operación mantenimiento, lo cual afectaría la calidad en el suministro. Por ejemplo, el trabajo de Ter-Martirosyan y Kwoka (2010)^[19] evidenció que las empresas de distribución eléctrica de aquellos estados en Estados Unidos que adoptaron mecanismos de regulación por incentivos registran peores indicadores de la calidad de suministro con respecto a los que adoptaron mecanismos de regulación por costos. Sin embargo, el trabajo de Sappington (2005) afirma que luego del estudio de varios sistemas eléctricos, se llegan a resultados mixtos con respecto a la influencia de la regulación por incentivos sobre la calidad del suministro.

La regulación de la calidad por incentivos por partes de las agencias de regulación ha venido adoptando diferentes formas, pudiendo clasificarse esencialmente en cuatro, Fumagalli et al. (2007):

- a) **Publicación de la performance de las empresas:** Consiste en la exposición pública del desempeño de la empresa respecto a los indicadores de calidad

determinados por el regulador. Este esquema es exclusivamente reputacional y no implica una multa monetaria.

- b) **Estándares mínimos de calidad:** Consiste en que el regulador determine los estándares mínimos de calidad que la empresa regulada debe cumplir a condición de ser sancionada si llegase a sobre pasar dichos límites. En este caso se establecen multas en caso no se cumpla con el valor mínimo.
- c) **Contratos premium de calidad:** Este instrumento consiste en establecer contratos particulares entre el proveedor y el usuario final en donde se especifica la tarifa, los estándares de performance del suministro eléctrico y los pagos por compensación.
- d) **Esquemas de compensación y penalidad:** Al igual que en el segundo instrumento, el organismo regulador establece los estándares mínimos de calidad; asimismo, establece un mecanismo de compensación sobre las tarifas, si la empresa registra una mejor performance respecto al parámetro de referencia, o de penalidad con respecto a las tarifas, si la empresa sobrepasa los límites establecidos.

En las siguientes líneas se describe la problemática ligada a la calidad de distribución de las empresas en el Perú.

Problemas de calidad del suministro eléctrico

La calidad en la provisión de la distribución eléctrica puede incluir diversos aspectos, como la calidad comercial, la continuidad del



suministro y el voltaje.^[20] Uno de los aspectos más estudiados es el referente a la calidad en la continuidad del suministro eléctrico, en el cual se utilizan principalmente dos indicadores: el número de interrupciones promedio por usuario, comúnmente conocido como SAIFI,^[21] y la duración promedio de interrupciones por usuario, conocido como SAIDI.^[22] Estos indicadores son internacionalmente aplicables, medibles y contrastables.^[23]

Los indicadores SAIFI y SAIDI son determinados en base a las siguientes fórmulas:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n [u_i]}{N}; \quad SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n [t_i \times u_i]}{N}; \quad (3)$$

donde: u_i es el número de usuarios afectados en cada interrupción i ; n es el número de interrupciones durante el período; t_i es la duración de cada interrupción, y, N es el número de usuarios del Sistema Eléctrico al final del período.

Un nivel deficiente de estos indicadores implica un deterioro en el nivel de bienestar para los consumidores, debido a que dejan de recibir el suministro eléctrico, y con ello, el beneficio económico asociado a él. Asimismo, las empresas también se ven perjudicadas por los ingresos que dejan de percibir y las penalidades que deben afrontar.

Las empresas de distribución pueden realizar principalmente dos acciones para influir en el

nivel de calidad de su sistema eléctrico. Por un lado, pueden destinar recursos a la operación y mantenimiento de sus redes (OPEX), o realizar inversiones en capital (CAPEX) que permitan mejorar el nivel de confiabilidad de su red de distribución.

En el Perú, la regulación de calidad del suministro eléctrico ha estado basada en un esquema de estándares mínimos con multas por su incumplimiento.^[24] La calidad se mide con respecto a los dos indicadores SAIFI y SAIDI. En el transcurso de los años se ha ido modificando las tolerancias vigentes para ambos indicadores, tal como se observa en el **Cuadro N°1**.

