



Medición de la eficiencia en la distribución eléctrica a partir del Análisis de Fronteras Estocásticas (SFA)*117

Hernán Cuentas Anci**
César Cetraro Cardó**

Resumen

La presente investigación se ha trazado como objetivo determinar las ganancias de eficiencia técnica con que operan las empresas de distribución eléctrica en el Perú desde que se instaurara el régimen fijado por la Ley 25844 de Concesiones Eléctricas en noviembre de 1992, utilizando el análisis de fronteras estocásticas (SFA).

Palabras clave: eficiencia, productividad, Análisis de la Envoltente de Datos, DEA, Fronteras Estocásticas.

* Investigación IECOS. El IECOS de la Facultad de Ingeniería Económica y CCSS de la UNI promueve todos los años un concurso de investigación en el participa como jurado el CIES. El presente trabajo fue uno de los ganadores del concurso 2009.

I. Introducción

En los medios académicos, industriales y gubernamentales sigue vigente el interés por estimar el desempeño de las empresas del sector eléctrico que explotan los mercados de distribución eléctrica, no solo en el Perú sino a nivel global.

Allí donde el Estado transfiere subsidios, este interés se explica por el ahorro implícito que significaría para el Estado velar por que sus empresas tengan un muy alto desempeño, es decir que trabajen con una alta eficiencia técnica y alta eficiencia asignativa, de manera que se pueda asegurar que, dada la tecnología dominante en su medio, obtenga la máxima producción posible con los insumos que emplea, o en su defecto que pueda mantener los niveles de producción alcanzados con una minimización en la combinación de insumos que utiliza.

En el Perú el Estado no subsidia el mercado de distribución eléctrica, y sin embargo el problema no es menos actual, en la medida que los ahorros obtenidos con un mejor desempeño podrían ser destinados, por ejemplo, para mejorar la calidad del servicio y hasta para disminuir la tarifa del servicio que otorga a sus usuarios. Pero no solo es este aspecto, sino también que todos los sectores resultarían be-

neficiados (consumidores y productores) y las empresas públicas podrían participar de un proceso de impulso para mejorar la eficiencia energética en el país y esto conseguiría un mejor desempeño de las empresas del sector eléctrico, el cual redundaría en beneficio de todos, en particular de los exportadores que ven sus costos de producción aumentados por la inexistencia de una política sobre este caso particular.

En este trabajo nos concentramos en la actividad de la distribución eléctrica en el Perú luego de la estructura que se construyera a partir de la Ley de Concesiones Eléctricas de noviembre del 1992 y su Reglamento. Los principales hitos que caracterizó la nueva estructura fueron¹:

- Desintegración estructural de la industria en sus componentes de generación-transmisión-distribución.
- Privatizaciones y concesiones.
- Creación de un mercado libre de clientes (consumos por encima de 1000 MW).
- Sistema de despacho en función al menor costo (auditado) variable en la generación.
- Regulación basada en costos con incentivos en los segmentos de transmisión y distribución.

¹ Reformas Estructurales en el Sector Eléctrico Peruano – Documento de Trabajo N° 5, Oficina de Estudios Económicos - OSINERGMIN

En esta investigación nos ocupamos de los mercados de distribución eléctrica, exactamente de los sistemas que van desde los puntos en que el COES entrega (vende) potencia y energía a las empresas concesionarias y desde donde la concesionaria debe transportarlos a través de sus redes de distribución (de demanda) en los niveles de tensión estandarizados hasta sus usuarios finales en la concesión que administran.

Estos mercados son del tipo monopolio natural, tienen costos subaditivos² y son regulados.

Las ganancias en eficiencia y su correlato, las ganancias en productividad en el sector de distribución tienen una gran importancia en estos mercados puesto que podrían incluso afectar las actividades de generación y transmisión³.

Si bien es cierto, los objetivos de la investigación realizada –y las ya publicadas anteriormente– tienen como objetivo conseguir luces sobre este particular, cabe preguntarse: ¿dónde estamos? y ¿hacia dónde deberíamos orientarnos? en materia de eficiencia energética en el sector de la distribución eléctrica.

Al servicio de estos objetivos esta vez presentamos los resultados de

una investigación que utiliza técnicas econométricas, el análisis de fronteras estocásticas.

