

INDICE

ARTICULOS		
	CESAR SOTOMAYOR VALDIVIA. Un ensayo sobre la planificación social	9
	MARC NERLOVE y ANKE MEYER. Población y medio ambiente: una parábola sobre la leña y otras historias	31
	GLORIA CANALES. Balanza de pagos, deuda externa y crecimiento: el caso de la economía brasileña	77
	JUAN PIZARRO R. Contrastes de cointegración sobre la paridad del poder de compra: una aplicación a los datos de la economía peruana	131
	CESAR FERRARI. Rentabilidad sectoriales y política macroeconómica	167
	LUIZ CABEZAS y ANN VEIDERPASS. Eficiencia relativa y desarrollo de la productividad en la producción peruana de cemento (un enfoque no paramétrico)	195
	LUCIA ROMERO B. Política salarial y dinámica de las remuneraciones promedio: Lima Metropolitana 1980-1990	229
	MIGUEL JARAMILLO. Migraciones y formación de mercados laborales: la fuerza de trabajo indígena de Lima a comienzos del siglo XVII	265

EFICIENCIA RELATIVA Y DESARROLLO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA PRODUCCION PERUANA DE CEMENTO (Un enfoque no paramétrico)

Luis Cabezas y Ann Veiderpass*

RESUMEN

Este documento examina la eficiencia y el crecimiento de la productividad en la industria peruana de cemento en un esquema de varios insumos y un solo producto. Las medidas de eficiencia productiva son calculadas a través del uso del método no paramétrico del Análisis de Envolverte de Datos (AED). El enfoque del AED define una frontera no paramétrica de la mejor práctica que puede servir como un marco de referencia para medidas de eficiencia. El crecimiento de la productividad es medido por medio del índice de Malmquist. El índice de Malmquist es el ratio entre las medidas de

* Departamento de Economía, Universidad de Gothenburg (Suecia). Agradecemos a Lennart Hjalmarsson por sus constructivos comentarios. El apoyo financiero de las siguientes fuentes es gratamente reconocido : Fundación de Investigación Jan Wallander y Autoridad Sueca para el Desarrollo Internacional.

Farrell para una unidad productiva para la cual la eficiencia técnica en dos puntos del tiempo es medida en relación con dos diferentes fronteras. El cálculo del índice de Malmquist está basado en las medidas de eficiencia derivadas del modelo del AED.

Tanto las comparaciones de eficiencia como las de productividad son hechas entre diferentes plantas de cemento durante 17 años. En las comparaciones, se toma en cuenta la propiedad de la planta. El estudio indica que existen diferencias relativamente pequeñas entre las medidas de ahorro de insumos y de incrementos de producción, y que el ranking de las unidades individuales permanece casi constante durante los diferentes años. Cuando se compara el desarrollo durante el período 1970-1976 con aquél de 1980-1986, se encuentra que la mayoría de las unidades productivas experimentaron un cambio positivo en productividad.

1. INTRODUCCION

El reciente debate internacional sobre privatización ha estimulado el interés por los métodos de análisis de productividad y de eficiencia productiva. La teoría económica no establece una relación clara entre los diferentes tipos de propiedad y la eficiencia o productividad. A priori, es imposible sostener que un tipo específico de propiedad implique *per se* una alta o baja eficiencia o productividad. Consecuentemente, la relación debería ser vista en una perspectiva empírica, en la cual, se examinen las condiciones del sector industrial en cuestión y sobre el cual se hayan enfocado varios estudios empíricos.

Este estudio se concentra en el análisis de la eficiencia productiva y el cambio de la productividad en la industria peruana del cemento entre 1970 y 1986. La primera planta productiva fue fundada en 1916. Entre 1955 y 1967, la industria experimentó un rápido crecimiento, incrementando la capacidad de producción desde 466,400 hasta 1'600,600 toneladas por año. Ha existido un desarrollo técnico sustancial en el diseño de equipo de capital, implicando un uso más eficiente de los insumos energía y trabajo.

El objetivo de este estudio no es establecer alguna correlación estadística entre propiedad y eficiencia o productividad. Se presentan resultados sobre la eficiencia relativa y el cambio en la productividad para la industria peruana del cemento, especificando al mismo tiempo el tipo de propiedad.

Las medidas de eficiencia son calculadas a través del uso del método no paramétrico del Análisis de Envoltente de Datos. Este enfoque se inicia con Farrell (1957). Posteriormente fue desarrollado y reformulado, entre otros, por Deprins, Simar y Tulkens (1984) y por Färe, Grosskopf y Lovell (1978), pero se hizo más conocido a través de los trabajos de Charnes, Cooper y Rhodes (1978) y Rhodes (1978). Actualmente la literatura sobre el AED es extensa y una bibliografía (no totalmente exhaustiva) recopilada por Seiford (1989), comprende más de 300 estudios.

Se aplican las medidas tipo rayo de Farrell tal como fueron generalizadas como medidas de eficiencia ahorradora de insumos e incrementadora de producción por Forsund y Hjalmarsson (1974, 1979 y 1987). La productividad es medida por medio del índice de productividad de Malmquist y el cálculo del índice de Malmquist está basado en las medidas de eficiencia derivadas del modelo del AED.

Se emplea un modelo de varios insumos y un solo producto. El modelo incluye cuatro insumos. Los principales insumos son trabajo, capital y energía. El capital está representado por la capacidad productiva de las plantas, y los insumos de energía son gasolina y electricidad. El conjunto de datos se presenta en la sección 4.

La industria del cemento ha sido un candidato frecuente en los estudios teóricos de producción. Esta industria altamente intensiva en energía recibió una considerable atención en las investigaciones, especialmente después del período de rápido crecimiento de los precios de combustibles durante los setentas. La mayoría de estos estudios se concentraron en la elección tecnológica y en las proporciones de la escala de la industria del cemento; véase e.g. Forsund y Hjalmarsson (1983), Forsund, Hjalmarsson y Eitrheim (1985), Forsund, Hjalmarsson, Karko, Eitrheim y Summa (1985), Sterner (1985), y Forsund y Hjalmarsson (1987).