Cuadro N° 1

Tolerancias en SAIFI y SAIDI – Anexo 13 del Procedimiento 074-2004 y actualizaciones

Sector de distribución típicos	2012		2013		2014	
	SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI	SAIFI	SAIDI
1	3	7.5	3	7	3	6.5
2	9	16	7	13	5	9
3	11	20	9	16	7	12
4	12	24	12	24	12	24
5	16	40	16	40	16	40
Especial	12	27	12	27	12	27

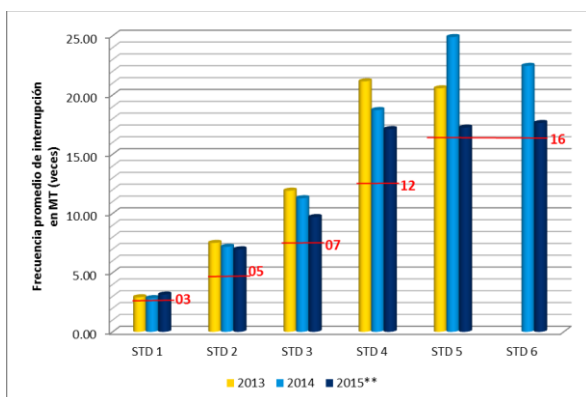
Fuente: Osinergmin.

Los índices de calidad técnica de acuerdo a los indicadores SAIFI y SAIDI en los últimos años han ido decreciendo en casi todos los Sistemas de Distribución Típicos.^[25]

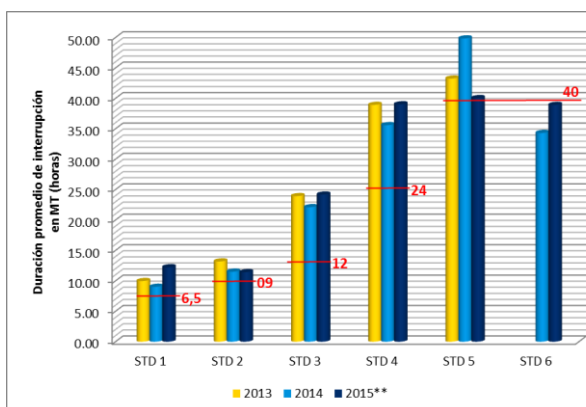
Los resultados del SAIFI para los Sectores típicos 2, 3, 4, 5 y SER han presentado valores por encima de las tolerancias establecidas, salvo en el sector típico 1 en los años 2013 y 2014 (**Gráfico N° 6, inciso a**).

En cuanto a SAIDI, éste es marcadamente más alto en los sectores rurales. Para el sector típico 1 durante el año 2015, se ha registrado un notable incremento, alcanzado aproximadamente 12.23 horas de duración promedio. (Gráfico N° 6, inciso b).

Gráfico N° 6
SAIFI y SAIDI en Media Tensión según
Sector Típico de Distribución
(a) SAIFI



(b) SAIDI



Nota: 2015** a noviembre.

Fuente: Osinerghmin.

Los datos presentados muestran una problemática relacionada a los niveles de calidad realizados por las empresas de

distribución eléctrica, los cuales no han podido ser superados con el establecimiento de estándares mínimos de calidad. De esta forma, se hace necesario introducir otro tipo de regulación que puede generar los incentivos adecuados para la provisión de un servicio eléctrico de calidad.

Remuneración basada en Performance (Output – Based)

En los últimos años, varios países han adoptado un esquema de regulación que considera la provisión de incentivos basados en realizaciones de la calidad del servicio eléctrico, Ajodhia et al. (2006).^[26]

La regulación de la calidad de la distribución eléctrica se realiza a través de un esquema *output-based*, remunerando a las empresas eléctricas de acuerdo a la comparación de sus valores realizados de calidad del suministro (SAIDI, SAIFI) y los valores establecidos de calidad por la autoridad regulatoria. Este componente recibe el nombre de *Factor Q*. La remuneración de las empresas se calcula de la siguiente manera:

$$Ingresos_{i,t} = Ingresos_{i,t-1} (1 + IPC - FactorX_i + FactorQ_i) \quad (4)$$

donde:

$Ingresos_{i,t}$, $Ingresos_{i,t-1}$, IPC y $FactorX_i$

están definidos en la ecuación (1) y $FactorQ$ es la remuneración de la empresa con respecto a su nivel de calidad del suministro realizado ex post.



