



Munich Personal RePEc Archive

**Consistency of efficiency measures based
on parametric and non-parametric
distance functions: An application to
electricity distribution in Argentina**

Loza, Andrés and Margaretic, Paula and Romero, Carlos

Centro de Estudios Económicos de la Regulación - Universidad
Argentina de la Empresa

December 2003

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/15269/>

MPRA Paper No. 15269, posted 16 May 2009 09:45 UTC

CONSISTENCIA DE MEDIDAS DE EFICIENCIA BASADAS EN FUNCIONES DE DISTANCIA PARAMÉTRICAS Y NO PARAMÉTRICAS: UNA APLICACIÓN AL SECTOR DE DISTRIBUIDORAS DE ELECTRICIDAD EN LA ARGENTINA

Loza, Andrés M.

CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS DE LA REGULACIÓN, UADE

Margaretic, Paula

CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS DE LA REGULACIÓN, UADE

Romero, Carlos A.

INSTITUTO DE ECONOMÍA Y CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS DE LA REGULACIÓN, UADE

Resumen : El objetivo del presente trabajo es medir la eficiencia técnica de un conjunto de empresas argentinas que operan en el sector de distribución de electricidad para el período 1994-2001, utilizando para ello dos enfoques: un enfoque no paramétrico DEA y un enfoque paramétrico de las funciones de distancia. En el mismo sentido, se plantea como objetivo realizar una aplicación empírica de las funciones de distancia y construir las fronteras utilizando ambas técnicas. Como parte del análisis de la consistencia y comparabilidad de ambas metodologías, se verificará si ambos métodos dan la misma respuesta ante la pregunta de cual es la medida de eficiencia de cada una de las empresas de la muestra.

ABSTRACT: This paper estimates the technical efficiency of a set of Argentinean firms in the electric distribution sector for the period 1994-2001. The efficiency measurement involves the application of two methods: one non-parametric and the other parametric. The first one is DEA and the second one is the distance functions. Additionally, we focus on the construction of the efficient frontier for both methods. We present the consistency conditions for both methodologies in order to test whether both of them tend to give the same answer to the question of the efficiency measurement of the firms in the sample.

Clasificación JEL: L94

Palabras clave: funciones de distancia, DEA, eficiencia, electricidad.

Buenos Aires, diciembre de 2003

Consistencia de medidas de eficiencia basadas en funciones de distancia paramétricas y no paramétricas: una aplicación al sector de distribuidoras de electricidad en la Argentina

I. INTRODUCCION

Durante la década de los 90, nuestro país estuvo sometido a un extendido proceso de privatizaciones en el sector de los servicios públicos y, en particular, en el sector eléctrico. Uno de los objetivos buscados en este proceso era justamente incrementar la eficiencia en la provisión de estos servicios, a partir de la transferencia de las hasta ese entonces empresas públicas a manos privadas, junto con la adopción de mecanismos regulatorios caracterizados por ser mas pro incentivos.

La evaluación del resultado del proceso de privatizaciones revela la necesidad de implementar medidas para monitorear el funcionamiento y la operación de las empresas una vez privatizadas. En este contexto, analizar la eficiencia en la operación de las empresas de servicios públicos resulta relevante, mas aún si uno de los objetivos iniciales fue el de implementar mecanismos regulatorios que permitieran la competencia por comparación entre empresas.

De este modo, aparece como necesario contar con criterios para comparar la operación de los diferentes monopolios regionales regulados de forma de promover la competencia por comparación, y, en particular, incentivar a la minimización de costos, la inversión en capital eficiente e incentivar la revelación de información. En una revisión tarifaria, el desafío regulatorio es el siguiente. Si la ganancia de productividad usada para fijar el nuevo precio máximo es específica a la firma y está basada en ganancias pasadas, la firma no tendrá incentivos poderosos a reducir sus costos, ya que ello resultaría en un precio menor. Una alternativa para el regulador sería medir las ganancias de eficiencia de manera que no dependan tanto del control de la empresa, como se hace en la competencia por comparación, en la cual los precios pueden fijarse con referencia al desempeño agregado de la industria.

Baldwin y Cave (1999) identifican cuatro condiciones esenciales para el buen funcionamiento de la metodología de competencia por comparación: (i) un buen número de empresas, (ii) que sean comparables, (iii) con un regulador común y (iv) que cuente con información de las empresas. Para el segmento de distribución de la electricidad de la Argentina, la condición (i) se cumple. La elección de variables ambientales relevantes intentará satisfacer (ii). La condición (iii) no se cumple a priori pero un análisis más minucioso de las regulaciones provinciales muestra una gran similitud entre las mismas y la normativa a nivel nacional. Por último, se cuenta con una base de datos de 25 empresas de distribución para el período 1994-2001 que permite alcanzar (iv).

En consecuencia, la utilización de medidas de comparación es particularmente factible en el sector de distribución de electricidad. La implementación de un mecanismo de comparación¹ va a depender de cada regulador individual o en su defecto, sería posible a través de algún organismo federal como la Oficina de Defensa de la Competencia. (Bondorevsky *et al.* 2002).

¹ Aún si no es posible establecer mecanismos de competencia por comparación, el solo análisis de benchmarking contribuiría a reducir la asimetría de información existente entre el regulador y las empresas, brindándole mas herramientas a cada regulador jurisdiccional.

Uno de las principales herramientas para medir eficiencia son los estudios de frontera. Los mismos, en líneas generales se clasifican de acuerdo a la forma en que dicha frontera es especificada, esto es, si la frontera es calculada a partir de una función de producción o una función de costos. Una función de producción muestra las cantidades producidas como función de los insumos utilizados, mientras que una función de costos muestra el costo total de producción como función del nivel de producto y el precio de los insumos. Adicionalmente, existen dos enfoques básicos para estimar dichas fronteras: el enfoque paramétrico y el no paramétrico. Dentro del enfoque paramétrico, el más utilizado es el Data Envelopment Análisis -DEA- (Seiford y Thrall, 1990; Ali y Seiford, 1993; Coelli, Rao y Battese, 1998). Dentro del paramétrico se encuentran: la frontera paramétrica determinística, la frontera paramétrica estocástica y fronteras sin supuestos acerca de la distribución del error (Kumbhakar y Lovell, 2000 y Lovell, 1993).

En cuanto a la medición de la eficiencia en la operación de las firmas, cabe señalar que a partir de tales análisis es posible hallar una medida de eficiencia por empresa, así como también determinar para horizontes temporales delimitados, si las mismas han tenido ganancias en su productividad.

La elección de la especificación debe tener en cuenta las particularidades del sector bajo análisis. En sectores regulados, las empresas se encuentran obligadas a satisfacer la demanda, no pudiendo decidir el nivel de producto a ofertar. Dado que el producto es exógeno, la empresa maximiza beneficios, minimizando sus costos. En este sentido, medir la eficiencia de las firmas a través de la estimación de los costos resulta mas razonable que hacerlo a través de funciones de producción.

En la elección de la especificación a estimar, se encuentra implícita otra discusión referida a la noción del tipo de eficiencia. La función de costos estima eficiencia asignativa, mientras que la función de producción provee información sobre eficiencia técnica.²

El objetivo del presente trabajo es obtener medidas de eficiencia técnica. En este sentido, las funciones de producción tienen implícita esta noción de eficiencia así como también las funciones distancia. La estimación de funciones de producción en sectores regulados presenta inconvenientes teóricos, de modo tal que a lo largo del presente trabajo recurriremos a su alternativa, esto es, la función de distancia, la cual presenta como atractivo adicional el hecho de que toma en cuenta el problema de exogeneidad.

Las funciones de distancia imponen una forma funcional a la distancia existente entre un vector de productos y un vector de insumos lo máximo posible. Por otro lado, permiten el tratamiento multiproducto, lo cual no era factible en el caso de las funciones de producción.

Por tanto, en el presente trabajo se utilizarán para medir la eficiencia de las firmas el enfoque DEA y el enfoque paramétrico de las funciones distancias. El objetivo del trabajo es doble. En primer lugar, construir una frontera de eficiencia, utilizando las técnicas de programación matemática y de las funciones distancia, para medir la eficiencia de cada una de las empresas que componen la muestra. En segundo lugar, verificar si la mayor coincidencia teórica que existe a priori entre estos dos enfoques se verifica en la practica, esto es, si ambos

² A priori, la estimación de la eficiencia asignativa resulta deseable y engloba a la eficiencia técnica. Sin embargo, para ello es necesario contar con datos sobre precios de los insumos y productos, lo cual hace que la estimación de las funciones de costos presente inconvenientes (Ver :Burns y Weyman-Jones, 1996 y Thompson, 1997)

métodos dan la misma respuesta ante la pregunta de cual es la medida de eficiencia de cada una de las empresas de la muestra.

El trabajo se estructura de la siguiente forma. En la sección I se presentan brevemente los dos enfoques empleados para medir la eficiencia de las firmas: modelo DEA y funciones distancia, realizando una comparación entre ambos. En la sección II se pasa a la medición de la eficiencia. En la sección II.2.1 se describen los datos y las fuentes de información, mientras que en la sección II.2.2 se presentan los resultados para ambos modelos. En el apartado II.3 se presentan las medidas de eficiencia y se comparan los resultados. En la sección II.4 se analiza la relevancia de la propiedad, mientras que en la II.6 se discuten las condiciones de consistencia entre las distintas metodologías. Finalmente, en la sección III se presentan las conclusiones del trabajo.