2. ANALISIS DE ENVOLVENTE DE DATOS Y MEDIDAS DE EFICIENCIA

Farrell (1957) proporcionó una metodología por la cual la eficiencia técnica podía ser medida contra una frontera de eficiencia, asumiendo retornos

a escala constantes. El conjunto de producción obtenido es representado por un conjunto convexo de planos, i.e. la frontera de producción obtenida es el límite de la envolvente convexa [convex hull] de libre disponibilidad del conjunto de datos. Las medidas de eficiencia de Farrell fueron generalizadas por Forsund y Hjalmarsson (1974, 1979 y 1987) para permitir el tratamiento de tecnologías con retornos variables a escala.

El método AED está estrechamente relacionado con el enfoque original de Farrell y debería ser considerado como una extensión del enfoque iniciado por Charnes et. al. (1978) y del trabajo vinculado de Färe et. al. (1985). En comparación con el enfoque de Farrell, este método ofrece una estructura más operacional para la estimación de la eficiencia; la eficiencia es calculada de manera separada y directa para cada unidad productiva, mientras que al mismo tiempo se determina la ubicación de las correspondientes facetas lineales. En comparación con una frontera paramétrica con análogas propiedades de escala, éste genera la frontera convexa de mejor práctica más pesimista. (El enfoque de Deprins et. al. (1984) que genera la envolvente no convexa de libre disponibilidad "stair-case" es una representación aún más pesimista de la tecnología de la mejor práctica).

Charnes et. al. (1978) reformularon el enfoque original de Farrell de calcular la frontera de eficiencia como una envolvente convexa en el espacio de coeficientes de insumos, convirtiéndolo en el cálculo individual de medidas de eficiencia ahorradora de insumos a través de la solución de un problema de programación lineal para cada unidad bajo el supuesto de retornos constantes a escala.

En este enfoque la eficiencia de una unidad microeconómica está medida en relación con la eficiencia de todas las otras unidades microeconómicas, bajo restricción de que todas las otras unidades microeconómicas están debajo de la frontera o en la misma frontera.

Con relación a las propiedades de escala de la frontera de la mejor práctica, se distinguen dos casos. Con referencia a la Figura 1, donde A, B, C y D son diferentes unidades microeconómicas, se identifican las siguientes envolventes convexas:

- * OBG con retornos a escala constantes (REC)
- * EABCF con retornos a escala variables (REV)

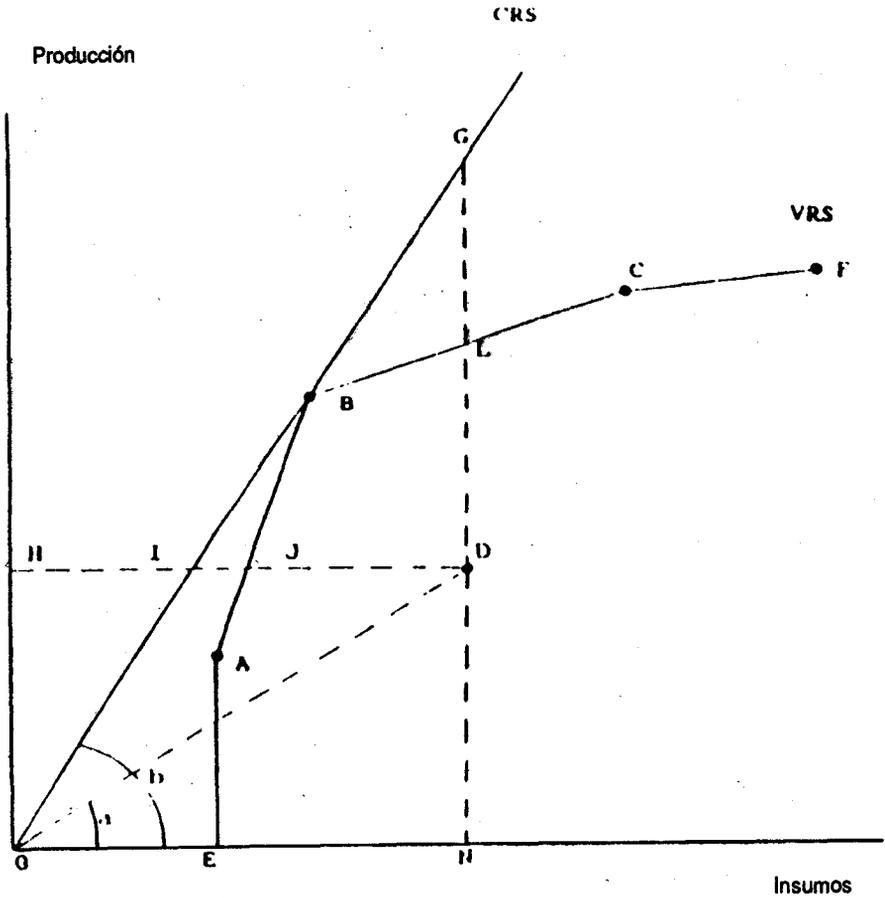


Figura 1. Ilustración de las Medidas de Eficiencia DEA

Basados en la Figura 1, es posible definir las medidas de eficiencia usadas en este estudio. En el caso de REV se define la eficiencia ahorradora de insumos como:

$$E_1 = HJ/HD$$

i.e. el ratio entre el uso potencial del insumo con la frontera tecnológica y el uso actual del insumo al mantener la producción constante.

La eficiencia incrementadora de producción se define como:

$$E_2 = ND/NL$$

i.e. la producción observada en relación con la producción potencial sobre la frontera tecnológica usando las cantidades de insumos observadas.

La eficiencia bruta de escala está definida como

$$E_3 = a/b = HI/HD$$

i.e. el ratio entre los coeficientes de insumos en la escala óptima y los coeficientes de insumos observados.

En el caso de REC, la eficiencia ahorradora de insumos es

$$E_1 = HI/HD$$

i.e. la eficiencia de escala en el caso de REV es igual a la eficiencia ahorradora de insumos en el caso de retornos constantes a escala. (Por definición, los retornos constantes a escala implican que la elasticidad de escala es igual a la unidad en cualquier lugar del espacio de insumos, i.e. todos los niveles de producción son técnicamente óptimos. Consecuentemente, $E_3 = 1$ para todas las unidades.)

