

Una aplicación del análisis de frontera de producción estocástica: el caso de hospitales del subsistema de salud pública de Nicaragua

Ricardo José Canales Salinas  
Docente Depto. de Economía  
ricardocanales59@yahoo.es

Fecha recepción: octubre 6 del 2014

Fecha aceptación: noviembre 3 del 2014

Palabras claves: función de producción,  
frontera estocástica, SILAIS, Hospital,  
Eficiencia Técnica.

Keywords: production function, stochastic  
frontier, SILAIS, Hospital, Technical  
Efficiency

ISSN: 2308 – 782X



Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas  
<http://revistacienciaseconomicas.unan.edu.ni>  
[revistacienciaseconomicas@gmail.com](mailto:revistacienciaseconomicas@gmail.com)  
[revistarucfa@unan.edu.ni](mailto:revistarucfa@unan.edu.ni)

## Resumen

El presente ensayo tiene por finalidad analizar comparativamente la eficiencia técnica de la red de servicios de salud hospitalaria, según SILAIS, mediante la técnica de frontera estocástica. Esta técnica consiste en ajustar una función de producción mediante técnicas econométricas. Los resultados esperados es tener una medida de eficiencia por SILAIS de sus respectivas redes hospitalarias. Para la aplicación del modelo de frontera estocástica, se especifica una función de producción Cobb-Douglas a

la que se le añaden las perturbaciones de ruido (simétricas) y de eficiencia (seminormal) y mediante el programa Stata, se estiman los parámetros de interés y se calcula la eficiencia para cada red de servicio hospitalaria.

## Abstract

Hospital network service is calculated. This essay aims to comparatively analyze the technical efficiency of the network of hospital health, according SILAIS, using the technique of stochastic frontier. This technique consists of adjusting a production function using econometric techniques. The expected outcome is to have an efficiency measure for SILAIS of their respective hospital networks. For the application of stochastic frontier production function Cobb-Douglas to which is added noise disturbances (symmetric) and efficiency (half normal) and using the Stata program, the parameters of interest are estimated specified and efficiency for each.

## Introducción

Este estudio se fundamenta en un enfoque econométrico basado en modelos de frontera estocástica para datos de corte transversal. En este respecto, el trabajo sigue la propuesta de Aigner, Lovell y Smith (1977) y Meeusen y Van Den Broeck (1977) que propusieron la metodología de frontera estocástica para datos de corte transversal basado en una función de Cobb Douglas. Battese y Coelli (1995), adaptaron la metodología para datos de panel.

El término de eficiencia hace referencia que los tomadores de decisión tienen la capacidad de utilizar los recursos (input) de manera tal que maximicen la cantidad producida. Una buena medición de la eficiencia es a través de la comparación de cada observación con la mejor practica observada (la frontera).

El modelo tiene un componente inobservable  $u_i$  y debe ser inferida a partir del término compuesto. Para poder descomponer este término y establecer que parte corresponde a ruido y que parte corresponde a ineficiencia, es necesario establecer algunos supuestos sobre la distribución para ambas componentes. Para el componente error  $v_i$ , hay un consenso generalizado de que esta variable se asume independiente e idénticamente distribuida como una normal  $N(0, \sigma_v^2)$ . Son varias las distribuciones que han sido propuestas para el término de ineficiencia: Half-Normal (Aigner, Lovell y Schmidt, 1977), Normal Truncada (Stevenson, 1980), Gamma (Greene, 1990) y Exponencial (Meeusen y van den Broeck, 1977).

## Material y métodos

El presente estudio es de tipo descriptivo y transversal. El procedimiento que se realizara en este ensayo, es la estimación de la frontera de producción estocástica, para la red de servicios hospitalarios del subsistema de salud pública, de los 17 SILAIS que están distribuidos en todo el territorio nacional. Esta red de servicio hospitalario está constituido 31 hospitales, la expresión del modelo es el siguiente:

$$\ln y_i = \beta_0 + \sum_n \beta_n \ln X_{in} + \varepsilon_i$$

Donde  $\varepsilon_i = v_i + u_i$

Variable dependiente o producto  $y_i$ :

1. Numero de egresos hospitalarios

Variables insumos  $X_i$ :

1. Número de camas de hospital
2. Número de médicos en hospitales
3. Numero de enfermeras en hospitales
4. Numero de consultorios

Para el término error compuesto  $v_i$  corresponde a los shocks aleatorios, mientras que  $u_i$  corresponde al componente de ineficiencia técnica.