La regulación en base a productos no favorece un tipo de *input* específico que logre una mayor continuidad del suministro, sino que brinda las señales de mercado para que las empresas de distribución alcancen dicho objetivo a un costo eficiente.^[27] Las empresas reguladas, por lo tanto, son las encargadas de escoger aquellas soluciones más efectivas y asumir el riesgo o los beneficios de las mismas sobre los indicadores de calidad (SAIFI y SAIDI):

$$\text{Factor} - Q = \Delta \text{Ingreso} = (q_{obj} - q_i) \nu, \quad (5)$$

donde *Factor Q* es la variable en la remuneración de la empresa eléctrica que depende del valor realizado en la calidad del suministro, $\Delta \text{Ingresos}$ es la variación en el nivel de ingresos de las empresas distribuidoras, q_{obj} es el valor de calidad objetivo fijado por el regulador, q_i es el valor de calidad ex post obtenido por la empresa, y ν es la valorización de la energía no suministrada.

El nivel objetivo de la calidad q_i es establecido por el regulador, el cual puede considerar el indicador SAIFI y/o SAIDI.^[28] El parámetro ν es calculado a través de la valorización de la energía no suministrada por parte de los consumidores, el cual recibe el nombre de Value of Lost Load (VoLL).^[29]

Perú: propuesta de regular la calidad en la distribución eléctrica

Osinergmin se encarga de realizar evaluaciones periódicas sobre el desarrollo

de los mercados regulados, el impacto de los procesos regulatorios y las posibles condiciones y factores que requieren ser revisados a fin de contribuir al crecimiento sostenido del sector energético. Como parte de este proceso, se realizaron evaluaciones y propuestas de modificación de la remuneración del servicio de distribución eléctrica. La propuesta de Osinergmin (2009)^[30] de mejora en la calidad en la distribución eléctrica se ha expuesto en el “Libro Blanco del Marco Regulatorio de la Distribución Eléctrica: Determinación del Valor Agregado de Distribución (VAD)”.

La propuesta de Osinergmin para mejorar la provisión del servicio eléctrico ha consistido en la incorporación explícita de un *Factor Q* en la remuneración de las empresas. De esta manera, la evolución de los índices SAIDI y SAIFI de las empresas de distribución a lo largo del año afectará el ingreso permitido de una empresa i en un año n :

$$\Delta \text{Ingreso} = (\text{SAIDI}_{ref}(i) - \text{SAIDI}_{n-1}(i)) \times \delta_1(i) + (\text{SAIFI}_{ref}(i) - \text{SAIFI}_{n-1}(i)) \times \delta_2(i), \quad (6)$$

Las variables $\text{SAIDI}_{ref}(i)$ y $\text{SAIFI}_{ref}(i)$, expresan la duración y la frecuencia de los cortes, respectivamente, en la concesión de la empresa i . Los coeficientes $\delta_1(i)$ y $\delta_2(i)$ están expresados en soles por unidad de medida (horas para el SAIDI y número de ocurrencias para el SAIFI). Los valores de referencia del SAIFI y el SAIDI para cada empresa i se determinarán a partir de los estándares de calidad fijados para los distintos sectores típicos, tomando en cuenta



el coeficiente de participación de cada sector típico en la demanda total de la empresa. Los valores óptimos de $\delta_1(i)$ y $\delta_2(i)$ serán aquellos que hagan que el costo marginal de incrementar las inversiones y los costos de mantenimiento con el propósito de mejorar en una unidad (al menos) un indicador de calidad, se igualen a los beneficios marginales que los consumidores perciben por la mejora de dicho indicador.