La eficiencia pura de escala por ajuste de insumos, denotada por E_4 , es la distancia a la escala óptima después de mover una unidad hacia la frontera en dirección horizontal (ver Forsund y Hjalmarsson, 1979) es decir:

$$E_4 = E_3/E_1$$

mientras que la medida de eficiencia pura de escala por ajuste de la producción, E_5 , está definida como:

$$E_5 = E_3/E_2$$

i.e. la distancia a la escala óptima después de mover una unidad hacia la frontera, en dirección vertical.

La interpretación de las medidas de eficiencia pura de escala es análoga a aquella de la eficiencia de escala bruta, E_s .

Una forma de determinar si una unidad se encuentra en el rango de producción creciente o decreciente es comparar los valores de eficiencia técnica (ver Forsund y Hjalmarsson, 1979 y 1987):

$$E_1 > E_2 \Rightarrow \text{retornos a escala crecientes}$$

$$E_1 < E_2 \Rightarrow \text{retornos a escala decrecientes}$$

Para obtener la medida de eficiencia ahorradora de insumos bajo retornos a escala variables, se debe resolver el siguiente problema de programación lineal para las diferentes unidades micro, e.g. la unidad d en el punto D con producción y_d e insumos x_d , (donde λ_d es un vector que contiene los ponderadores no negativos, λ_{dj} , que determinan el punto de referencia)

$$\begin{aligned} \text{mín } E_{1d} \\ \lambda_d \end{aligned} \quad (1)$$

sujeto a las siguientes restricciones:

$$y_{rd} \leq \sum_j^N \lambda_{dj} y_{rj}, \quad r = 1, \dots, m \quad (1a)$$

$$E_{1d} x_{id} \geq \sum_j^N \lambda_{dj} x_{ij}, \quad i = 1, \dots, n \quad (1b)$$

$$\sum_j^N \lambda_{dj} = 1 \quad (1c)$$

$$\lambda_{dj} \geq 0, \quad j = 1, \dots, N \quad (1d)$$

donde m es el número de productos, n es el número de insumos y N es el número de unidades.

La restricción (1a) implica que la unidad de referencia debe producir al menos tanto como la unidad d , mientras que la restricción (1b) implica que la eficiencia por ajuste del volumen de insumos usados por la unidad d debe ser al menos igual que el volumen de insumos usados por la unidad de referencia.

La restricción (1c) es la condición de REV. Si se omite esta restricción, implicaría REC. Entonces E_1 y E_2 coinciden con E_3 en el caso de REV.

Correspondientemente, la medida de eficiencia incrementadora de producción se obtiene resolviendo el siguiente problema de programación lineal

$$\begin{aligned} \max \quad & 1/E_{2d} \\ \lambda_d \end{aligned} \quad (2)$$

sujeto a las siguientes restricciones:

$$(1/E_{2d}) y_{rd} \leq \sum_j^N \lambda_{dj} y_{rj}, \quad r = 1, \dots, m \quad (2a)$$

$$x_{id} \geq \sum_j^N \lambda_{dj} x_{ij}, \quad i = 1, \dots, n \quad (2b)$$

$$\sum_j^N \lambda_{dj} = 1 \quad (2c)$$

$$\lambda_{dj} \geq 0, \quad j = 1, \dots, N \quad (2d)$$

donde, como arriba, m es el número de productos, n es el número de insumos y N es el número de unidades.

La eficiencia por ajuste del volumen de producción generada por la unidad d debe ser menor o igual que el producto producido por la unidad de referencia (en la frontera), y el volumen de insumos usado por la unidad d debe ser mayor o igual que el volumen de insumos usados por la unidad de referencia.

3. MEDIDAS DE PRODUCTIVIDAD

En este estudio se analizan los cambios en la productividad sobre la base de cambios en una función de producción de frontera estimada por medio del AED. Como se describió en la Sección 2 previa, el AED es una técnica de programación lineal para la construcción de una envolvente convexa lineal con el conjunto de datos de producción e insumos observados; para una mayor discusión de la metodología véase e.g. Charnes y Cooper (1985). El enfoque del AED define una frontera no paramétrica que puede servir como un punto de referencia para medidas de eficiencia.

La medición de la productividad total de los factores (PTF) basada en el índice de Malmquist es un enfoque natural en el caso de funciones de producción de frontera, no paramétricas; el índice no requiere ni la maximización de beneficios ni la minimización de costos, sino solamente datos de cantidades. El cálculo del índice de Malmquist está basado en medidas de eficiencia derivadas del modelo del AED. Por tanto, se obtienen medidas de cambios en la productividad para cada unidad en un panel de observaciones.

Originalmente, el índice de Malmquist (de cantidades) fue introducido en el contexto de la teoría del consumidor como un ratio entre dos deflatores o factores de escala proporcionales que deflactan dos vectores de cantidades sobre la frontera del conjunto de posibilidades de utilidad; ver Malmquist (1953). Este enfoque de deflactor o de función de distancia fue aplicado posteriormente a la medida de la productividad en Caves, Christensen y Diewert (1982) en el contexto de una función de producción general, y lo fue en el marco del AED no paramétrico por Färe, Grosskopf, Lindgren y Roos (1989).

La función de distancia es la inversa de la medida original de eficiencia técnica de Farrell, y como la eficiencia técnica de Farrell se obtiene del enfoque del AED, se encuentra más conveniente el uso directo de las medidas de Farrell sin hacer referencia a la función de distancia. Para una definición general del índice de Malmquist basado directamente en la función de distancia véase Caves, Christensen y Diewert (1982). En este documento se aplicará el mismo enfoque que el aplicado en, por ejemplo, Berg et. al (1991), Forsund (1991) y Hjalmarsson y Veiderpass (1992).

El índice de Malmquist, es el ratio de dos medidas de Farrell para una unidad productiva, cuya eficiencia técnica en dos diferentes puntos del tiempo es medida con respecto a dos diferentes fronteras. El índice puede ser descompuesto en forma tal que el cambio en la PTF podría ser separado, distinguiendo traslados de la frontera (efecto del cambio técnico sobre la frontera) y traslado con respecto a la frontera (efecto de actualización o *catching-up*).