II. ESTIMACION DE LA FRONTERA

II.1. Marco Teórico

En esta sección se discuten las principales características de los dos enfoques empleados para medir la eficiencia de las firmas. En primer lugar, se considerará el enfoque DEA. En segundo lugar, se describirá el enfoque paramétrico de las funciones distancias. Finalmente se compararán ambos enfoques enfatizando las similitudes entre ambos.

II.1.1 DEA

El enfoque de programación matemática (lineal), DEA, provee una medida de la eficiencia relativa a una frontera de producción no paramétrica. Este método permite construir la frontera tecnológica a partir de los datos disponibles y calcular la distancia de observaciones o actividades individuales a dicha frontera. Esta frontera tecnológica se forma como combinaciones lineales de actividades extremas (las mejores prácticas), resultando en una frontera consistente de segmentos.

Färe, Grosskopf y Lovell (1994) demuestran que la tecnología así construida satisface axiomas muy generales de la teoría de la producción y, a pesar de que no es diferenciable en todos sus puntos, a medida que el número de actividades crece, la tecnología converge al caso neoclásico. Al envolver los datos lo más ajustadamente posible con segmentos lineales, el enfoque de programación matemática revela la estructura de la frontera tecnológica sin necesidad de imponer una forma funcional específica sobre la tecnología o las desviaciones de la misma.

La selección de un modelo particular comprende una decisión sobre la forma de la frontera eficiente y otra sobre el concepto de distancia a utilizar. La primera decisión tiene que ver con un supuesto sobre los rendimientos de escala. Existen básicamente dos alternativas: rendimientos constantes de escala (CRS) y rendimientos variables de escala (VRS). Por su parte, la elección de un concepto de distancia involucra la opción por una orientación para el modelo: a la reducción proporcional de los insumos manteniendo constante el nivel de productos, al incremento proporcional en los productos dados los insumos, o ninguna orientación.

La especificación teórica del modelo CRS orientado a los insumos consiste en un problema de optimización restringida como el siguiente:

$$\min_{\theta, \lambda} \theta$$

$$\text{sujeto a: } y_j \leq \lambda Y$$

$$\lambda X \leq \theta x_j$$

$$\lambda Z = z_j$$

$$\lambda \in \mathbb{R}^+$$

donde Y es una matriz $N \times r$ de los productos de las empresas en la muestra (N denota el número de empresas y r el número de productos); X es una matriz $N \times m$ de insumos (m indexa los insumos considerados); Z es una matriz $N \times s$ que contiene toda la información sobre las S variables ambientales de las N firmas; y_j , x_j y z_j son los vectores observados de productos, insumos y variables ambientales, respectivamente, de la empresa bajo análisis; y , finalmente, λ es un vector de parámetros de intensidad ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$) que permite la combinación convexa de los insumos y productos observados (de manera de construir la superficie envolvente). Cualquiera de los problemas anteriores debe resolverse N veces, una vez para cada una de las empresas en la muestra.

La inclusión de variables ambientales responde al objetivo que cada empresa sea comparada contra otra firma/s existentes o hipotéticas que tenga/n el mismo ambiente de operación que la firma que es evaluada.

Este problema da como solución la proporción (θ) en que los insumos observados de la firma bajo análisis podrían ser reducidos si la misma fuera eficiente.

Para obtener un modelo VRS de cualquier orientación, basta con agregar una restricción adicional a las especificaciones anteriores:

$$\sum_j \lambda_j = 1 \quad j = 1, \dots, N.$$

Esta restricción asegura que una unidad ineficiente sólo sea comparada contra unidades productivas de similar tamaño. Sin esta restricción, la unidad bajo análisis puede ser comparada con otras sustancialmente mayores o menores.

Si estuviéramos interesados en la proporción (ϕ) en que los productos observados podrían ser expandidos -una orientación a los productos-, la modelización CRS sería como sigue:

$$\max_{\phi, \lambda} \phi$$

$$\text{sujeto a: } \phi y_j \leq \lambda Y$$

$$\lambda X \leq x_j$$

$$\lambda Z = z_j$$

$$\lambda \in \mathbb{R}^+$$

Las medidas de eficiencia obtenidas son medidas de eficiencia técnica, y se conocen como medidas de Debreu-Farrell, siendo las mismas de uso ampliamente difundido. La medida introducida por Debreu y Farrell en la década del 50 se define como uno menos la máxima reducción equiproporcional en todos los insumos que todavía permite la producción del nivel dado de productos. Una medida igual a la unidad indica un 100% de eficiencia técnica, ya que no es factible realizar ninguna reducción equiproporcional en los insumos; mientras que una medida menor que uno da una idea de la magnitud de la ineficiencia técnica

(Lovell, 1993). La medida de Debreu-Farrell puede convertirse fácilmente a la expansión equiproporcional de los productos dados los insumos.

Dado que cada medida es la recíproca de una función de distancia, la medida satisface varias propiedades deseables. Este marco fue generalizado a múltiples productos y reformulado como un problema de programación matemática por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), sobre el que se basa el enfoque DEA.

La representación de la tecnología mediante funciones de distancia permite situaciones multi-producto y multi-insumo, al contrario que las funciones de producción tradicionales, y evita así la necesidad de tener que agregar los productos (o los insumos) con anterioridad al análisis. Dicho esto y a los efectos de realizar una comparación entre el enfoque DEA y las funciones distancia a continuación se presenta el enfoque de funciones distancias.

11.1.2 *Las funciones distancia*

La función de distancia original de Shephard toma a los (múltiples) productos como dados y busca contraer el vector de insumos lo máximo posible, respetando la factibilidad tecnológica del vector contraído (la conversión a la máxima expansión del vector de productos, dados los insumos, es directa). Provee así una caracterización completa de la estructura de la tecnología de producción eficiente (en entornos multi-producto y multi-insumo), y proporciona una medida recíproca de la distancia de cada productor a dicha tecnología eficiente (Färe, Grosskopf y Lovell, 1994). Cumple, de esta manera, con los dos objetivos planteados al inicio del capítulo: construir la frontera eficiente y medir la eficiencia en relación a dicha frontera.

A diferencia de una función de producción, una función de distancia lo que hace es imponer una forma funcional a la distancia existente entre un vector de productos y un vector de insumos (Ver Coelli y Perelman 1999 y 2000). En este sentido, esta técnica permite la inclusión de más de un producto, y el hecho de estar orientado a los insumos permite considerar a los productos como dados (exógenos) y a los insumos como variables de control. Este en principio es un supuesto más razonable que el que está detrás de una función de producción (donde el producto se considera como endógeno, ya que la firma produce más o menos de acuerdo a su elección de insumos) para los sectores regulados donde las firmas deben atender una cantidad “exógena” de clientes.

Para estimar una función de distancia paramétrica es necesario normalizar la parametrización por uno de los insumos (esta cuestión es puramente técnica y no introduce un supuesto adicional). En el presente trabajo, el insumo elegido es el empleo (x_3) y por ende será la variable que figura como explicativa. La idea se describe a continuación.

La parametrización translog de una función de distancia de insumos con 3 productos y 3 insumos, para un panel de N firmas observadas durante T períodos es:

³ La técnica que presentamos no es la única metodología disponible para el análisis de la eficiencia. De hecho, el análisis empírico de la producción ha empleado con mayor frecuencia técnicas paramétricas (econométricas). Coelli, Rao y Battese (1998) y Fried, Lovell y Schmidt (1993), constituyen muy buenas introducciones a la variedad de técnicas disponibles para la medición de la eficiencia. Como expresan los primeros autores, las distintas metodologías disponibles para la medición del desempeño difieren de acuerdo al tipo de medidas que producen, la información que requieren y los supuestos que hacen sobre la estructura de la tecnología de producción y el comportamiento económico de quienes toman las decisiones.

$$d^{i,t} = \alpha_0 + \sum_{m=1}^3 \varpi_m y_m^{i,t} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^3 \sum_{n=1}^3 \varpi_{nm} y_m^{i,t} y_n^{i,t} + \sum_{k=1}^3 \beta_k x_k^{i,t} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 \beta_{kj} x_k^{i,t} x_j^{i,t} + \sum_{k=1}^3 \sum_{m=1}^3 \delta_{km} x_k^{i,t} y_m^{i,t} \\ + \theta_t t + \frac{1}{2} \theta_{tt} t^2 + \sum_{k=1}^3 \xi_k x_k^{i,t} t + \sum_{m=1}^3 \zeta_m y_m^{i,t} t, \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T.$$

donde d , x e y son el logaritmo natural de la distancia, los insumos y los productos, respectivamente. De forma tal de poder contemplar efectos temporales, es común incluir alguna variable de tendencia (primer y segundo orden), t , que también interactúe con los logaritmos de los insumos y productos.