Este método presenta algunas ventajas respecto a los métodos no paramétricos, de la Envolvente de Datos (DEA). Nos permite controlar el error estadístico introducido en la evaluación exónométrica.

II. Marco de referencia y el modelamiento de la tecnología en el proceso de producción

Estimar el impacto de la tecnología en un proceso de producción determinado ha sido un problema que concitó la atención de muchos investigadores de la economía aplicada, estudio a su vez muy complejo en la medida que durante muchos decenios la tecnología en el análisis de un proceso productivo no fue considerada una variable del proceso de producción, sino tan solo un dato que los investigadores y analistas debían tomar como tal en la medida que primaba el concepto de que toda mejora tecnológica en un proceso productivo provenía de fuera –tenía un contenido exógeno– en relación con la dinámica misma de toda actividad económica en estudio.

² Siempre es más barato –eficiente– desde el punto productivo, atender la demanda con una sola empresa.

³ SFA, este análisis utiliza métodos paramétricos para determinar la frontera de producción tecnológica, y a partir de allí calcula las eficiencias que involucra a cada punto de producción observado, dependiendo de los modelos económicos representativos.

Para poder acometer su estudio, comenzaremos por describir un marco analítico para describir la naturaleza física de la tecnología de producción, revelada en general por la utilización de múltiples insumos (*input*) para la producción de múltiples productos (*output*). Así tenemos que si bien es cierto la tecnología no es observada directamente en el proceso productivo, la relación "combinación de insumos (*input*) seleccionados" versus "productos totales obtenidos" revelan la naturaleza o estructura de la tecnología empleada en dicho proceso productivo.

Hacia los años 50, fueron Koopmans (1950), Shephard (1953) y Farrell (1957) quienes desarrollaron esta concepción, y los métodos correspondientes para medir la eficiencia técnica que caracterizaba la tecnología empleada, surgiendo el Análisis de la Envoltura de Datos, para hacerlo.

Este marco de referencia está basado solamente en información sobre cantidades de insumos (*inputs*) y de productos (*outputs*). La estructura o naturaleza de la tecnología de producción será descrita entonces como conjuntos realizables o conjuntos de combinaciones factibles de insumos (*inputs*) dada la tecnología que utilizan, para su transformación en productos (*outputs*). Lovell, Knox y Kumbhakar (1993) (1999), (2000) debieron precisar este marco teórico de referencia para dar consistencia a la aplicación de métodos econométricos en la determinación

de una frontera de posibilidades de producción, y la determinación de las Eficiencias Técnica, Asignativa y de costos. manteniendo los avances de Farrell y la de los investigadores de la época. Para Lovell, si el conjunto de una combinación de múltiples insumos (*input*) generando, a través de la tecnología utilizada, un conjunto de múltiples productos, caracterizaba la estructura de la tecnología no observada, entonces, la atención debía desplazarse hacia la frontera, en la medida que estas representan aunque débilmente actividades de producción eficiente.

Así, si la relación de estos conjuntos de variables llevaba inherente la tecnología que utilizaba, entonces era posible, en este sistema, analizar el comportamiento de ellas, que incluían su propia tecnología. Fue este mismo objetivo que se trazó Robert Solow (1975) a partir de su modelo que integraba un nuevo factor que denominó, la Productividad Total de los Factores (*ptf*). Con una ventaja, que si el conjunto de múltiples insumos y múltiples productos se analizaba en correspondencia con los modelos económicos neoclásicos de producción, de costos, de ingresos y de ganancias.

Y esta teoría –que revolucionó en particular el análisis microeconómico– aún adolecía de algunas limitaciones, como por ejemplo que era muy valioso cuando se trataba de sistemas del tipo monoproducción, o monoinput.

Sin embargo, los aportes de Shephard (1953, 1973) incorporando la Función Distancia resolvió la cuestión de saber como podía resolverse sistemas de varios insumos y varios productos.

Cuando la estructura de la tecnología de producción puede ser descrita en términos de funciones distancia, porque nos proveerá mediciones de la distancia entre una actividad de producción, tal como ella es observada y la frontera de las posibilidades óptimas de producción. Las funciones distancia están así íntimamente relacionadas con la medición de la eficiencia técnica. No obstante, la eficiencia técnica no es el único tipo de eficiencia que se pueda estudiar utilizando la función distancia.