La especificación de la función de producción para la i-esima red hospitalaria según SILAIS se podría expresar como:

$$y_i = f(x_i; \beta) \exp(v_i - \mu_i)$$

Pero dado que el nivel de eficiencia de producción de la frontera estimada no incluye el término de ineficiencia  $u_i$ :

$$\hat{y}_i = f(x_i; \beta) \exp(v_i)$$

Por lo que la eficiencia técnica vendría dada por:

$$ET_i = \frac{y_i}{f(x_i; \beta) \exp(v_i)} = \exp(-\mu_i)$$

**El Sistema Local de Atención Integral en Salud (SILAIS)**, Conforme la Ley General de Salud, es la unidad administrativa operativa donde se concentran un conjunto de recursos, sectoriales e intersectoriales de salud, bajo una conducción única y responsable del desarrollo de la salud, en un área de territorio y población

determinada, según las prioridades y necesidades territoriales que se establezcan y que justifiquen este desarrollo institucional.

Fuente de información.

Los datos para el 2010 sobre el número de egresos hospitalarios según SILAIS, se obtendrán del Informe de Gestión en Salud 2011 del MINSA. Los datos sobre insumos, se obtendrán del Consolidado Nacional Producción de Servicios según unidades de salud del Subsistema Público-MINSA año 2010. El modelo de Frontera Estocástica se estimara mediante el programa econométrico STATA 11.1

### Resumen y Discusión

La siguiente tabla muestra los resultados de estimación del modelo de frontera estocástica. Los coeficientes estimados de las variables de insumo mostraron coeficientes significativos, con los signos esperados a excepción de las variables número de médicos y numero de consultorios. Igualmente los estimados de los parámetros del modelo de frontera estocástica tuvieron un ajuste relativamente bueno, a juzgar por los estimados de los coeficientes  $\sigma_u$  ( $\sigma_u$ ) y el  $\lambda$  ( $\lambda$ ). La prueba de razón de verosimilitud para el coeficiente  $\sigma_u$  ( $\sigma_u$ ) muestra que es significativamente diferente de cero, indicando que es factible utilizar la especificación del modelo de frontera estocástica.

Tabla No. 1: Modelo de frontera de producción estocástica

Stoc. frontier normal/half-normal model      Number of obs = 17  
 Wald chi2(4) = 8.30e+09  
 Log likelihood = 3.355516      Prob > chi2 = 0.0000

egresos	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
camas	.8988402	.0000184	4.9e+04	0.000	.898804	.8988763
medico	-.0325618	.0000178	-1827.74	0.000	-.0325967	-.0325269
enfermeras	.0208737	5.43e-06	3847.56	0.000	.0208631	.0208844
consultorios	-.1183949	5.97e-06	-2.0e+04	0.000	-.1184066	-.1183832
_cons	5.783051	.0000575	1.0e+05	0.000	5.782938	5.783163
/lnsig2v	-37.87035	830.4622	-0.05	0.964	-1665.546	1589.806
/lnsig2u	-1.846349	.3429972	-5.38	0.000	-2.518611	-1.174087
sigma_v	5.98e-09	2.48e-06			0	.
sigma_u	.3972559	.0681288			.283851	.5559685
sigma2	.1578122	.0541292			.0517211	.2639034
lambda	6.65e+07	.0681288			6.65e+07	6.65e+07

Likelihood-ratio test of sigma\_u=0:  $\chi^2(4) = 9.97$       Prob>=chi2 = 0.001

La estimación de las eficiencias técnicas de la red hospitalaria mostro los siguientes resultados, se presentan ordenadas relativamente de mayor a menor eficiencia, cuanto mayor es el puntaje, mayor es la eficiencia relativa:

Tabla No. 2 : Índice de Eficiencia de la Red Hospitalaria del Sector Publico

No.	SILAIS	Eficiencia Técnica	No.	SILAIS	Eficiencia Técnica
1	Chinandega	1.00	10	Carazo	0.78
2	Jinotega	1.00	11	Estelí	0.71
3	Granada	1.00	12	Rio San Juan	0.64
4	RAAN	1.00	13	Boaco	0.62
5	Chontales	0.99	14	Rivas	0.57
6	Nueva Segovia	0.99	15	RAAS	0.52
7	Matagalpa	0.97	16	León	0.47
8	Managua	0.88	17	Madriz	0.44
9	Masaya	0.79			

Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

Los resultados derivados del modelo de frontera de producción estocástica nos permiten concluir que 41% de la Red de Servicio de Salud hospitalaria del sector público operan con un nivel de eficiencia superior al 95%, y un 23% operan con un nivel de eficiencia inferior al 58%.

En particular se debe dar atención a la Red de servicio de Salud hospitalaria de los SILAIS de Madriz, León, RAAS y Rivas, ya que estas requieren mejorar su productividad.

El artículo está acompañado de un archivo de Excel, para que el lector pueda reproducir el modelo.

## Bibliografía

Aigner, Lovell & Schmidt (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, *J. of Econometrics* 6 (1) (1977), (July), 21–37.

G. E. Battese and T. J. Coelli (1995). A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Empirical Economics* (1995) 20:325-332.