Las restricciones requeridas para la homogeneidad de grado uno en insumos y para la simetría, son, respectivamente:

$$\sum_{k=1}^3 \beta_k = 1; \sum_{j=1}^3 \beta_{kj} = 0, k = 1, 2, 3; \sum_{k=1}^3 \delta_{km} = 0, m = 1, 2, 3; \sum_{k=1}^3 \xi_k = 0,$$

y

$$\varpi_{mn} = \varpi_{nm}, m, n = 1, 2, 3; \beta_{kj} = \beta_{jk}, k, j = 1, 2, 3.$$

De esta forma, imponemos la condición de homogeneidad normalizando la función con uno de los insumos (en este caso x_3), llegando a:

$$-x_3^{i,t} = \alpha_0 + \sum_{m=1}^3 \varpi_m y_m^{i,t} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^3 \sum_{n=1}^3 \varpi_{mn} y_m^{i,t} y_n^{i,t} + \sum_{k=1}^2 \beta_k x_k^{*i,t} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^2 \sum_{j=1}^2 \beta_{kj} x_k^{*i,t} x_j^{*i,t} + \sum_{k=1}^2 \sum_{m=1}^3 \delta_{km} x_k^{*i,t} y_m^{i,t} \\ + \sum_{h=1}^2 \psi_h z_h^{i,t} + \theta_t t + \frac{1}{2} \theta_{tt} t^2 + \sum_{k=1}^2 \xi_k x_k^{*i,t} t + \sum_{m=1}^3 \zeta_m y_m^{i,t} t + \varepsilon^{i,t}, \quad \varepsilon^{i,t} = v^{i,t} - u^{i,t},$$

donde $x_k^* = x_k - x_3$, los z_h 's son el logaritmo natural de las variables ambientales y donde se ha reemplazado el término de distancia $-d^{i,t}$ por el error compuesto $\varepsilon^{i,t} = v^{i,t} - u^{i,t}$.

II.1.3 Comparación entre ambos enfoques

En función de lo expresado previamente, resulta interesante destacar que las funciones distancia como las consideradas en el presente trabajo permiten una comparación más precisa con las técnicas como el DEA ya que, en primer lugar, utilizan la misma noción de distancia por detrás, llegando así a medidas de eficiencia mucho más comparables. La medida de eficiencia en el caso del DEA que se obtiene de resolver el programa anterior es la recíproca de la distancia entre el valor observado y la frontera.

Por otro lado, ambas contemplan el tratamiento de múltiples insumos y múltiples productos, a diferencia de las funciones de producción tradicionales y evita la necesidad de tener que agregar los datos con anterioridad al análisis.

Finalmente, se encuentran las dificultades teóricas que implican en sectores regulados utilizar funciones de producción, dado que en general las empresas deben satisfacer un demanda exógena. Si bien este problema es resuelto desde lo conceptual por la función de costos, la misma presenta el inconveniente que requiere para su estimación el uso de variables monetarias, las cuales en general no se encuentran disponibles, o son de dudosa confiabilidad. Asimismo, resultan de difícil comparación para empresas de distintos países. Por tanto, en este contexto las funciones de distancia vienen a resolver al menos a priori este inconveniente.

Sin embargo, no es posible dejar de mencionar que las funciones distancia tampoco están exentas de inconvenientes/ dificultades, entre las cuales se encuentra el hecho de que suponen que el ratio entre insumos permanece constante, lo cual implica que ante un shock el mismo puede afectar el nivel de los insumos, pero no así el ratio de utilización de los mismos. Esto es solo válido si los insumos son perfectamente flexibles, lo cual no es un supuesto del todo plausible, sobre todo en sectores regulados. Por ende, y como se ve, ninguna de las alternativas se encuentra exenta de dificultades. Sin embargo, el objetivo del presente trabajo es analizar que tan bien se comportan las funciones distancia frente a la alternativa del modelo no paramétrico, DEA.

II.2. La medición de eficiencia.

Tal como fuera expresado, la medida de eficiencia productiva de Debreu-Farrell se define como uno menos la máxima reducción equiproporcional en todos los insumos que todavía permite la producción del nivel dado de productos. Por su parte, la definición de eficiencia técnica de Koopmans es la siguiente: un productor es técnicamente eficiente si un incremento en cualquier producto requiere una reducción en al menos algún otro producto o un incremento en al menos un insumo, o si una reducción en cualquier insumo requiere un incremento en al menos algún otro insumo o una reducción en al menos un producto.

A partir de lo anterior, un valor de $\theta^* = 1$ sólo implica que no hay ninguna posibilidad de contraer radialmente el vector de insumos; sin embargo, podrían quedar ‘excesos’ e ‘insuficiencias’ en algunos insumos y algunos productos (lo que en adelante llamaremos, genéricamente, slacks). Por otro lado, cabe destacar que una medida de eficiencia igual a uno es necesaria pero no suficiente para la eficiencia en el sentido de Koopmans. Una unidad productiva eficiente debe satisfacer $\theta^* = 1$ y, además, $\{y_j = z^*Y, z^*X = x_j\}$; es decir que las restricciones deben verificarse con igualdad en el óptimo.

El problema surge porque la medida de Debreu-Farrell es una medida radial de eficiencia técnica. Entre sus desventajas, se destaca que la misma no solo identifica correctamente a todos los productores eficientes en el sentido de Koopmans como técnicamente eficientes, sino que también identifica como técnicamente eficientes a otros productores situados en la isocuanta, fuera del subconjunto eficiente (es decir, situaciones en las que, a pesar de lograrse la máxima reducción proporcional en todos los insumos o el máximo incremento en todos los productos, queda lugar para reducir la utilización de algunos insumos o incrementar la producción de algunos productos). La eficiencia técnica a la Debreu-Farrell es necesaria, pero no suficiente, para la eficiencia técnica a la Koopmans.

Sin embargo, la importancia práctica del problema depende de la cantidad de observaciones que quedan fuera del cono generado por el subconjunto eficiente relevante (denotamos dicho cono por ROT en el gráfico II-2; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). A continuación se muestra un gráfico que expone el problema anterior.

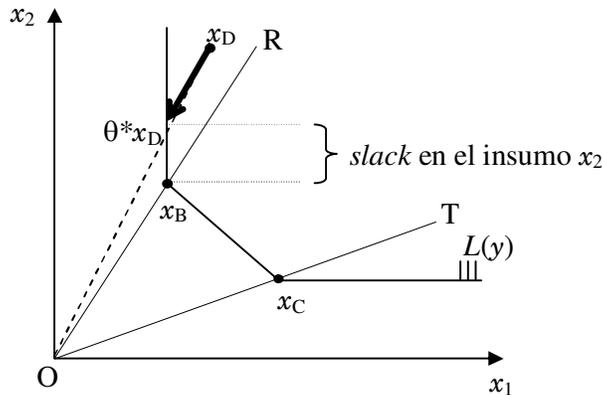


Gráfico II-1: Ilustración del cálculo del Slack

El vector de insumos x_D (que queda fuera del cono ROT) puede ser contraído radialmente y seguir permitiendo la producción del vector de productos y . Ello no es posible para el vector contraído θ^*x_D . Sin embargo, difícilmente podría calificarse a ese vector como 'eficiente', ya que podría reducir aún más la utilización del insumo x_2 y mantener el nivel de producción (para llegar a un punto como el representado por x_B).

Cabe señalar que entre las distintas alternativas para resolver este problema, una de las alternativas para resolverlo ninguna ha tenido un éxito rotundo. Sin perjuicio de lo anterior, una de ellas consiste en reemplazar la medida de Debreu-Farrell con una medida aditiva que considera la posibilidad de slacks en todos los insumos y todos los productos (Charnes et al., 1985). Esta técnica tiene la ventaja de identificar como eficientes sólo a las unidades eficientes en el sentido de Koopmans. Sin embargo, dentro de las desventajas, se encuentra que, como los slacks se miden en distintas unidades para diferentes variables, la medida de eficiencia no es invariante a las unidades de medida (como sí lo es en el caso de la medida de Debreu-Farrell), y el ranking de las unidades basado en ella es arbitrario. Una desventaja adicional de esta propuesta es que implica agregar slacks en diferentes variables.

11.2.1 Datos y fuente de información

En la práctica, la estimación de una función de producción no es tan simple como la teoría lo determina. La función de producción de una empresa distribuidora de energía no solo es una relación técnica entre insumos y productos sino que además depende de una variedad de factores. Así, en los trabajos empíricos suelen distinguirse dos partes de la función: el "corazón" del modelo, determinado teóricamente y formado por el conjunto de insumos, y las variables ambientales. El rol de las variables ambientales es capturar los factores externos que pueden influenciar a las firmas, logrando que las mismas sean comparables. Algunos ejemplos de variables ambientales son :área de concesión, tipo de propiedad, como pública o privada, y características demográficas (ver Freíd, Schmidt y Yaisawarng, 1995).