Asimismo, en la propuesta de Osinergmin se recomienda utilizar este factor en el VAD de Media Tensión de la empresa, dado que en dicho sector se realiza la mayor parte de inversiones de mejoras de calidad. Este término supondrá una modificación en el VAD de MT (en soles/MW) de la empresa i en el año n de acuerdo a sus inversiones en calidad:

$$\Delta VAD_n^{MT}(i) = \frac{\Delta Ingreso_n}{D_n^{MT}(i)}, \quad (7)$$

donde $D_n^{MT}(i)$ es la demanda en MW esperada en potencia en la red de MT para el año n en la empresa i .

En este contexto, el Decreto Legislativo (DL) N° 1221 (publicado el 24 de setiembre del 2015) “DL que mejora la regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú”^[31] así como su reglamento (Decreto Supremo N° 018-2006-EM, recoge la propuesta de Osinergmin para mejorar la calidad en la distribución eléctrica y se establece que el Valor Agregado de Distribución se basa en una empresa modelo eficiente con un nivel

de calidad preestablecido en las normas técnicas y con costos estándares.

Conclusiones

La regulación por incentivos de la distribución eléctrica está diseñada para crear mecanismos similares a los de mercado que favorezcan la reducción de costos, incentivando la eficiencia en los mercados regulados. Sin embargo, a la fecha en el Perú, ésta ha estado enfocada principalmente a remunerar los activos físicos que las empresas adquieren para la provisión del servicio eléctrico (*input based*).

En los últimos años, una serie de países han implementado mecanismos de remuneración de las actividades reguladas basados en indicadores de desempeño y calidad (*output-based*). Uno de las principales ventajas es la posibilidad de reducir las asimetrías de información entre el regulador y la empresa regulada. Las empresas reguladas son las encargadas de escoger aquellas soluciones más efectivas y asumir el riesgo o los beneficios de las mismas sobre los indicadores de calidad (SAIFI y SAIDI).

Osinergmin, en un esfuerzo de mejorar la calidad de distribución eléctrica, ha publicado el Libro Blanco del Marco Regulatorio de la Distribución Eléctrica. La experiencia enriquecedora de este estudio se ha reflejado en la publicación del Decreto Legislativo N° 1221 “DL que mejora la regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú”, en el que se establece



que el Valor Agregado de Distribución se basa en una empresa modelo eficiente con

un nivel de calidad preestablecido en las normas técnicas y con costos estándares



Notas

Problemas de calidad y regulación por incentivo en la distribución de electricidad

[1] Laffont, J.J y Tirole, J. (1993). *“A Theory of incentives in Procurement and Regulations”*, Cambridge: MIT Press /Armstrong, M., Cowan, S., y Vickers, J (1994). *“Regulatory Reform: Economic analysis and British experience”*. Cambridge: MIT-Press /Armstrong, M. y Sappington, D. (2003). *“Recent Developments in the Theory of Regulation”*. *Handbook of Industrial Organization*, Elsevier.

[2] Crew, M. y Kleindorfer (2009). *“Service quality, price caps and the USO under entry”*, en Crew, M. y Kleindorfer (eds), *Progress in the Competitive Agenda in the Postal and Delivery Sector*, Cheltenham, UK y Northampton, MA, USA: Edward Elgar, pp. 1- 22

[3] Shapiro, C. (1983), *“Premiums for High Quality Products as Returns to Reputations”*, *Quarterly Journal of Economics*, 98, 659-679.

[4] Spence, A. (1975). *“Monopoly, Quality, and Regulation”*. *Bell Journal of Economics* 6(2): 417–429

[5] Sappington, D. (2005). *“Regulating Service Quality: A Survey”*. *Journal of Regulatory Economics*, 27 (2) 123–154.

[6] Dammert, A., Gallardo, J. y Quiso, L. (2004). *Problemática de la Supervisión de la Calidad del Servicio Eléctrico en el Perú*. Documento de Trabajo N° 6 – Oficina de Estudios Económicos, Osinergmin.