Grenne, W. (1990): A gamma-distributed stochastic frontier model, *Journal of Econometrics*, Vol. 46.

Martin, Lopez (2007). La medida de la eficiencia en las organizaciones sanitarias. *Presupuesto y Gasto Publico* 49/2007:139-161. Instituto de Estudios Fiscales

Meeusen & Van Der Broeck, Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review* 18 (1977), 435–444.

Mutis, Hernando (2006). Una aplicación del análisis de frontera estocástica: el caso de hospitales de nivel II en Colombia. *Sociedad Colombia de Matemáticas. Lecturas Matemáticas. Volumen especial. Pag. 259-270.*

Puig-Junoy, Jaume (2000), Eficiencia de la Atención Primaria de Salud: una Revisión Crítica de las Medidas de Frontera, *Revista Española de Salud Publica* 74 (2000), 483–495.

Rossi, M. and Canay, I. (2000): Measuring Inefficiency in Public Utilities: Does The Distribution Matter? Working Paper N° 12, CEER.

Schmidt, P. and Sickles, R. (1984): Production Frontiers and Panel Data, *Journal of Business & Economic Statistics*, 2, October, 367-374.

Schmidt, P. (1986): Frontier Production Function, *Econometric Reviews* 4.

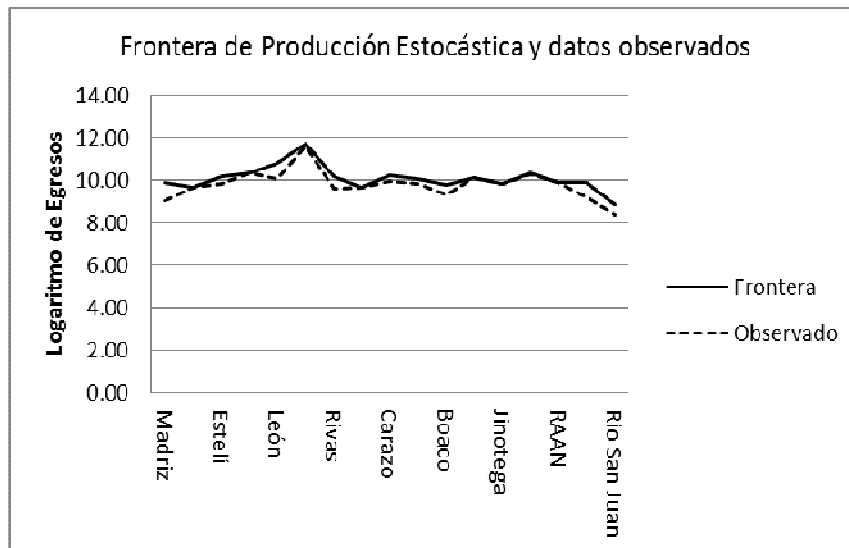
Shleifer, A. (1985): A Theory of Yardstick Competition, *Rand Journal of Economics*, Vol. 16, 3, Autumn, 319-327.

Stevenson, R. (1980): Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimations, *Journal of Econometrics*, Vol. 13.

### Anexo A

#### Gráfico de la Frontera de Producción Estocástica y los datos observados

La frontera de producción está por encima a la línea del número de egresos hospitalarios observados, eso se debe a que la frontera indica la producción o servicio máximo que se puede generar con los recursos disponibles por cada red de servicio hospitalarios de los SILAIS.



Anexo B

Estimación del coeficiente de eficiencia técnica de la red de servicios de salud hospitalaria del SILAIS de Madrid, mediante el modelo de frontera estocástica.

Modelo general:

$$\ln y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln Camas + \beta_2 \ln Medicos + \beta_3 \ln Enfermeras + \beta_4 \ln Consultorios + \varepsilon_i$$

Donde  $y_i$  = Egresos hospitalarios

Modelo Específico:

$$\ln y_i = 5.78 + 0.898 \ln Camas - 0.032 \ln Medicos + 0.0208 \ln Enfermeras - 0.1183 \ln Consultorios$$

SILAIS Madrid		Datos observados	Logaritmo Datos observados
Insumos	Camas	120	4.79
	Médicos	33	3.50
	Enfermeras	118	4.77
	Consultorios	6	1.79
Producto	Egresos hospitales	8,397	9.04

$$\ln egresos = 5.783 + 0.8988(4.79) - 0.0325(3.50) + 0.0208(4.77) - 0.1183(1.79)$$

$$\ln egresos = 9.86$$

Eficiencia técnica es igual:

$$ET = e^{(9.04-9.86)} = 0.439$$

Otro procedimiento:

Egresos estimados es igual:

$$egresos = e^{(9.86)} = 19,145$$

$$ET = \frac{egresos\ observados}{egresos\ estimados} = \frac{8,397}{19,145} = 0.4386 \cong 0.44$$