De esta manera una elección previa a la estimación es la determinación de las variables proxy del producto, de los insumos y de las variables ambientales. Weyman-Jones (1991 y 1992) utilizó en su estudio sobre empresas eléctricas del Reino Unido al número de clientes como variable de producto, a la cantidad de empleados como insumo, y a las siguientes variables ambientales: kilómetros de red, capacidad de transformación, ventas totales, densidad de población, ventas industriales en porcentaje de las ventas totales y demanda punta. En otro trabajo, Hjalmarsson y Veiderpass (1992) examinan la eficiencia de empresas distribuidoras eléctricas en Suecia y utilizan al número de clientes como producto, a las horas trabajadas y los kilómetros de red como insumos y añaden finalmente la capacidad de

transformación. En general, las variables utilizadas como proxy de producto son el número de clientes y las ventas en Mwh, siendo el número de clientes la más utilizada en la práctica.

Los datos brutos empleados en este trabajo se han obtenido de ADEERA (Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina). En el punto siguiente, y de acuerdo al análisis previo, se enumeran las variables seleccionadas.

11.2.2 Resultados de las estimaciones para ambos enfoques

Las variables son las que se presentan a continuación. El área de concesión se toma como un producto (exógeno para la firma), mientras que la densidad de clientes y el porcentaje de consumo residencial sobre el total constituyen las dos variables ambientales.

Modelo – Función distancia orientada a los productos y DEA

Insumos:

1. Número de Empleados (x3)
2. Líneas de distribución (x1)

Productos:

1. Número de clientes (y2)
2. Energía vendida (MWh) (y1)
3. Área (y3)

Variables Ambientales:

1. Porcentaje de consumo residencial sobre el total (z3)
2. Densidad de clientes (z2)

Cabe señalar que para las estimaciones de ambos modelos, se utilizaron las mismas variables, con el objetivo de que las mismas fueran adecuadas para la comparación. Asimismo, ambos se estimaron con un panel desbalanceado, dado que en muchos casos no se contaba con todas las observaciones de cada empresa en todos los años .

A continuación se presentan las estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en las estimaciones.

Tabla 1: Estadísticas descriptivas

Variable	Obs.	Media	Desv. Est	Mínimo	Máximo
Clientes	223	351629.10	561017.80	1535.00	2264307.00
Energía vendida	229	1576275.00	2937912.00	794.00	13700000.00
Área de concesión	165	82531.61	54585.77	3309.00	203013.00
Número de empleados	154	1182.12	1287.79	60.00	5051.00
Líneas de dist.	148	12473.59	10225.75	1900.00	46865.00
Part. cons. Residenciales	206	0.41	0.11	0.11	0.66
Densidad	156	82.45	249.97	0.33	2300.74

11.2.3 Modelo 1. DEA

En este apartado, se exponen los resultados utilizando el enfoque DEA. Se presentan los resultados de las medidas de eficiencia para cada unidad productiva para el modelo orientado a los insumos tanto para el caso de rendimientos constantes a escala, como para rendimientos variables. En principio, el modelo VRS es más deseable, ya que no restringe los rendimientos

de escala. Sin embargo, para el caso de empresas pequeñas y menos productivas puede suceder que las mismas aparezcan como 100% eficientes, debido únicamente a la falta de comparadores, razón por la cual se extiende el análisis al supuesto de rendimientos constantes.

Adicionalmente en el anexo 1 se presentan los elementos no nulos del vector $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_n)$. Para cada unidad productiva evaluada, los elementos no nulos del vector λ óptimo (λ^*) identifican al conjunto de unidades eficientes (en la frontera construida) contra las cuales es comparada (sus ‘pares’). Como expresa Lovell (1993), las unidades eficientes así identificadas son similares a, y una combinación lineal de ellas es mejor que, la unidad productiva ineficiente bajo análisis.

Por otra parte, cabe señalar que se han incluido variables ambientales, con el objetivo de que cada empresa sea comparada contra otra firma/s existentes o hipotéticas que tengan el mismo ambiente de operación que la firma que es evaluada. En este contexto, se considera a dichas variables ambientales como variables neutrales no discrecionales. Entre las alternativas existentes en este sentido, esta elección tiene la ventaja que supone que la empresa no las puede controlar, con lo cual no se realiza ningún juicio a priori sobre el sentido de la influencia de cada variable ambiental sobre la eficiencia.

Dado que contamos con datos de panel, aparecen varias opciones en el contexto del DEA. Una de ellas es construir una frontera para cada año (análisis de corte transversal) y comparar sus resultados. En esta variante, se construye una frontera para cada año y se calcula la eficiencia de cada empresa respecto de la frontera en cada período. Otra posibilidad es tratar al panel como un único corte transversal (cada firma en cada período considerada como una observación independiente), juntando todas las observaciones. Bajo esta alternativa, una única frontera es construida, y la eficiencia relativa de cada empresa en cada período se calcula con respecto a esta única frontera. En ambas variantes se puede calcular el promedio de las medidas anuales de eficiencia, de manera de tener una única medida promedio para el período (y facilitar la comparación con los modelos econométricos de panel).

En referencia a la segunda opción construimos una única frontera, calculando luego los promedios para cada empresa. Los resultados de las medidas de eficiencia promedio para las 25 empresas que componen la muestra y para los modelos DEA orientados a los insumos, bajo ambos supuestos alternativos sobre los rendimientos de escala (DEA-CRS y DEA-VRS) se presentan en las tablas siguientes. Adicionalmente en el anexo se muestran las tablas con el valor del tita y sus comparadores para los dos supuestos sobre rendimientos.

Tabla 2: Medidas de eficiencia y rankings para los modelos DEA

Empresas	CRS	Ranking	VRS	Ranking
1	0.47	24	0.48	24
2	1.00	5	1.00	8
3	0.97	10	1.00	1
4	0.55	23	0.57	23
5	1.00	1	1.00	1
6	0.77	17	0.81	17
7	0.94	12	0.97	12
8	0.98	7	0.99	10
9	0.62	21	0.66	21
10	0.97	9	0.97	13
11	0.99	6	0.99	9
12	1.00	1	1.00	1

13	0.65	19	0.66	20
14	1.00	1	1.00	1
15	0.82	16	0.88	16
16	0.89	14	1.00	1
17	1.00	1	1.00	1
18	0.88	15	0.89	15
19	0.69	18	0.72	18
20	0.64	20	0.70	19
21	0.34	25	0.36	25
22	0.98	8	0.99	11
23	0.92	13	0.96	14
24	0.95	11	1.00	1
25	0.61	22	0.64	22

II.2.4 Modelo 2. Función de distancia orientada a los insumos (IDF)

En esta sección se estimará una función de distancia orientada a los insumos. A diferencia de una función de producción, una función de distancia lo que hace es imponer una forma funcional a la distancia existente entre un vector de productos y un vector de insumos.

Debido a que la curvatura de la Cobb-Douglas es inadecuada en estos contextos, la única opción para la parametrización de esta función es la translog. Esto es una desventaja en los contextos donde la cantidad de datos no es elevada, pero dado que en el presente trabajo contamos con 137, no existen motivos a priori para no considerar la utilización de una función translog de una función de distancia.

La Tabla 3 muestra los resultados de las estimaciones de la función de distancia. A partir de los resultados de la tabla, cabe señalar en primer lugar que el ajuste de la función distancia es bueno.

Tabla 3: Estimación función distancia

MODELO IDF - Argentina. Var. Dependiente: ln _x 3					
Variable	Coef.	z	Variable	Coef.	z
lny1	-0.49597	-4.77 *	lnx1_y2	0.23904	1.3
lny2	-0.38792	-3.58 *	lnx1_y3	-0.14271	-2.8 *
lny3	0.15389	2.14 *	z2	0.00011	0.06
lnysq1	0.22399	1	z3	-0.50876	-1.89 *
lnysq2	-0.07050	-0.42	t	0.02699	4.43 *
lnysq3	0.07924	0.89	tsq	-0.00904	-4 *
lny1y2	-0.21246	-1.36	tlny1	0.04819	2.58 *
lny1y3	-0.09922	-1.74 **	tlny2	-0.01528	-0.76 *
lny2y3	-0.10135	-1.14	tlny3	0.02223	4.34 *
lnx_1	0.35945	6.93 *	tlnx_1	0.00140	0.15
lnxsq_1	0.39910	4.45 *	_cons	1.13725	7.86 *
lnx1_y1	-0.30238	-1.94 *			
Log - L	141.41		gamma	0.994	456.94

* Significatividad al 5% ** al 10%

De este modo, y tal como se observa de la estimación anterior, el signo de la elasticidad de los productos es el adecuado excepto en un caso (variable y_3), así como también el signo de la elasticidad del insumo x_1 , que son las líneas. En cuanto a la significatividad de los coeficientes, los productos considerados resultan ser significativos, así como también el insumo líneas. Sin embargo, los términos cuadrados y los de interacción entre los productos no son significativos en ningún caso. En referencia a las variables ambientales, densidad no es significativa (z_2), mientras que estructura sí lo es. El término que refleja la tendencia y su cuadrado son significativos, mientras que los términos de interacción son significativos solo en dos casos.

Como conclusión de los datos anteriores, es posible afirmar que a priori tal especificación resultaría razonable y, por ende, el ajuste bueno. Sin embargo, se probarán variantes a dicha especificación con el objeto de analizar la robustez de los resultados.