[7] Jamasb, T.; Orea, L. y Pollit, M. (2010). *Estimating Marginal Cost of Quality Improvements: The Case of the UK Electricity Distribution Companies*, Cambridge Working Papers in Economics 1052, Faculty of Economics, University of Cambridge.

[8] Algunos aspectos regulados son aspectos relacionados con la calidad en la provisión del servicio (continuidad y seguridad), como aspectos comerciales: atención a los usuarios, facturación, entre otros.

[9] Sheshinski, E. (1976). *Price, Quality and Quantity Regulation in Monopoly Situations*. *Economica*, 43(170): 127–137.



[10] Averch, H. y Johnson, L. (1962). "Behavior of the firm under regulatory constraint". *American Economic Review*, 52 (5), 1052-1069.

[11] Por ejemplo, en la valorización contable de las empresas, a partir de los libros contables de los activos (*Historic book values*), el valor presente de los cash-flows futuros (*Net present value*) o el cash generado por vender el activos (*Net realizable value*).

[12] Frontier Economics (2012). "Trends in electricity distribution network regulation in North West Europe". Report prepared for Energy Norway.

[13] Uno de los principales motivos para la aplicación de la regulación basada en incentivos es la existencia de problemas de agencia entre la empresa regulada y el regulador. De tal forma, las asimetrías de información entre estos dos agentes generan rentas para la empresa regulada dada la imposibilidad del regulador de conocer el costo verdadero de proveer el servicio para la empresa (Laffont y Tirole, 1993).

[14] Beesley, M. y Littlechild, S. (1989). "The Regulation of Privatized Monopolies in the United Kingdom". *RAND Journal of Economics*, 20 (3), 454-472.

[15] Jamasb, T. y Pollitt, M. (2007). "Reference Models and Incentive Regulation of Electricity Distribution Networks: An Evaluation of Sweden's Network Performance Assessment Model (NPAM)". *Energy Policy* 36(5): 1788-1801.

[16] Esto se diferencia por ejemplo de la regulación basada en insumos (input-based), en la medida que ésta busca una inversión enfocada en cierto tipo de instalación (e.g. smartgrids).

[17] Crew, Michael A. and Paul R. Kleindorfer (2009), 'Service quality, price caps and the USO under entry,' in M.A. Crew and P.R. Kleindorfer (eds), *Progress in the Competitive Agenda in the Postal and Delivery Sector*, Cheltenham, UK and Northampton, USA: Edward Elgar, pp. 1-22.

[18] Fumagalli, E., Lo Shiavo, L. y Delestre, F. (2007). *Service Quality Regulation in Electricity Distribution and Retail*. Springer.

[19] Ter-Martirosyan, A. y Kwoka, J. (2010) "Incentive Regulation, Service Quality, and Standards in U.S. Electricity Distribution", *Journal of Regulatory Economics*, 38 (3), 258-273.



[20] La calidad comercial de la electricidad está relacionada a actividades de comercialización: mejoras en la facturación, recolección de información, entre otras.

[21] *System Average Interruption Frequency Index* (es el número de interrupciones en el área de concesión dividida por el número de usuarios).

[22] *System Average Interruption Duration Index* (es la duración acumulada de los cortes multiplicada por el número de usuarios afectados dividida entre el número de usuarios de la concesión).

[23] Véase ECBR (2009) “Standards and Incentives in Quality Regulation.” Report on the Quality of Electricity Service.

[24] El Decreto Supremo N° 020-1997-EM “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE)” y la Resolución Directoral N° 016-2008-EM/DGE “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos Rurales (NTCSER)” tomaron en cuenta indicadores como el número de interrupciones por usuario y por semestre y la duración ponderada de las interrupciones por usuario y por semestre. En el año 2004, la Resolución N° 074-2004-OS/CD “Procedimiento para la Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos” permitió complementar los niveles mínimos de estándares de calidad.