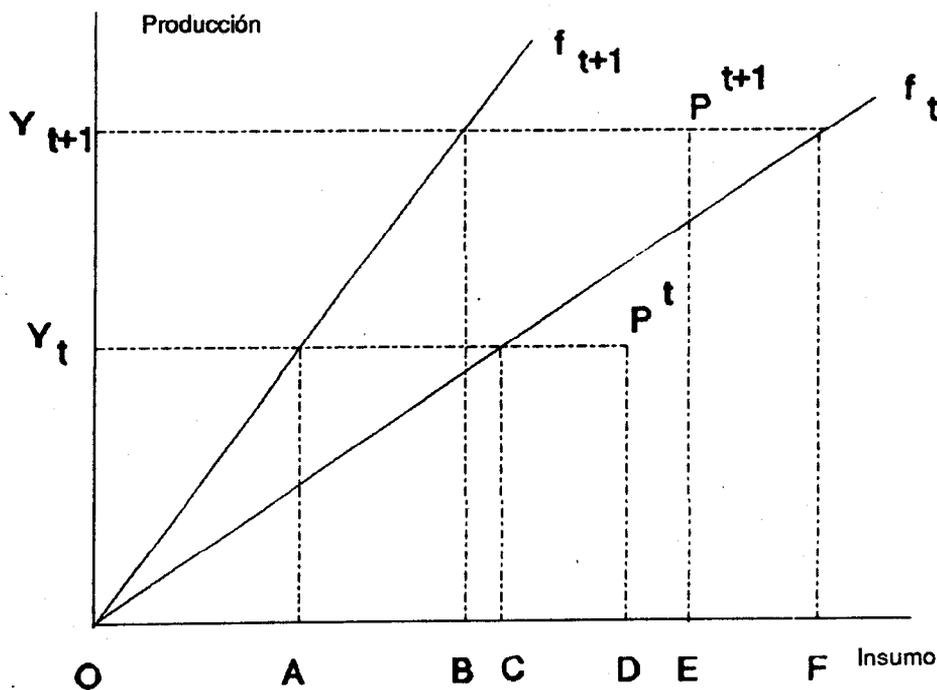


Figura 2. Construcción del Índice de Malmquist

La Figura 2 ilustra la construcción del índice de Malmquist para una función de producción de frontera con retornos a escala constantes (REC). Como la eficiencia técnica ahorradora de insumos coincide con la eficiencia técnica incrementadora del producto en el caso de tecnologías con retornos constantes a escala, (véase Forsund y Hjalmarsson (1974) y (1979)) la pre-

sentación se limitará a la construcción del índice basado en insumos. Para una discusión detallada del índice de Malmquist basado en la producción, véase Forsund (1991).

P es una unidad productiva observada en dos años, t y $t+1$. Entre estos puntos en el tiempo, la frontera se ha trasladado de f_t a f_{t+1} .

En el año t , la eficiencia técnica de la unidad P medida contra f_t es:

$$E^{t,t} = OC/OD$$

(donde el primer índice denota la frontera del año y el segundo índice denota la observación) y cuando es medida contra f_{t+1} se convierte en

$$E^{t+1,t} = OA/OD$$

Correspondientemente, en el año $t+1$ la eficiencia técnica de P en relación a f_{t+1} se convierte en:

$$E^{t+1,t+1} = OB/OE$$

y cuando se mide contra f_t

$$E^{t,t+1} = OF/OE$$

El índice de Malmquist basado en el índice de productividad, M_t , donde la base de referencia es la frontera tecnológica f_t , está definido como:

$$M_t = \frac{E^{t,t+1}}{E^{t,t}}$$

y cuando la base de referencia es la frontera tecnológica f_{t+1} se define como:

$$M_{t+1} = \frac{E^{t+1,t+1}}{E^{t+1,t}}$$

Si $M > 1$ el cambio en productividad ha sido positivo. Entre las diferentes opciones se concentrará sobre M_i que mide los cambios en productividad con relación al año base t .

El índice de Malmquist puede ser descompuesto en dos componentes:*

MC : cambio en eficiencia con relación a la frontera: índice de productividad

MF_i: cambio en la distancia hacia la frontera: índice de productividad de la frontera, donde $i = t, t+1$ y

$M_i = MC \times MF_i$: índice de productividad total, donde $i = t, t+1$

El cambio relativo en eficiencia para la unidad P entre t y $t+1$ es:

$$MC = \frac{\frac{OB}{OE}}{\frac{OC}{OD}} = \frac{E^{t+1, t+1}}{E^t}$$

y el traslado de la frontera se define como:

$$MF_i = \frac{E^j}{E^{t+1, j}}, \quad i, j = t, t+1 \quad i \neq j$$

Para una observación completamente eficiente de ambos años, $MC = 1$.

El índice es una medida pura de distancia de frontera.

El índice de Malmquist también puede ser definido como la media geométrica de M_t y M_{t+1} ; véase e.g. Färe y Grosskopf (1990):

* Los índices basados en insumos y en producción pueden ser descompuestos en la misma forma. La única diferencia radica en la dirección de la medida, i.e. si es a lo largo del plano de insumos o a lo largo del plano de producción.

$$MG = \sqrt{M_t M_{t+1}} = \frac{E^{t+1, t+1}}{E^u} \sqrt{\frac{E^{t, t+1}}{E^{t+1, t+1}} \frac{E^u}{E^{t+1, t}}} = MC \sqrt{MF_t MF_{t+1}}$$

El índice de actualización sigue siendo el mismo, mientras que el índice de la frontera es la media geométrica de las distancias entre las fronteras para ambas observaciones, i.e. MF_t y MF_{t+1} . El cálculo de los índices descompuestos, tanto MF_t y MC como los de media geométrica, MG , obviamente requieren conocimiento de la frontera tecnológica para ambos años, mientras que el cálculo de M_t requiere sólo del conocimiento de la tecnología del año base.