II.3. Las medidas de eficiencia: Funciones Distancia y DEA

La siguiente tabla resume las estadísticas básicas de los tres modelos utilizados. Adicionalmente se incluyen los resultados para el caso del modelo DEA no orientado.

Tabla 4: Medidas de Eficiencia –función de Distancia y DEA.

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
IDF	137	0.667	0.244	0.165	0.971
DEA VRS	137	0.850	0.192	0.361	1.000
DEA CRS	137	0.826	0.196	0.337	1.000

Lo primero que puede observarse de la tabla anterior es que la eficiencia media en la función de distancia es más baja que en el caso de los modelos DEA. Las medias de estos dos modelos son casi idénticas; así como también son muy similares los valores mínimos.

Un aspecto que merece la pena señalar es que por los motivos comentados en el apartado teórico, las funciones distancias tienden a mostrar resultados más parecidos y comparables con las alternativas del modelo DEA respecto a las funciones de producción, donde en general se observa en los trabajos empíricos realizados que las diferencias en las medidas de eficiencia obtenidas a partir de funciones de producción versus DEA no son despreciables.

Adicionalmente resulta interesante analizar las diferencias en los rankings de empresas obtenidos a partir de los diferentes modelos, con el objetivo de determinar si cada uno de ellos tiende a identificar a las mismas empresas como relativamente más eficientes. Este punto será considerado en el apartado siguiente cuando se analicen las condiciones de consistencia.

II.3.1 Variantes a los modelos

Se realizaron algunas variantes en los modelos originales, con el objetivo de contrastar la robustez de los resultados. Básicamente se estimaron los modelos sin incluir la variable ventas. A partir del análisis de los resultados de la función distancia se observa que la elasticidad de los productos (y_2 , clientes, y_3 , área) en este caso conservan el signo, es decir, y_2 tiene signo negativo, mientras que y_3 positivo, aunque el valor de los coeficientes difiere y, en este caso, la variable y_3 deja de ser significativa.

En cuanto a las variables ambientales, z_2 pasa a ser significativa, siendo que no lo era en la estimación anterior, pero la variable ambiental z_3 (área) deja de ser significativa.

En la estimación que incluye las ventas, la variable estructura ($z3$) aparecía como significativa y ello podría estar explicado porque ambas variables incorporan la noción de ingresos de las empresas. En cambio, al eliminar ventas como productos, estructura deja de ser significativa y densidad sí.

Continuando con las variables ambientales, cabe destacar que en ambas estimaciones, el coeficiente de $z2$ es positivo, aunque sustancialmente inferior, lo cual se explica justamente por la inclusión de más o menos variables en cada caso. Lo mismo ocurre con $z3$. A partir de esto, se procedió a eliminarla de la estimación.

A continuación se muestran los resultados para el este último modelo con la función distancia.

Tabla 5: MODELO IDF - Argentina. Var. Dependiente: $\ln x3$ Sin ventas

Variable	Coef.	z
$\ln y2$	-0.816	-12.95 *
$\ln y3$	0.087	0.83
$\ln ysq2$	-0.442	-4.65 *
$\ln ysq3$	0.028	0.21
$\ln y2y3$	-0.065	-0.85
$\ln x_1$	0.416	6.77 *
$\ln xsq_1$	0.526	6.01 *
$\ln x1_y2$	-0.127	-2.07 *
$\ln x1_y3$	-0.152	-2.66 *
$z2$	0.003	2.04 *
T	0.017	2.56 *
Tsq	-0.007	-2.61 *
$t\ln y2$	0.038	5.62 *
$t\ln y3$	0.023	4 *
$t\ln x_1$	-0.017	-2.03 *
$_cons$	0.992	11.39 *

* Significatividad al 5% ** al 10%

Comparando estas dos últimas variantes, puede argumentarse que el ajuste del modelo en este segundo caso resulta ser mejor: el valor de los coeficientes no difiere sustancialmente, los signos se mantienen. De hecho, la eliminación de la variable ambiental $z3$ no implicó una alteración en el valor y significatividad del coeficiente de $z2$ (son prácticamente iguales: 0.0027 en el caso anterior, no mostrado, versus 0.003). Ahora todas las variables son significativas, con excepción de $y3$, área. Esto ya ocurría cuando se eliminaron ventas.

Asimismo, si sumamos el valor de los coeficientes de los productos en el modelo que incluye ventas, versus este último (sin ventas ni $z2$) tales valores son muy similares. Por lo tanto, dadas las particularidades de esta variante, se reestimó la misma especificación para los modelos DEA, tanto para el caso de rendimientos constantes a escala como variables.

Tabla 6: Medidas de eficiencia y rankings para los modelos DEA

	CRS		VRS		VRS sin ventas ni estr.	
	Eficiencia	Ranking	Eficiencia	Ranking	Eficiencia	Ranking
1	0.47	24	0.48	24	0.42	24
2	1.00	5	1.00	8	0.98	8
3	0.97	10	1.00	1	1.00	1
4	0.55	23	0.57	23	0.53	23

	CRS		VRS		VRS sin ventas ni estr.	
	Eficiencia	Ranking	Eficiencia	Ranking	Eficiencia	Ranking
5	1.00	1	1.00	1	1.00	1
6	0.77	17	0.81	17	0.79	16
7	0.94	12	0.97	12	0.91	11
8	0.98	7	0.99	10	0.67	19
9	0.62	21	0.66	21	0.56	22
10	0.97	9	0.97	13	0.96	10
11	0.99	6	0.99	9	0.99	6
12	1.00	1	1.00	1	1.00	1
13	0.65	19	0.66	20	0.57	20
14	1.00	1	1.00	1	1.00	5
15	0.82	16	0.88	16	0.80	15
16	0.89	14	1.00	1	0.84	13
17	1.00	1	1.00	1	1.00	1
18	0.88	15	0.89	15	0.87	12
19	0.69	18	0.72	18	0.70	17
20	0.64	20	0.70	19	0.69	18
21	0.34	25	0.36	25	0.36	25
22	0.98	8	0.99	11	0.98	9
23	0.92	13	0.96	14	0.81	14
24	0.95	11	1.00	1	0.99	7
25	0.61	22	0.64	22	0.56	21
Prom.	0.83		0.85		0.80	

En referencia a las medidas de eficiencia promedio, se observa que la medida de eficiencia para esta última variante es en promedio de 0.80, la cual no difiere sustancialmente del modelo original.

Tabla 8: Correlaciones entre las distintas especificaciones DEA

Correlación CRS - VRS	0.99
Correlación CRS - VRS sin ventas ni % res	0.99
Correlación VRS - VRS sin ventas ni % res	0.93

Adicionalmente, se buscó determinar si las distintas variantes tienden a identificar a las mismas mejores y peores empresas. Para ello, se consideraron los dos modelos de VRS, dado que la comparación entre los modelos DEA con distintos rendimientos y a su vez, con las funciones distancia se realizará en el apartado que corresponde a las condiciones de consistencia. Aunque los resultados son dispares, parecen mostrar que las mejores y peores prácticas tienden a ser identificadas razonablemente bien por cualquiera de las variantes.

Por tanto, dadas las particularidades que presenta cada caso, que las medidas de eficiencia en promedio no son muy distintas, que en general el signo de los coeficientes no se ve alterado, que los modelos tienden a identificar en general a las mismas empresas como mejores y peores, se optó por mantener el modelo inicial, ya que en este caso se conservan los tres productos, siendo que todos ellos resultan ser significativos.

II.4. Análisis de la relevancia de la propiedad sobre la eficiencia.

Durante la década de los 90, nuestro país estuvo sometido a un extendido proceso de privatizaciones en el sector de los servicios públicos y, en particular, en el sector eléctrico.

Uno de los objetivos buscados en este proceso era justamente incrementar la eficiencia en la provisión de estos servicios, a partir de la transferencia de las hasta ese entonces empresas públicas a manos privadas, junto con la adopción de mecanismos regulatorios caracterizados por ser más pro incentivos. En este contexto, aparece como potencialmente interesante analizar si tales cambios en la estructura de propiedad han tenido o no impacto en el nivel de eficiencia en la operación de las empresas, en este caso, del sector eléctrico. En otras palabras, se busca testear si la eficiencia relativa de las empresas de operación privada es mayor que las empresas públicas.

Cabe señalar que el presente ejercicio se realizará utilizando el enfoque DEA VRS orientado a los insumos.

En primer lugar, se presentan las medidas de eficiencia promedio para cada tipo de propiedad.

Tabla 7: Eficiencia público vs. privado

	Empresas públicas	Empresas privadas
DEA-CRS	0.710	0.861
DEA-VRS	0.735	0.894

Tal como se observa de la tabla anterior, la eficiencia de las empresas, en promedio es mayor para el caso de las empresas privadas que las públicas.

Recurrimos al test no paramétrico de Mann-Whitney para chequear si, una vez eliminadas las ineficiencias de la gestión de las empresas, subsisten diferencias en la eficiencia media de ambos grupos que puedan atribuirse a características inherentes a ellos – en este caso, la propiedad. Éste no es el caso, ya que no pudimos rechazar la hipótesis nula de que las empresas públicas y privadas tienen la misma distribución de medidas de eficiencia.