Además, siempre estaremos en condiciones de utilizar herramientas como la teoría dual para obtener representaciones económicas de la estructura de la tecnología de la producción. Utilizando información sobre ambas, las cantidades y los precios de los insumos (*inputs*) y de los productos (*output*).

Estas fronteras económicas son utilizadas entonces como estándares de referencia para medir la eficiencia tanto de los costos como de los ingresos, y de las ganancias en relación con la referencia establecida.

La ineficiencia técnica es definida en términos de función distancia a la frontera de producción y la efi-

ciencia económica es definida en términos de distancia a una frontera económica (de costos, ingresos, o ganancias).

III. Las fronteras estocásticas de producción

El análisis por fronteras estocásticas de posibilidades de producción es la metodología que emplearemos en la determinación de la eficiencia económica en el proceso de producción de los mercados de distribución eléctrica. Conocemos también con Farrell (1957) que ella es el producto de la eficiencia técnica o la capacidad de una firma para obtener el máximo de producción a partir de una combinación particular de sus insumos, en estas condiciones hablamos de una eficiencia técnica (ET_p) en la orientación de los productos. Pero también existe una eficiencia técnica en la orientación de los insumos (ET_L) cuando dado un nivel de producción buscamos minimizar los insumos por combinar para obtener los mismos niveles de producción. Mientras, conocemos por eficiencia asignativa (EA) la capacidad de la empresa en estudio de utilizar insumos del mercado de proveedores a precios lo más baratos posibles y garantizar el mismo nivel de producción.

En nuestro trabajo del año 2008 calculábamos estas medidas de eficiencia estimando la frontera de posibilidades producción tecnológica, desconocida, a partir de métodos no paramétricos (DEA). En el pre-

sente trabajo utilizaremos métodos paramétricos para estimarla, a fin de beneficiarnos de las bondades y experiencia acumulada por la importante herramienta que significan los métodos econométricos.

Asumimos una funcional dada para que relacione los insumos (*input*) con un producto (*output*).

Cuando la forma funcional es seleccionada, entonces los parámetros desconocidos pueden ser estimados por métodos econométricos. Algunas formas funcionales semuestran en el Tabla 1.

Cada forma funcional se corresponde con un modelo que pretende explicar el proceso productivo estudiado.

Donde los coeficientes $\gamma, \beta_n, \beta_{nm}$ son parámetros desconocidos que deben ser estimados.

Sin embargo, no se trata solamente de seleccionar el modelo que interpreta el fenómeno económico, en ausencia de la tecnología que sirve de referencia al proceso de producción estudiado, sino que nuestro modelo debe de ser capaz de interpretar la evolución del proceso de producción en correspondencia con los cambios de tecnología expresados en la frontera de producción.

Una manera de encarar esta variación del proceso productivo en correspondencia con el cambio tecnológico es incorporar un término de tendencia que exprese la evolución de la tecno-

Tabla 1

Linear	$y = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n X_n$
Cobb-Douglas	$y = \beta_0 + \prod_{n=1}^N X_n^{\beta_n}$
Quadratic	$y = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n X_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} X_n X_m$
Normalised quadratic	$y = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \left(\frac{X_n}{X_N} \right) + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{N-1} \sum_{m=1}^{N-1} \beta_{nm} \left(\frac{X_n}{X_N} \right) \left(\frac{X_m}{X_N} \right)$
Translog	$y = \exp \left(\beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln X_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln X_n \ln X_m \right)$
Generalised Leontief	$y = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} (X_n X_m)^{1/2}$
Constant Elasticity of Substitution (CES)	$y = \beta_0 \left(\sum_{n=1}^N \beta_n X_n^{\gamma} \right)^{1/\gamma}$

logía incorporada entre las variables explicativas y cuyo coeficiente tiene que ser determinado.

$$E(V_i) = 0 \quad \text{Media cero}$$

$$E(V_i^2) = \sigma^2 \quad \text{Homocedástico}$$

$$E(V_i V_s) = 0, \quad \text{No correlacionado para todo } i \neq s$$

Los métodos variarán si el modelo es lineal o si es no lineal. En el caso de cualquier mercado de distribución eléctrica puede ser expresado en unidades físicas de comercialización de energía, o su equivalente en unidades monetarias.