4. LA INDUSTRIA PERUANA DEL CEMENTO

La producción de cemento en el Perú empezó en 1916 con la construcción de la primera planta de producción. Desde 1955 hasta 1967 la industria experimentó un rápido crecimiento. Cinco nuevas plantas, cuatro privadas y una estatal, fueron puestas en operación y la capacidad productiva se incrementó de 466,400 hasta 1,600,600 toneladas por año. En 1974 la industria fue nacionalizada. Sin embargo, una de las plantas permaneció parcialmente bajo propiedad privada. En 1980 la estructura de propiedad fue cambiada nuevamente, dos de las plantas permanecieron como compañías de propiedad estatal, mientras que tres plantas se convirtieron en propiedad privada parcial (51%) y propiedad estatal parcial (49%). En 1986 la capacidad de producción era de 3,222,400 toneladas por año, 80% de la cual estaba concentrada entre las compañías de propiedad mixta.

Debido fundamentalmente a los altos costos de transporte, se crearon varios mercados regionales protegidos en varias partes del país. A pesar del hecho de que la producción estaba altamente concentrada (dos plantas producían el 71 por ciento de la producción total en 1986), cada productor ofertaba a su propio mercado regional en un área específica.

Para una descripción más detallada de la industria, véase e.g. Ministerio de Industria y Comercio (1972 y 1973) y González de la Cotera (1989).

El Proceso de Manufactura del Cemento

La mayoría de la producción de cemento se lleva a cabo en plantas que utilizan el proceso conocido como la vía seca. Sólo una planta usa el proceso de la vía *húmeda*, es de propiedad estatal y estaba en operación durante todo el período de observaciones (1970-1986).

La piedra caliza es la materia prima más importante en la producción de cemento en el Perú. En la vía seca, la piedra caliza es triturada y convertida en un fino polvo homogéneo que entonces es llevado directamente a un horno y quemado (calcinado) para formar el *clinker*. En la vía húmeda, se añade agua en la etapa de trituramiento para facilitar la homogeneización y formar una mezcla líquida de materia insoluble (*slurry*) que luego es llevada al horno.

El horno, donde se lleva a cabo el proceso de calcinamiento, es la pieza del equipo de capital más importante en la planta. También es el mayor consumidor de energía. Un horno es un largo y cilíndrico tubo rotatorio de acero revestido de ladrillo, que rota lentamente mientras la materia prima (ya sea el *clinker* o *slurry*) es depositada por la parte superior, y se mueve gradualmente hacia abajo hacia la parte inferior, donde el combustible en ignición (petróleo en este caso) provee una temperatura de la zona de aproximadamente 1500 grados centígrados. Después del enfriamiento, el *clinker* es mezclado con un 4 a 6 por ciento de yeso y convertido en cemento.

Los Datos

Los datos usados en este estudio, abarcan información de la industria peruana de cemento durante un período de 17 años (1970-1986). Los datos fueron construidos en base a la información obtenida directamente en las diferentes plantas productoras de cemento y en el Ministerio de Industrias (i.e. las Encuestas Anuales de Estadística Manufacturera).

El estudio emplea un modelo de varios insumos y un solo producto. Tanto los insumos como el producto están medidos en términos físicos. Para los insumos, las siguientes variables están incluidas en el análisis:

L denota el número de trabajadores.

E denota el consumo de electricidad. Unidad de medida: MWh.

O denota el consumo de petróleo. Unidad de medida: Gcal.

C denota la capacidad total anual. Unidad de medida: ktons.

Debe notarse que la capacidad total anual de una unidad productiva refleja el valor (fijo) del equipo de capital, el cual no debe confundirse con el grado actual de utilización (la capacidad de utilización) de este equipo.

El producto está medido por:

Y cemento producido. Unidad de medida: ktons.

El valor medio de los insumos y producción se presenta en la Tabla 1 abajo. En general, se halla una tendencia hacia tamaño de firmas más grandes en promedio durante el período de observación.

Tabla 1: Valores promedio de Insumos y producto, 1970-1986.

Unidad N°	1	2	3	4	5	6
Insumos						
L	290	215	162	289	101	152
E	76048.6	92447.3	17445.4	59851.7	9735.9	21821.8
O	490.2	616.2	256.8	636.4	163.3	160.2
C	508.8	1060.0	190.8	692.7	95.4	320.5
Producto						
Y	409.2	762.6	173.3	437.3	83.5	172.0

Las Tablas 2a y 2b muestran los coeficientes de insumos para trabajo, electricidad y petróleo durante 1970 hasta 1977 y durante 1980 hasta 1986. Las tablas también muestran la propiedad de las diferentes unidades productivas. P denota las plantas de propiedad privada, S las plantas de propiedad estatal y M denota las de propiedad mixta, i.e. las unidades con propiedad parcial privada y estatal. (Esta notación se usa en todas las tablas a través del estudio.)

Tabla 2a: Coeficientes de Insumos (Trabajo (L), Electricidad (E) y Petróleo (O)), 1970-1977

Unidad N ^o (propiedad)	Año	L/Y.10 ⁶	E/Y	O/Y. 10 ⁶
1 (P)	1970	71	183.3	1586
2 (P)	1970	72	153.9	908
3 (P)	1970	97	102.1	1389
4 (P)	1970	84	131.4	1384
5 (P)	1970	223	114.9	1736
6 (S)	1970	183	128.3	1205
1 (P)	1971	64	187.9	1206
2 (P)	1971	46	140.3	926
3 (P)	1971	131	122.8	1828
4 (P)	1971	70	131.2	1580
5 (P)	1971	142	141.7	2455
6 (S)	1971	212	122.3	1093
1 (P)	1972	59	195.6	1332
2 (P)	1972	43	115.4	776
3 (P)	1972	97	98.1	1312
4 (P)	1972	68	126.0	1540
5 (P)	1972	80	120.5	1986
6 (S)	1972	127	112.6	920
1 (P)	1973	63	164.4	1104
2 (P)	1973	35	115.4	878
3 (P)	1973	94	101.7	1370
4 (P)	1973	62	119.7	1528
5 (P)	1973	123	129.3	2480
6 (S)	1973	128	112.0	985
1 (P/S)	1974	61	198.1	1350
2 (P/S)	1974	25	125.2	732
3 (P/S)	1974	86	88.8	1062
4 (M)	1974	68	126.4	1598
5 (P/S)	1974	128	130.0	2523
6 (S)	1974	131	109.3	985
1 (S)	1975	73	196.3	1320
2 (S)	1975	27	165.6	755
3 (S)	1975	104	97.4	1442
4 (M)	1975	71	135.9	1646
5 (S)	1975	120	122.9	2383

Continúa Tabla 2a.