II.5. Condiciones de consistencia

Existen una gran cantidad de métodos para estimar las medidas de eficiencia individuales de las firmas, lo cual dificulta su aplicación empírica por parte de los reguladores. El problema es aún más grave si los distintos enfoques revelan resultados inconsistentes entre sí. A partir de lo anterior surge la necesidad de determinar si los distintos enfoques tienden a dar respuestas similares al mismo problema.

Ante la necesidad de determinar la utilidad empírica de los diversos estudios de eficiencia, Rossi y Ruzzier (2000), proponen un conjunto de condiciones de consistencia basadas en Bauer et.al (1999), que las medidas de eficiencia derivadas de los diferentes enfoques deben cumplir para ser útiles a las autoridades regulatorias.

Básicamente estas condiciones establecen que las estimaciones deben ser consistentes en sus niveles de eficiencia, rankings e identificación de las mejores y peores empresas, deben ser consistentes a través del tiempo y con las condiciones en las que se desenvuelve la industria, y consistentes con otras medidas de performance utilizadas por los reguladores.

Específicamente, las condiciones de consistencia a analizar en el presente trabajo son:

- i. Las medidas de eficiencia generadas por los diferentes enfoques deben tener medias y desvíos estándar similares;
- ii. Los diferentes enfoques deben ranquear a las empresas en un orden similar;

- iii. Los diferentes enfoques deben identificar, en general, a las mismas empresas como las “mejores” o “peores”;
- iv. Las medidas de eficiencia deben ser razonablemente consistentes con otras medidas de desempeño.
- v. Las medidas de eficiencia individuales deben ser relativamente estables a través del tiempo, esto es, no deben variar significativamente de un año al otro;
- vi. Las distintas medidas deben ser razonablemente consistentes con los resultados que se esperan de acuerdo a las condiciones en la que se desenvuelve la industria. En el caso particular de las empresas reguladas, por ejemplo, se espera que las empresas reguladas con un mecanismo de precios máximos sean más eficientes que aquellas reguladas con un mecanismo de tasa de ganancia. (Esta condición no será analizada en el presente trabajo)

En líneas generales, las tres primeras medidas muestran el grado en el cual los diferentes enfoques son mutuamente consistentes, mientras que las restantes condiciones muestran el grado en el cual las medidas de eficiencia generadas por los distintos enfoques son consistentes con la realidad. Esto es, las últimas tres condiciones serían un “criterio externo” para evaluar a los distintos enfoques.

En el Anexo 1 se presentan resultados de estudios anteriores referidos a las condiciones de consistencia. Cabe aclarar que dicha enumeración no es para nada exhaustiva, sino que tiene únicamente fines ejemplificativos y de referencia.

A continuación se analizarán cada una de las condiciones previamente mencionadas, prestando especial atención a las tres primeras.

La primera condición se refiere a la consistencia en las medias y devíos de las medidas de eficiencia obtenidas a partir de los distintos enfoques. Si la misma no se cumple, ello estaría indicando que las medidas son en cierta forma subjetivas y por lo tanto poco confiables. A los efectos de verificar o no su cumplimiento, a continuación se presenta la Tabla N° 10 donde aparecen las estadísticas descriptivas de las medidas de eficiencia generadas por los dos modelos de DEA (rendimientos constantes –DEA-CRS- y rendimientos variables –DEA-VRS) y el modelo de función de distancia.

Tabla 8: Estadísticas Básicas

	DEA-CRS	DEA-VRS	IDF
Promedio	0.826	0.849	0.667
Mediana	0.925	0.971	0.654
Desvío	0.196	0.192	0.244
Máximo	1	1	0.97
Mínimo	0.337	0.361	0.16
Muestra	25	25	25

Tal como puede observarse de la tabla anterior, la media y la mediana tienden a ser distintas entre los distintos modelos, aunque son sustancialmente más parecidas cuando se analizan los dos modelos no paramétricos. En ellos, los valores mínimos también resultan ser más similares, sobre todo si se los compara con el que surge de la función distancia. En este último caso, vale destacar lo reducido del valor mínimo. Asimismo, y como ocurre en general cuando se utiliza el enfoque econométrico, ninguna de las empresas de la muestra ha sido considerada en este enfoque como 100% eficiente. La razón que explica ello es que en este

caso se supone una forma funcional a la frontera y se estima la distancia de las empresas de la muestra a dicha frontera, pudiendo no hallarse ninguna empresa sobre la misma. Por su parte, en el caso de DEA, la definición de la frontera misma depende de los datos con que se cuentan, dado que la misma se construye a partir de envolver a las observaciones disponibles. En este sentido, el DEA resulta ser más sensible al problema de los outliers. Por otro lado, el enfoque econométrico presenta como desventaja que requiere hacer supuestos sobre la forma funcional de la frontera.

Adicionalmente, se realizaron diversos tests estadísticos ⁴ para contrastar la hipótesis nula de que los tres modelos generan la misma distribución de medidas de eficiencia: dos tests no paramétricos, el sign-test y el Wilcoxon test, y un test paramétrico, el t-test. En el primero de los casos, la hipótesis nula es que la media de los dos conjuntos de observaciones son iguales. Bajo la hipótesis nula, el estadístico tiene distribución binomial. En el segundo caso, la hipótesis nula es que las distribuciones que generan ambos conjuntos de observaciones son las mismas. Finalmente se realizaron tests t paramétricos, donde bajo la hipótesis nula las medias de las medidas de eficiencia de los distintos modelos tomadas de a pares eran iguales. En todos los casos rechazamos la hipótesis con un nivel de significatividad del 1%, excepto en un caso. Cabe destacar que para el caso particular del test paramétrico, el mismo supone bajo la hipótesis nula que la distribución de las medidas de eficiencia es normal, con lo cual en algún sentido ello limita su validez en este tipo de estudios.

Por tanto, a partir de los elementos anteriores, esta condición de consistencia no se cumple. Estos resultados no son específicos a este estudio, sino que por el contrario son bastante comunes en la literatura aplicada, lo que podría explicar por qué los reguladores tienden a no trasladar las medidas de eficiencia uno a uno a factores X o reducciones de costos esperadas.

Si los niveles de eficiencia no son consistentes entre los diferentes modelos, aún es posible que los mismos generen ordenamientos similares de las empresas de acuerdo a sus medidas de eficiencia.

La tabla 11 muestra las correlaciones de ranking de Spearman entre pares de modelos. Además, las correlaciones son particularmente altas entre los modelos no paramétricos. Este resultado también es común en la literatura aplicada, donde la consistencia intra-metodología suele ser mayor que la inter-metodología. Sin embargo, cabe destacar que en relación a lo que ocurre en general cuando se consideran las funciones de producción en el enfoque paramétrico versus los modelos DEA, en este caso, la correlación entre los modelos no paramétricos y la función distancia resulta ser relativamente elevada, en particular, si se considera el caso de los rendimientos constantes a escala.

En líneas generales, la evidencia no es concluyente sobre el cumplimiento de esta condición de consistencia cuando se consideran los modelos DEA en general y las funciones de producción como referentes del enfoque paramétrico, aunque los resultados apuntan a una cierta robustez en las conclusiones. ⁵ Sin embargo, en este caso en particular se podría afirmar que en términos generales la comparación entre las medidas de eficiencia obtenidas a partir de los dos modelos DEA y las funciones distancia se comportan razonablemente bien, lo cual estaría dando cuenta de las similitudes desde una perspectiva teórica que existen entre estos enfoques (Recordar lo planteado en el apartado II.1.3. donde se destacaba que las mismas compartían igual noción de distancia-eficiencia, etc.) y por tanto, nuevamente nos remite a la

⁴ En todos los casos, las comparaciones son de a pares de modelos.

⁵ Como reflejo de esta situación, se pueden consultar las referencias presentadas en el Anexo 1 o bien los documentos de trabajo del CEER.

mayor razonabilidad (ahora tanto desde una perspectiva teórica como empírica) en comparar ambos enfoques.

Por otro lado, y tal como se dijo, la correlación entre el modelo no paramétricos CRS y la función distancia es relativamente elevada. Ello se explica por los supuestos implícitos de tales rendimientos: las medidas de eficiencia en este caso tienden a ser más bajas que en el caso de los rendimientos variables a escala, lo cual genera que la correlación entre esta y las funciones distancia sea sustancialmente mayor.

Tabla 9: Coeficientes de Correlación de Spearman

	DEA-CRS	DEA-VRS	IDF
DEA-CRS	1.00	0.903	0.513
DEA-VRS		1.00	0.364
IDF			1.00

Aún si se considera que los resultados anteriores sobre las primeras dos condiciones de consistencia no son satisfactorios, todavía queda la posibilidad de discriminar el factor X entre grupos de empresas, siempre que se cumpla la condición de consistencia que alude a la identificación de las mismas empresas como las mejores y las peores de la muestra. El triángulo superior de la matriz presentada en la tabla 12 muestra, para cada par de modelos la fracción de empresas (%) que ambos clasifican simultáneamente en el cuartil superior, mientras que el triángulo inferior presenta lo mismo para el caso del cuartil inferior.