[25] Los sectores de distribución típicos (SDT) son instalaciones de distribución eléctrica con características técnicas similares en la disposición geográfica de la carga, características técnicas, así como en los costos de inversión, operación y mantenimiento (Definición 13 de la Ley de Concesiones Eléctricas). Las empresas de distribución eléctrica pueden contar con instalaciones de distribución eléctrica de distintos sectores de distribución típicos. A la fecha, los SDT se clasifican de acuerdo a su costo anual referencial, el cual es una medida aproximada de costo por kWh.

[26] Ajodhia, V., Lo Shiavo, L. Y Herder, P. (2006). “Quality Regulation of Electricity Distribution in Italy: An Evaluation Study”. *Energy Policy*, 34, 1478-1486.

[27] Esto se diferencia, por ejemplo, de la regulación basada en insumos (*input-based*), en la medida que ésta busca una inversión enfocada en cierto tipo de instalación (*e.g. smartgrids*).

[28] El nivel objetivo puede ser establecido de acuerdo a: i) indicadores de calidad de la empresa durante períodos precedentes (*e.g. media móvil*), o ii) el nivel promedio de empresas con similares características económicas o geográficas.



[29] Para facilitar la comparación internacional, por lo general se calcula en dólares (US\$) por MWh.

[30] Osinerghmin (2009). “Libro Blanco del Marco Regulatorio de la Distribución Eléctrica: Determinación del Valor Agregado de Distribución (VAD)”. Elaborado por el Consorcio ME-Comillas: Mercados Energéticos Consultores, Instituto de Investigación Tecnológica. Lima, Perú.

[31] El valor agregado de distribución (VAD) cuenta adicionalmente con un factor de reajuste que promueve el mejoramiento de la calidad de servicio. El cumplimiento de estos indicadores se revisa anualmente y no debe exceder el porcentaje del VAD que se define en el Reglamento. Los factores de reajuste se aplican como incentivo o penalidad sobre el cumplimiento de las metas anuales, conforme lo define el Reglamento.



Abreviaturas utilizadas

CAPEX	Inversiones en capital.
EMR	Empresa Modelo de Referencia.
FONAFE	Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado.
kWh	kilowatt-hora.
MWh	Megawatt-hora.
OPEX	Operación y mantenimiento.
SAIDI	Duración promedio de interrupciones por usuario.
SAIFI	Número de interrupciones promedio por usuario.
VNR	Valor Nuevo de Reemplazo.
VoLL	Value of Lost Load (Valor de la Carga Perdida)



Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Osinergmin
Oficina de Estudios Económicos – OEE
Reporte de Análisis Económico Sectorial – Electricidad, Año 4 – N° 7 – Junio 2015

Alta Dirección

Jesús Tamayo Pacheco Presidente del Consejo Directivo

Julio Salvador Jácome Gerente General

Equipo de Trabajo de la OEE que preparó el Reporte

Arturo Vásquez Cordano Gerente de Estudios Económicos

Carlo Vilches Cevallos Economista

El contenido de esta publicación podrá ser reproducido total o parcialmente con autorización de la Oficina de Estudios Económicos del Osinergmin. Se solicita indicar en lugar visible la autoría y la fuente de la información. Todo el material presentado en este reporte es propiedad de Osinergmin, a menos que se indique lo contrario.

Citar el reporte como: Vásquez, A. y Vilches, C. (2015). “Problemas de Calidad y Regulación por Incentivos en la Distribución de Electricidad”. *Reporte de Análisis Económico Sectorial - Electricidad*, Año 4 - Número 7. Oficina de Estudios Económicos, Osinergmin - Perú. Colaboraron en la revisión y edición de este documento Donald Barboza, Edison Chávez y Thais Chávez.

Osinergmin no se identifica, necesariamente, ni se hace responsable de las opiniones vertidas en el presente documento. Las ideas expuestas en los artículos del reporte pertenecen a sus autores. La información contenida en el presente reporte se considera proveniente de fuentes confiables, pero Osinergmin no garantiza su completitud ni su exactitud. Las opiniones y estimados representan el juicio de los autores dada la información disponible y están sujetos a modificación sin previo aviso. La evolución pasada no es necesariamente indicador de resultados futuros. Este reporte no se debe utilizar para tomar decisiones de inversión en activos financieros.