IV. Modelamiento de las ineficiencias y la función distancia

La función distancia

De acuerdo con Shephard (1953-1970), cuando se utilizan varias entradas (*inputs*) para producir varios productos (*outputs*) un sistema de producción podría ser evaluado utilizando el concepto de funciones distancia, en la medida que provee de una caracterización funcional de la estructura de la tecnología de producción⁴ del proceso en estudio.

Una función distancia que toma las entradas o insumos como su referencia caracteriza a los sistemas orientados a los insumos o *inputs*; mientras que las funciones distancia que toman como referencia a los productos o salidas caracteriza a los sistemas orientados a los productos u *outputs*.

Las funciones distancia no solo caracterizan la estructura de la tecnología de la producción, también guardan estrecha relación con la medición o estimación de la eficiencia técnica⁵.

Sin embargo, el mayor aporte de Shephard al introducir la función distancia en la evaluación microeconómica de un proceso industrial estuvo en el hecho que demostrara su rol y todas las ventajas de usarla en la teoría de la dualidad.

Así, bajo ciertas condiciones, una frontera de producción (de un solo *output*) es dual con la frontera de costos (de un solo *output*); también, bajo ciertas condiciones, una función distancia orientada a los insumos es dual a una frontera de costos y una función distancia orientada a los productos es dual a una frontera de ingresos.

Aunque el rol maestro jugado por una función distancia se halla en la

⁴ En la medida que puede revelarnos rápidamente la ineficiencia técnica con que se produce un producto nos otorga casi un conocimiento instantáneo sobre la naturaleza de la tecnología en la planta industrial en estudio.

⁵ Definido en el Informe de Mayo, 2009

teoría de la dualidad, su utilización en el análisis microeconómico no deja de tener un valor empírico. Ella puede ser estimada económicamente para proveer mediciones de eficiencia técnica cuando las empresas utilizan múltiples insumos para obtener múltiples productos. Sin embargo, solo se usa intensivamente en el último periodo.

En el presente trabajo hemos seleccionado un modelo que tendrá un solo producto y varios insumos. En el modelamiento no utilizaremos esta herramienta, ya que en la medida que tenemos un solo producto emplearemos la metodología desarrollada por Farrell y plasmado por Coelli & Batesse (1998) y Lovell & Kumbhakar (2002), en particular en el programa Frontier v. 4.1.

V. Variables endógenas (*output*), exógenas (*input*) y la Información disponible

Del abanico de variables presentes en la distribución eléctrica, Neuberger (1977) coligió que de todas ellas solo cuatro tomaban el lugar de factores principales que afectaban la distribución de energía y éstas eran: el consumo de energía, el número de consumidores, las longitudes de las redes y el área que cubre la oferta de energía; sin embargo, no precisa si alguna de ellas podría ser calificada como insumo o como variable de entorno –variables exógenas–, la cual a pesar de no estar bajo control

de la empresa, afecta no obstante la distribución de energía. Por ejemplo, las redes de distribución o el número de transformadores pueden ser considerados como insumos sobre los cuales cada empresa tiene el control de decidir si, finalmente, hace o no hace la inversión necesaria para ampliar la capacidad de respuesta del sistema o la extensión del mismo y aumentar así el número de kilómetros servidos. En este último caso son muchos los trabajos en los que estas dos variables pueden ser sustituidas por los montos de la inversión aprobados por las empresas.

En algunos casos se ha empleado la cantidad de energía distribuida como una variable exógena. Pero, tal como anota Estache *et al* (2002), es preferible tomar precauciones frente a esta tentación en la medida que la energía distribuida no es el total, ya que ésta se ofrece al usuario final a un precio determinado.

Las empresas de distribución de energía son multiproducto, ya que colocan a sus usuarios potencia y energía en diferentes niveles de tensión (baja, media, alta y muy alta) y a partir de cierto nivel de potencia contratada a diferentes precios, incluso si ellos están regulados. El volumen de venta de energía en los mercados regulados ha ascendido en febrero del 2010 al 44%, mientras el mercado libre compró el 66% de un total de 2333 Gw-h. De ese 44%, el sector doméstico compra no menos del 80%.