Tabla 10: Consistencia en la Identificación de las Mejores y Peores Prácticas

	DEA-CRS	DEA-VRS	IDF
DEA-CRS		50.0	66.6
DEA-VRS	100		33.3
IDF	42.9	42.9	

Aunque los resultados son dispares, parecen mostrar que las mejores y peores prácticas tienden a ser identificadas razonablemente bien por cualquiera de los métodos, en particular, se destaca la coincidencia en la identificación de las peores prácticas entre los dos enfoques no paramétricos y en menor medida las referidas a las mejores prácticas. Asimismo, y tal como ocurría cuando se analizaba la condición 2, el enfoque DEA-CRS y el de la función distancia tienden nuevamente a identificar razonablemente bien a las mismas empresas.

A continuación, se analizarán las condiciones de consistencia externa de los resultados. En particular, se analizará el cumplimiento o no de la condición v). Para ello, verificamos la estabilidad de año a año de las medidas de eficiencia obtenidas mediante DEA.

A tales efectos, se calculó las correlaciones entre las medidas para cada par de años; es decir que, para el modelo de DEA VRS, computamos la correlación entre las medidas de eficiencia en el año i , $i = 1996, \dots, 2000$, y las medidas en el año j , $j = 1997, \dots, 2001$ (con $j > i$ en ambos casos para evitar la redundancia). La tabla siguiente presenta las correlaciones promedio.

Tabla 11: Condición de consistencia (v)

Año	Nro observ	Coefficientes
2001/00	23	0.99
2000/99	21	0.99
1999/98	20	0.96
1998/97	14	0.98
1997/96	10	0.99

Queda de manifiesto a partir de lo anterior que las correlaciones son altas y estadísticamente significativas en todos los casos, sugiriendo que las medidas de eficiencia son estables en el tiempo, y apoyando el supuesto de eficiencia constante implícito en las estimaciones paramétricas.

III. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se ha realizado una estimación de las medidas de eficiencia para un conjunto de 25 empresas que se dedican a la distribución de energía eléctrica, utilizando el enfoque no paramétrico de DEA, y las funciones de distancia.

A partir de la construcción de sendas fronteras y del análisis de los resultados de las estimaciones, surgen los siguientes elementos a destacar: en primer lugar, la media de las medidas de eficiencia de la función distancia son menores que en el caso de los modelos DEA. Por su parte, las medias de los dos modelos DEA son casi idénticas; así como también son muy similares los valores mínimos.

Sin embargo, las funciones distancias tienden a mostrar resultados más parecidos y comparables con las alternativas del modelo DEA que las funciones de producción. En los trabajos empíricos (Pardina y Rossi 1999; Pardina, Rossi y Ruzzier, 1999) se observa que las diferencias entre las medidas de eficiencia obtenidas a partir de funciones de producción y DEA no son despreciables.

Por su parte, a partir del análisis de las condiciones de consistencia surge que la primera condición referida a si las medidas de eficiencia generadas por los diferentes enfoques tienen medias y desvíos estándar similares no se cumple. La consistencia intra-metodología es en general mayor que la Inter-metodología en lo referido al ranking de los distintos enfoques. La correlación entre el modelo DEA y la función distancia es relativamente elevada.

En cuanto a la tercer condición, esto es, si los enfoques tienden a identificar, en general, a las mismas empresas como las “mejores” o “peores”; los resultados parecen indicar que las mejores y peores prácticas tienden a ser identificadas razonablemente bien por cualquiera de los métodos.

Finalmente, en referencia a las condiciones de consistencia externa, cabe señalar que las correlaciones entre cada par de años son altas y estadísticamente significativas en todos los casos, lo que sugiere que las medidas de eficiencia son estables en el tiempo. Por tanto, apoyan el supuesto de eficiencia constante implícito en las estimaciones paramétricas.

Por tanto, en principio y a partir de los datos anteriores, el desempeño de las funciones distancia y los modelos DEA resulta ser razonablemente satisfactorio, en particular, si estos son comparados con las funciones de producción. Sin embargo, frente a un objetivo más amplio que incluya no solo estimar la eficiencia técnica sino también la asignativa o total vuelve a surgir como necesaria la estimación de la función de costos, más allá de las

dificultades empíricas ya comentadas. De hecho, este aspecto resulta una extensión natural al presente trabajo.

Finalmente, a partir del presente trabajo se pone de manifiesto la necesidad de que exista un mecanismo coordinado de recolección y selección de datos, que unifique y homogenice las fuentes de información disponibles de modo tal que mejore la calidad de la información. Asimismo, permitiría bajar los costos de recolectar la información en forma individual y poder utilizar descentralizadamente esa información para mejorar la posición del regulador de cada jurisdicción en las revisiones tarifarias.

IV. REFERENCIAS

- Ali, A.I. y L.M. Seiford (1993), "The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis", en Fried, H.O, C.A.K. Lovell y S.S. Schmidt, eds. (1993), *The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York.
- Bauer, P., Berger, A., Ferrier, G. y Humphrey, D. (1998), "Consistency Conditions for Regulatory Analysis of Financial Institutions: A Comparison of Frontier Efficiency Methods". *Journal of Economics and Business* 50: 85-114.
- Baldwin, Robert y Martín Cave (1999) *Understanding regulation. Theory, Strategy and Practice*, Oxford University Press, New York
- Bondorevsky, D., Petrecolla, D., Romero, C. y Ruzzier C. (2001), "Competencia por Comparación en el Sector de Distribución Eléctrica: El Papel de Defensa de la Competencia". Trabajo presentado en la XXXVI Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política, Noviembre, Buenos Aires.
- Burns, P. y Weyman-Jones, T. (1996), "Cost Functions and Cost Efficiency in Electricity Distribution: A Stochastic Frontier Approach". *Bulletin of Economic Research* 48(1).
- Charnes, A., W.W. Cooper, A.Golany V. Seiford L y Stutz J.(1985) "Foundations o Data Envelopment Analysis for Pareto Koopmans Efficient Empirical Production Functioon" *Journal of Econometrics*.30: 91-107.
- Charnes, A., W.W. Cooper, A.Y. Lewin y L.M. Seiford, eds. (1994), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Charnes, A., W.W. Cooper, A. Rhodes E. (1978), "Measuring the Efficiency of decision making units" *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- Coelli, T. y Perelman, S. (1999), "A Comparison of Parametric and Non-parametric Distance Functions: With Application to European Railways". *European Journal of Operations Research* 117: 326-339.
- Coelli, T. y Perelman, S. (2000), "Technical Efficiency of European Railways: A Distance Function Approach". *Applied Economics* 32: 1967-1976.
- Coelli, T., Prasada Rao, D. y Battese, G. (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity nalysis*. Kluwer Academic Publishers.
- Färe, R., S. Grosskopf y C.A.K. Lovell (1994), *Production Frontiers*, Cambridge University Press, Gran Bretaña.
- Fried, H., Lovell C. Schmidt, S.(1993) *The Measurement of productive efficiency : techniques and applications*. Oxford University Press. New York
- Fried, H., Schmidt, S. y Yaisawarng, S. (1995), "Incorporating the Operating Environment into a Measure of Technical Efficiency". Mimeo, Union College, Schenectady.

- Hjalmarsson, L. y Veiderpass, A. (1992), "Efficiency and Ownership in Swedish Electricity Retail Distribution". *Journal of Productivity Analysis* 3: 7-23.
- Kumbhakar, S. y Hjalmarsson, L. (1998), "Relative Performance of Public and Private Ownership Under Yardstick Competition: Electricity Retail Distribution". *European Economic Review* 42: 97-122.
- Kumbhakar, S y Lovell K. (2000) *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press.
- Lovell, C.A.K. (1993), "Production Frontiers and Productive Efficiency", en Fried, H.O, C.A.K. Lovell y S.S. Schmidt, eds. (1993), *The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York.
- Pollitt, M. (1995), *Ownership and Performance in Electric Utilities. The International Evidence on Privatization and Efficiency*. Oxford University Press.
- Rodríguez Pardina, M. y Rossi, M. (1999), "Technical Change and Catching-up: The Electricity Distribution Sector in South America". Presentación en el XXI Encontro Brasileiro de Econometria, Brasil, Diciembre.
- Rodríguez Pardina, M. y Rossi, M. Ruzzier C. (1999), Fronteras de eficiencia en el sector de distribución de energía eléctrica : la experiencia sudamericana. Diciembre. STD 15 CEER
- Rossi, M. y Ruzzier, C. (2000), "On the Regulatory Application of Efficiency Measures". *Utilities Policy* 9: 81-92, Junio.
- Seiford, L. y Thrall, R. (1990), "Recent Developments in DEA: The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis". *Journal of Econometrics* 46.
- Shleifer, A. 1985. "A Theory of Yardstick Competition." *Rand Journal of Economics* 16(3): 319-327.
- Thompson, H. (1997), "Cost Efficiency in Power Procurement and Delivery Service in the Electric Utility Industry". *Land Economics* 73 (3): 287-296.
- Weyman-Jones, T. (1991), "Productive Efficiency in a Regulated Industry. The Area Electricity Boards of England and Wales". *Energy Economics*, Abril, 116-122.
- Weyman-Jones, T. (1992), "Problems of Yardstick Regulation in Electricity Distribution". En Bishop, Kay and Mayer. *The Regulatory Challenge*. Oxford University Press.