Unidad N° (propiedad)	Año	L/Y. 10 ⁶	E/Y	O/Y. 10 ⁶
6 (S)	1975	102	113.6	1013
1 (S)	1976	77	188.8	1269
2 (S)	1976	28	116.7	819
3 (S)	1976	83	100.3	1687
4 (M)	1976	70	132.6	1553
5 (S)	1976	131	121.1	2436
6 (S)	1976	81	107.6	921
1 (S)	1977	72	187.4	1272
2 (S)	1977	30	116.5	925
3 (S)	1977	71	101.4	1807
4 (M)	1977	64	134.4	1620
5 (S)	1977	129	127.8	2626
6 (S)	1977	83	110.3	943

Tabla 2b: Coeficientes de Insumos (Trabajo (L), Electricidad (E) y Petróleo (O)), 1980-1986

Unidad N° (propiedad)	Año	L/Y. 10 ⁵	E/Y	O/Y. 10 ⁵
1 (S/M)	1980	76	198.1	1154
2 (S/M)	1980	23	116.8	644
4 (M)	1980	33	128.4	1305
5 (S)	1980	123	117.8	2192
6 (S)	1980	68	131.7	898
1 (M)	1981	77	192.1	1136
2 (M)	1981	22	113.8	783
4 (M)	1981	52	114.4	1199
5 (S)	1981	118	120.2	1745
6 (S)	1981	50	150.2	973
1 (M)	1982	66	178.9	1141
2 (M)	1982	21	108.3	800
4 (M)	1982	64	164.9	1536
5 (S)	1982	111	100.8	1385
6 (S)	1982	68	137.5	940

Continúa Tabla 2b.

Unidad N° (propiedad)	Año	L/Y. 10 ⁵	E/Y	O/Y. 10 ⁵
1 (M)	1983	77	174.8	1118
2 (M)	1983	27	122.5	750
4 (M)	1983	83	148.8	1319
5 (S)	1983	118	95.3	1619
6 (S)	1983	72	124.4	806
1 (M)	1984	77	177.4	1115
2 (M)	1984	25	117.0	673
4 (M)	1984	84	153.1	1542
5 (S)	1984	107	98.9	1528
6 (S)	1984	79	165.2	1087
1 (M)	1985	74	179.4	991
2 (M)	1985	24	117.1	1013
4 (M)	1985	96	135.8	1268
5 (S)	1985	117	103.8	1396
6 (S)	1985	98	124.5	680
1 (M)	1986	68	164.5	923
2 (M)	1986	19	115.9	680
4 (M)	1986	69	138.9	1155
5 (S)	1986	105	103.7	1650
6 (S)	1986	76	152.1	952

La primera unidad productiva altamente intensiva en electricidad muestra un coeficiente del insumo trabajo más o menos constante, mientras que el uso relativo de los insumos electricidad y petróleo se redujo, durante el período entre 1980 y 1986. El coeficiente del insumo petróleo fue 1,586 en 1970 y alcanzó su menor valor 952, en 1986. Los valores de los coeficientes de insumos trabajo y electricidad para la unidad 2 muestran un rápido decrecimiento, particularmente durante el período comprendido entre 1970 y 1977. Estos bajos valores se mantienen también durante el período entre 1980 y 1986. El coeficiente del insumo petróleo exhibe valores bajos. La planta de procesamiento húmedo, la unidad productiva número 3, no estuvo en operación durante el período entre 1980 y 1986. Durante 1970 y 1977 aparentemente no existió tendencia con respecto a los coeficientes de trabajo y electricidad. El coeficiente del insumo petróleo es generalmente alto y creciente durante

los últimos tres años. Generalmente, los valores de los coeficientes de insumos para la unidad número 4 son altos. Los coeficientes de trabajo y electricidad caen poco durante 1980 y 1981, mientras que el coeficiente del insumo petróleo generalmente muestra valores bajos durante los últimos años (1980 a 1986). Aún cuando los valores son bajos durante 1981 y 1986, el coeficiente del insumo petróleo para la unidad número 5 generalmente es mayor que para otras plantas. Así como la unidad productiva número 3, la unidad número 5 es una planta de procesamiento húmedo y por consecuencia altamente intensiva en combustible. Sin embargo, el coeficiente de electricidad es generalmente mucho menor, sobre todo durante el período entre 1980 y 1986. El valor del coeficiente del insumo trabajo decreció de 223 en 1970 hasta 105 en 1986. Los valores de los coeficientes tanto del insumo trabajo como del petróleo para la unidad número 6 son también bajos, especialmente entre 1980 y 1986. Los valores del insumo electricidad son bajos durante el período 1970 y 1977, pero se incrementan durante los últimos años.

5. RESULTADOS EMPIRICOS

Un sector o una industria puede consistir de sólo unas pocas unidades productivas. Sin embargo, muy pocas observaciones implican que las unidades de comparación relevantes pueden no existir. Debido al pequeño número de unidades productivas en la industria peruana del cemento, se han dividido los datos en dos subconjuntos. Así, cada subconjunto es tratado como un conjunto de corte transversal. El primer subconjunto incluye los años 1970 hasta 1977 y el segundo subconjunto los años 1980 hasta 1986. Durante estos dos períodos la tecnología de producción permaneció virtualmente invariable. En 1978 y 1979 la tecnología de referencia no puede ser calificada como "fija" (se hicieron considerables inversiones en equipo de capital implicando la introducción de nuevas generaciones de capital, el sector industrial estuvo cambiando con respecto al número de unidades productivas, etc.).