En el caso de las variables que afectan el desempeño del sector –variables del entorno– sobre las cuales la empresa no tiene ningún control, es menester analizar los sistemas de funcionamiento y las características esenciales de cada uno de ellos, en particular las especificidades espaciales y geográficas que se reflejan en el área atendida y en la densidad de los usuarios atendidos.

¿Qué factores pueden afectar la tecnología del sector al punto de horadar el desempeño de las empresas? Entre otros, son los siguientes:

- La máxima demanda del sistema, que determina la capacidad del sistema y de los nodos individuales.
- La extensión del sistema expresada en número de usuarios atendidos.
- La dispersión de los usuarios en el área de la concesión.
- El tamaño del área atendida.
- El total de kilovatios vendidos.
- La longitud de las líneas de distribución.
- La capacidad de los transformadores.

VI. Resultados de la Investigación

Los efectos de las ineficiencias no controladas. Los modelos 1 y 4

han sido descartados en la medida que los coeficientes de la regresión no calificaron, unos resultaron nulos y otros tuvieron sus signos no coherentes con la marcha de un mercado de distribución eléctrica (Tabla 2).

VII. Conclusiones

1. Los modelos 1 y 4 no explican la variable endógena porque en ambos casos una de las variables de primer orden, el Capital, debe ser descartada, en el primer caso por un t calculado menor al t crítico de tablas, y en el segundo porque tiene un signo no coherente que explicaría que frente a una disminución del capital le correspondería un aumento de los Gw-h vendidos, que es una incongruencia.
2. Solo los modelos 2, 3 y 5 tienen todos los coeficientes de primer orden válidos porque en todos los casos éstos son mayores que el t crítico. Y en el caso de los coeficientes de segundo orden, en todos los casos no serían consistentes, deberían ser nulos, lo que sugiere que la funcional que explican estos modelos es una Cobb Douglas clásica. Corroborada esa afirmación el hecho que los estimadores de segundo orden calculados en los modelos 2 y 3 solo se diferencian en la forma de la funcional que explicaría la distribución de la ineficiencia: una normal truncada versus una media normal truncada, prácticamente son los mismos.

3. Es notable el impacto que tiene la ineficiencia⁶ no controlada sobre los resultados. (Modelo 5). Cuando la densidad poblacional es pequeña el efecto que tiene sobre el desempeño de la empresa es relevante y esta disminuye apreciablemente. Mientras si la densidad poblacional es grande y esta tiene un efecto contrario sobre ella, aumenta considerablemente su desempeño.
4. Las eficiencias estimadas por los modelos 2 y 3 reportan las eficiencias promedio y las eficiencias técnicas de cada empresa, y en cada periodo prácticamente el

Tabla 2
Coeficientes y sus respectivos t_e estimados

Coeficientes	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
beta 1	0,11147 (1,38707)	0,35262 (3,70563)	0,35291 (3,64423)	-0,06755 (-0,93729)	0,36007 (4,1861)
beta 2	0,34027 (41,90404)	0,8962 (9,4968)	0,89619 (9,32872)	0,16093 (2,51036)	0,64037 (7,15679)
beta 3	-0,06935 (-0,51395)	-0,05979 (-0,23138)	-0,06036 (-0,22935)	-0,14088 (-1,38028)	0,15630 (0,57249)
beta 4	-0,02127 (-0,15801)	0,03771 (0,14123)	0,03839 (0,14152)	68,76708 (6,82696)	-0,18923 (0,71079)
beta 5	0,04786 (0,32078)	0,20522 (0,72364)	0,20455 (0,71096)	-0,03519 (-0,31133)	0,34040 (1,324110)
beta 6	0,05212 (10,49065)	0,04998 (4,70272)	0,05008 (4,75390)	0,05424 15,65924	0,04471 (4,27887)
Gamma	0,97369 (166,63774)	0,92376 (14,83306)	0,92500 (15,51034)	0,99667 (937,0050)	- o -
Mu	≠ 0	≠ 0	= 0	= 0	≠ 0
ETA	= 0	= 0	= 0	= 0	= 0
Z	No	No	No	No	Sí
ET	26%	65,55%	65,79%	20,15%	50,55%

Nota: El t-crítico, de tablas para una muestra con 156 observaciones es de 1,645, con el 95% de confiabilidad.