V. ANEXOS

A1. Resultados de la estimación DEA

Modelo :

RVS

DMU	TITA	Valores de lambda						
J1	0.604	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J53	lan.J59	lan.J119	
J2	0.709	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J79	lan.J110	
J3	0.37	lan.J7	lan.J22	lan.J46	lan.J79	lan.J109	lan.J110	lan.J111
J4	0.361	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59		
J5	0.374	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J110		
J6	1	lan.J6						
J7	1	lan.J7						
J8	0.991	lan.J7	lan.J38	lan.J41	lan.J52	lan.J59	lan.J69	
J9	1	lan.J9						
J10	1	lan.J10						
J11	1	lan.J11						
J12	1	lan.J12						
J13	1	lan.J13						
J14	0.557	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59		
J15	0.569	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59	lan.J69	
J16	0.556	lan.J7	lan.J52	lan.J60	lan.J69	lan.J77		
J17	0.543	lan.J7	lan.J41	lan.J52	lan.J59	lan.J69	lan.J77	
J18	0.535	lan.J7	lan.J41	lan.J52	lan.J59	lan.J69	lan.J77	
J19	0.665	lan.J7	lan.J41	lan.J52	lan.J68	lan.J77		
J20	1	lan.J20						
J21	1	lan.J21						
J22	1	lan.J22						
J23	0.854	lan.J59	lan.J84	lan.J94	lan.J117			
J24	0.865	lan.J22	lan.J59	lan.J84	lan.J94			
J25	0.96	lan.J7	lan.J59	lan.J77	lan.J94	lan.J119		
J26	0.861	lan.J22	lan.J46	lan.J60	lan.J94			
J27	0.713	lan.J22	lan.J46	lan.J60	lan.J94			
J28	0.715	lan.J7	lan.J22	lan.J46	lan.J60	lan.J94		
J29	0.718	lan.J7	lan.J22	lan.J52	lan.J60	lan.J94		
J30	0.825	lan.J22	lan.J52	lan.J60	lan.J84	lan.J94		
J31	0.781	lan.J22	lan.J52	lan.J60	lan.J84	lan.J94		
J32	1	lan.J32						
J33	1	lan.J33						
J34	1	lan.J34						
J35	0.907	lan.J20	lan.J32	lan.J37	lan.J69	lan.J78		
J36	0.929	lan.J21	lan.J22	lan.J32	lan.J37	lan.J69		
J37	1	lan.J37						
J38	1	lan.J38						
J39	1	lan.J39						
J40	0.965	lan.J41	lan.J53	lan.J77	lan.J121			
J41	1	lan.J41						
J42	0.588	lan.J7	lan.J41	lan.J57	lan.J68	lan.J77		
J43	0.732	lan.J7	lan.J41	lan.J68	lan.J77			
J44	0.895	lan.J7	lan.J46	lan.J60	lan.J94			
J45	0.929	lan.J46	lan.J47	lan.J94	lan.J117			
J46	1	lan.J46						
J47	1	lan.J47						
J48	0.995	lan.J47	lan.J49	lan.J52				
J49	1	lan.J49						
J50	0.969	lan.J7	lan.J46	lan.J47	lan.J52	lan.J94		
J51	0.947	lan.J52	lan.J68	lan.J77	lan.J94			
J52	1	lan.J52						
J53	1	lan.J53						
J54	0.957	lan.J53	lan.J56	lan.J58	lan.J79	lan.J94		
J55	1	lan.J55						
J56	1	lan.J56						
J57	1	lan.J57						
J58	1	lan.J58						
J59	1	lan.J59						
J60	1	lan.J60						
J61	0.669	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59	lan.J69	lan.J84	
J62	0.658	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59	lan.J69	lan.J84	
J63	0.658	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59	lan.J69	lan.J84	
J64	0.66	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59	lan.J69	lan.J84	
J65	0.668	lan.J22	lan.J38	lan.J41	lan.J52	lan.J69	lan.J84	
J66	1	lan.J66						
J67	1	lan.J67						
J68	1	lan.J68						
J69	1	lan.J69						
J70	0.638	lan.J32	lan.J41	lan.J53	lan.J59	lan.J77	lan.J84	
J71	0.825	lan.J32	lan.J41	lan.J53	lan.J69	lan.J77	lan.J84	
J72	0.948	lan.J32	lan.J59	lan.J77	lan.J84	lan.J119		
J73	0.857	lan.J32	lan.J60	lan.J69	lan.J77	lan.J84	lan.J94	
J74	0.915	lan.J32	lan.J37	lan.J69	lan.J77	lan.J85	lan.J94	

Modelo : RCS

DMU	TITA	Valores de lambda					
J1	0.60	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J53	lan.J59	
J2	0.69	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J53	lan.J79	
J3	0.34	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J53	lan.J59	
J4	0.36	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J59		
J5	0.36	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J59		
J6	1.00	lan.J6					
J7	1.00	lan.J7					
J8	0.99	lan.J7	lan.J38	lan.J41	lan.J52	lan.J69	
J9	1.00	lan.J9					
J10	0.98	lan.J20	lan.J22	lan.J53	lan.J79		
J11	0.96	lan.J22	lan.J53	lan.J79	lan.J94		
J12	0.96	lan.J22	lan.J53	lan.J79	lan.J94		
J13	0.96	lan.J20	lan.J22	lan.J53	lan.J79		
J14	0.55	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59	
J15	0.55	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J69	
J16	0.53	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J69	
J17	0.52	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J69	
J18	0.52	lan.J7	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J69	
J19	0.66	lan.J9	lan.J41	lan.J52	lan.J68		
J20	1.00	lan.J20					
J21	1.00	lan.J21					
J22	1.00	lan.J22					
J23	0.79	lan.J7	lan.J22	lan.J46			
J24	0.81	lan.J7	lan.J22	lan.J46			
J25	0.79	lan.J7	lan.J22	lan.J52	lan.J94		
J26	0.85	lan.J22	lan.J46	lan.J94			
J27	0.71	lan.J22	lan.J46	lan.J94			
J28	0.71	lan.J7	lan.J22	lan.J46	lan.J94		
J29	0.71	lan.J7	lan.J22	lan.J46	lan.J94		
J30	0.80	lan.J7	lan.J22	lan.J52	lan.J94		
J31	0.75	lan.J22	lan.J52	lan.J69	lan.J94		
J32	1.00	lan.J32					
J33	0.90	lan.J32	lan.J37	lan.J69	lan.J85		
J34	0.92	lan.J32	lan.J37	lan.J69	lan.J94		
J35	0.91	lan.J20	lan.J32	lan.J37	lan.J78		
J36	0.93	lan.J21	lan.J32	lan.J37	lan.J69	lan.J85	
J37	1.00	lan.J37					
J38	1.00	lan.J38					
J39	1.00	lan.J39					
J40	0.94	lan.J41	lan.J53	lan.J68	lan.J69		
J41	1.00	lan.J41					
J42	0.55	lan.J9	lan.J41	lan.J52	lan.J68		
J43	0.70	lan.J7	lan.J9	lan.J41	lan.J52	lan.J68	
J44	0.89	lan.J22	lan.J46	lan.J94			
J45	0.93	lan.J46	lan.J47	lan.J53	lan.J94		
J46	1.00	lan.J46					
J47	1.00	lan.J47					
J48	0.99	lan.J7	lan.J47	lan.J49	lan.J52		
J49	1.00	lan.J49					
J50	0.97	lan.J7	lan.J47	lan.J52	lan.J94		
J51	0.95	lan.J52	lan.J69	lan.J94			
J52	1.00	lan.J52					
J53	1.00	lan.J53					
J54	0.95	lan.J53	lan.J56	lan.J58	lan.J66	lan.J79	
J55	1.00	lan.J55					
J56	1.00	lan.J56					
J57	1.00	lan.J57					
J58	1.00	lan.J58					
J59	1.00	lan.J59					
J60	1.00	lan.J60					
J61	0.64	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59	lan.J66	lan.J6
J62	0.64	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59	lan.J66	lan.J6
J63	0.64	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J59	lan.J66	lan.J6
J64	0.64	lan.J22	lan.J38	lan.J41	lan.J52	lan.J69	
J65	0.67	lan.J22	lan.J38	lan.J41	lan.J52	lan.J69	
J66	1.00	lan.J66					
J67	1.00	lan.J67					
J68	1.00	lan.J68					
J69	1.00	lan.J69					
J70	0.52	lan.J22	lan.J38	lan.J52	lan.J53	lan.J69	
J71	0.70	lan.J22	lan.J41	lan.J52	lan.J69		
J72	0.80	lan.J37	lan.J69	lan.J77	lan.J85	lan.J94	
J73	0.82	lan.J37	lan.J69	lan.J77	lan.J85	lan.J94	
J74	0.92	lan.J32	lan.J69	lan.J77	lan.J85	lan.J94	