Eficiencia Productiva

Del modelo AED se obtienen varias y diferentes medidas de eficiencia. En este estudio el interés se concentra en la medida de eficiencia ahorradora de insumos, E_1 , la medida de eficiencia incrementadora del producto, E_2 , y

en la medida de eficiencia de escala (bruta), E_3 . Los resultados empíricos se presentan en la Tabla 3a y 3b más abajo. Como se mencionó anteriormente, se toma en cuenta el régimen de propiedad de las diferentes plantas. En consecuencia, los diferentes tipos de propiedad son indicados en las tablas.

Tabla 3a: Eficiencia Productiva, 1970-1977.

Unidad N° (propiedad)	Año	E_1 REV	E_2 REV	$E_3 (=E_1 REC = E_2 REC)$
1 (P)	1970	0.66	0.66	0.65
2 (P)	1970	0.86	0.85	0.81
3 (P)	1970	0.92	0.90	0.90
4 (P)	1970	0.78	0.82	0.78
5 (P)	1970	1.00	1.00	0.77
6 (S)	1970	0.87	0.84	0.78
1 (P)	1971	0.78	0.80	0.78
2 (P)	1971	0.84	0.84	0.84
3 (P)	1971	0.77	0.73	0.72
4 (P)	1971	0.90	0.91	0.89
5 (P)	1971	1.00	0.85	0.65
6 (S)	1971	0.94	0.92	0.84
1 (P)	1972	0.82	0.83	0.82
2 (P)	1972	1.00	1.00	1.00
3 (P)	1972	0.92	0.90	0.90
4 (P)	1972	0.95	0.95	0.94
5 (P)	1972	1.00	1.00	0.84
6 (S)	1972	1.00	1.00	0.96
1 (P)	1973	0.82	0.83	0.80
2 (P)	1973	1.00	1.00	0.98
3 (P)	1973	0.92	0.91	0.90
4 (P)	1973	1.00	1.00	1.00
5 (P)	1973	1.00	0.93	0.76
6 (S)	1973	0.96	0.96	0.94
1 (P/S)	1974	0.83	0.84	0.83
2 (P/S)	1974	1.00	1.00	1.00
3 (P/S)	1974	1.00	1.00	1.00

Continúa Tabla 3a:

Unidad Nº (propiedad)	Año	E_1 REV	E_2 REV	$E_3 (=E_1 REC = E_2 REC)$
4 (P)	1974	0.93	0.94	0.92
5 (P/S)	1974	1.00	0.93	0.77
6 (S)	1974	1.00	1.00	0.94
1 (S)	1975	0.85	0.86	0.82
2 (S)	1975	0.97	0.97	0.97
3 (S)	1975	0.99	0.99	0.99
4 (M)	1975	0.87	0.87	0.86
5 (S)	1975	1.00	1.00	0.87
6 (S)	1975	0.95	0.94	0.93
1 (S)	1976	0.95	0.95	0.87
2 (S)	1976	1.00	1.00	1.00
3 (S)	1976	0.95	0.95	0.95
4 (M)	1976	0.93	0.94	0.92
5 (S)	1976	1.00	1.00	0.87
6 (S)	1976	1.00	1.00	1.00
1 (S)	1977	0.97	0.97	0.91
2 (S)	1977	1.00	1.00	0.99
3 (S)	1977	1.00	1.00	1.00
4 (M)	1977	1.00	1.00	1.00
5 (S)	1977	1.00	0.98	0.85
6 (S)	1977	0.99	0.98	0.98

Tabla 3b: Eficiencia Productiva, 1980-1986

Unidad N° (propiedad)	Año	E_1 REV	E_2 REV	$E_3(=E_1REC=E_2REC)$
1 (S/M)	1980	0.88	0.88	0.88
2 (S/M)	1980	1.00	1.00	1.00
4 (M)	1980	0.90	0.90	0.90
5 (S)	1980	1.00	0.89	0.89
6 (S)	1980	0.92	0.88	0.84
1 (M)	1981	0.85	0.85	0.85
2 (M)	1981	1.00	1.00	1.00
4 (M)	1981	0.94	0.94	0.92
5 (S)	1981	1.00	0.90	0.89
6 (S)	1981	0.83	0.76	0.75
1 (M)	1982	1.00	1.00	1.00
2 (M)	1982	1.00	1.00	1.00
4 (M)	1982	0.65	0.66	0.64
5 (S)	1982	1.00	1.00	1.00
6 (S)	1982	0.86	0.83	0.81
1 (M)	1983	0.87	0.87	0.87
2 (M)	1983	0.94	0.93	0.93
4 (M)	1983	0.72	0.72	0.71
5 (S)	1983	1.00	1.00	1.00
6 (S)	1983	1.00	1.00	0.90
1 (M)	1984	0.83	0.83	0.83
2 (M)	1984	0.99	0.99	0.99
4 (M)	1984	0.70	0.70	0.68
5 (S)	1984	1.00	1.00	1.00
6 (S)	1984	0.79	0.70	0.68
1 (M)	1985	0.84	0.84	0.84
2 (M)	1985	0.95	0.93	0.92
4 (M)	1985	0.78	0.79	0.78
5 (S)	1985	1.00	1.00	0.97
6 (S)	1985	1.00	1.00	0.95
1 (M)	1986	0.87	0.87	0.87
2 (M)	1986	1.00	1.00	1.00
4 (M)	1986	0.77	0.78	0.77
5 (S)	1986	1.00	1.00	0.99
6 (S)	1986	0.87	0.77	0.74

Las medidas E_1 indican el ahorro potencial de insumos para las unidades individuales, i.e. en 1970 la unidad número 1 podría producir la producción observada con sólo el 66 por ciento de los insumos observados si hubiese empleado la tecnología de la mejor práctica.

Las medidas E_2 muestran el ratio de la producción observada con la producción potencial de frontera empleando la cantidad de insumos observados, i.e. en 1970 la producción de la unidad número 1 podría haberse incrementado en 34 por ciento, si se hubiesen utilizado los insumos observados con la tecnología de frontera. Generalmente, las diferencias entre los valores de las medidas E_1 y E_2 son pequeñas, particularmente en el período entre 1970 y 1977.