⁶ En la medida que puede revelarnos rápidamente la ineficiencia técnica con que se produce un producto nos otorga casi un conocimiento instantáneo sobre la naturaleza de la tecnología en la planta industrial en estudio.

mismo. Sin embargo, los modelos se diferenciaban en una variable, aquella que tiene que ver con la hipótesis de la funcional que debía ser modelada para interpretar las ineficiencias: si una de distribución normal truncada o una medio normal truncada. Los resultados han expresado que en cualquiera de las dos hipótesis probadas, los resultados son prácticamente los mismos. También la eficiencia promedio, durante todo el periodo. Un elemento suplementario que explicaría que, en efecto, la funcional es una Cobb Douglas típica.

5. El Gamma de ambos modelos son altos. Ellos dicen que el modelo utilizado para simular la ineficiencia, el δu^2 absorbe hasta el 92% del error compuesto⁷ y de acuerdo a la regresión el t calculado es superior al t crítico, lo que quiere decir que el valor reportado es consistente.
6. La eficiencia de escala de cada modelo sería el mismo y asciende a 1,24%, lo que indica que estamos en la zona de los retornos crecientes. Mientras que el Modelo 5, que incorpora las ineficiencias de entorno, muestra que los retornos de escala son óptimos. Esta sería igual a la unidad.
7. En los modelos 2, 3 y 5 los signos son coherentes, a un aumento de recurso trabajo puede corresponder un aumento de los GW-h tranzados. Igual efecto tendría un aumento del recurso Capital, solo que el Modelo 5 nos informa que se necesitaría un punto porcentual más de capital que en los modelos 2 y 3 para variar una unidad de energía disponible para atender a eventualmente a más usuarios, mientras que si se trata de atender un aumento de la energía tranzada recurriendo al trabajo (en el caso que se trate de una actividad del tipo *Catching-Up*); resultado que es también coherente.
8. El progreso técnico en el período habría evolucionado con una tasa igual a 4,4% de acuerdo al Modelo 5, y con una tasa del 5% de acuerdo a los modelos 2 y 3, por año.
9. Finalmente, aparece con claridad que para estimar la eficiencia técnica de una UED en estudio es obligatorio incorporar el impacto de las ineficiencias generadas por las variables de entorno.

⁷ Definido en el Informe de mayo de 2009.

Referencias bibliográficas

- ATKINSON, A.B.; STIGLITZ, J.E.** (1969). "A new View of Technological Change". En: *Economic Journal*, pág. 573-578.
- JONES, H.** (1975). *Introducción a las teorías modernas del crecimiento económico*. Barcelona: Antoni Bosch editor.
- MANSFIELD, E.; MANSFIELD, E.** (1968). *The Economics of Technological Change*. Nueva York: Norton.
- NORDHAUS, W.D.** (1969). *Invention, Growth and Welfare: A Theoretical Treatment of Technological Change*. Cambridge, Massachussets: MIT Press.
- OCDE.**(1996). *Technologie, productivité et création d'emplois*. (vol. 2). Rapport analytique.
- SALTER, W.E.G.** (1969). *Productivity and Technical Change*. Cambridge University Press. [Traducción castellana: Productividad y cambio técnico. Madrid: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.]
- SCHMOOKLER, J.** (1966). *Invention and Economic Growth*. Cambridge, Massachussets: Harvard University Press.
- SCHUMPETER, J.A.** (1952). *Capitalism, Socialism and Democracy*. Londres: Allen and Unwin. [Traducción catalana: Capitalisme, socialisme i democràcia (2 volums) Barcelona: Edicions 62.]
- SOLOW, R.M.** (1956). "Technical Change and the Aggregate Production Function". En: *The Review of Economics and Statistics*.

** Hernán Cuentas Anci. Ingeniero Civil Electricista graduado en la Universidad de Lieja (Bélgica), Bachiller en Ingeniería Mecánica-eléctrica por la Universidad Nacional de Ingeniería (Perú) y con estudios de maestría en Regulación de Servicios Públicos en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

** César Cetraro Cardó. Ingeniero Economista por la Universidad Nacional de Ingeniería (Perú).