Unidad productiva número 1: de propiedad privada hasta 1974, cuando la industria del cemento fue nacionalizada. De propiedad estatal hasta 1980. De propiedad mixta (51% privado y 49% de propiedad del Estado) durante el resto de años del período de estudio. Con respecto tanto a la eficiencia ahorradora de insumos como a la incrementadora del producto, la unidad productiva número 1 muestra los menores valores durante la mayoría de los años del primer subperíodo (1970 hasta 1977). Sin embargo, los niveles de eficiencia se incrementan desde 0.66 en 1970 hasta 0.97 en 1977. El incremento en los niveles de eficiencia coinciden con una reducción relativa en el insumo petróleo. Durante el segundo subperíodo (1980 hasta 1986), los coeficientes de insumos para petróleo son más reducidos aún; véanse las Tablas 2a y 2b presentadas anteriormente.

Unidad productiva número 2: con estructura de propiedad y cambios idénticos a aquellos de la unidad número 1. Es la planta más grande y la unidad de frontera (i.e. totalmente eficiente) durante cinco años en el primer subconjunto y durante cuatro años en el segundo subconjunto.

Unidad productiva número 3: de propiedad privada hasta 1974 y de propiedad estatal hasta 1980. Entre 1980 y hasta que fue cerrada, a fines de 1983, la planta fue de propiedad privada y estatal parcial. Es una de las dos plantas que usa el procedimiento de la vía húmeda y fue unidad de frontera desde 1982 hasta 1986.

Unidad productiva número 4: de propiedad privada hasta 1973. Desde 1974 hasta 1986 inclusive, fue de propiedad parcialmente privada y estatal. Es la única planta que nunca fue totalmente de propiedad del Estado. Unidad de frontera en 1973 y en 1977, pero la menos eficiente desde 1982 hasta 1986.

Unidad productiva número 5: planta privada hasta 1974 y de propiedad estatal entre 1974 y 1986. Es una planta de procesamiento húmedo. Esta planta muestra los valores de eficiencia más altos y es totalmente eficiente en cada año durante los dos subperíodos del estudio. Como se muestra en la Tabla 2a y 2b, esta planta es altamente intensiva en petróleo, particularmente durante el primer subperíodo, pero el coeficiente de insumos de electricidad es generalmente muy bajo comparado con los de otras plantas.

Unidad productiva número 6: la única planta que es de propiedad estatal durante todo el período de estudio, i.e. durante ambos subperíodos. La planta es totalmente eficiente durante cinco de estos años.

Como se destacó anteriormente en la sección 2, la medida de eficiencia bruta de escala, E_3 , para la tecnología con retornos a escala variables (REV) es igual a la medida de eficiencia ahorradora de insumos en la tecnología con retornos a escala constantes (REC) (la cual es igual a E_2 en el caso de REC). De aquí que la presentación de los resultados con REC sirven a un doble propósito: el de presentar los resultados del modelo con retornos a escala constantes, y los resultados de eficiencia de escala del modelo con retornos a escala variables.

Los valores E_3 son generalmente menores que los de E_1 y E_2 debido a que ellos reflejan tanto la ineficiencia técnica como la de escala. $E_3 = 1$ indica que la unidad productiva en cuestión está operando en la escala óptima. De acuerdo a la Tabla 3, la ineficiencia se debe principalmente a la ineficiencia técnica y no por pura ineficiencia de escala.

Cambio en la Productividad

Las medidas de eficiencia productiva están basadas en comparaciones de *todas* las unidades productivas con respecto a la misma tecnología de

referencia, i.e. frente a la frontera de la mejor práctica. De otro lado, las medidas de productividad total de los factores están basadas en comparaciones *entre parejas*, i.e. la eficiencia técnica de una unidad productiva en dos puntos en el tiempo es medida con relación a dos fronteras diferentes. (Sin embargo, debe notarse que la medida de M_1 requiere sólo del conocimiento de la tecnología de frontera del año base; véase la Sección 3 anterior. M_1 refleja los cambios en eficiencia para una unidad en dos momentos del tiempo. Los índices de descomposición de la productividad, MF_1 y MC , y la media geométrica requieren del conocimiento de la tecnología de frontera de los dos años y en consecuencia, reflejan tanto los cambios en la eficiencia como el cambio técnico.)

En este estudio la atención se concentra en las medidas de productividad M_1 y MC . Se considera que el crecimiento de la medida de productividad M_1 es la medida más relevante. En la mayoría de los casos, las cifras de los cambios en la productividad publicadas oficialmente son del tipo Laspeyres, y un propósito de este estudio es obtener cifras para el cambio en la productividad en la industria peruana del cemento comparables con aquellas de otros sectores y otros países.

La Tabla 4 presenta el desarrollo de la productividad, medida en términos de M_1 , durante los períodos 1970 hasta 1977 y 1980 hasta 1986. Como se mencionó en la Sección 3 anterior, el índice de Malmquist es calculado en base a una tecnología de REC.

Cuando el cambio total en la productividad es medido para años consecutivos, prácticamente todas las unidades experimentan un crecimiento en la productividad virtualmente constante o positivo en el período previo a las inversiones, 1971 hasta 1977. Los valores M_1 son generalmente bajos, y algunas veces negativos durante el segundo período de observación.

El índice de productividad por actualización, MC , es presentado en la Tabla 5. MC es una medida pura de distancia hacia la frontera que indica el cambio en la eficiencia con respecto a la frontera. Para una observación totalmente eficiente, MC es igual a 1 en ambos años.

Tabla 4: El Índice de Malmquist de Cambio de la Productividad, 1970-1977 y 1980-1986

Unidad N ^o	Años	M ₁	Años	M ₁
1	1970/1971	1.189	1980/1981	0.971
2		1.034		1.000
3		0.793		-
4		1.143		1.021
5		0.844		0.994
6		1.072		0.889
1	1971/1972	1.062	1981/1982	1.171
2		1.195		1.000
3		1.251		-
4		1.045		0.699
5		1.316		1.124
6		1.143		1.077
1	1972/1973	0.975	1982/1983	0.877
2		0.984		0.930
3		1.010		-
4		1.065		1.113
5		0.908		1.000
6		0.981		1.121
1	1973/1974	1.034	1983/1984	0.947
2		1.016		1.063
3		1.094		-
4		0.929		0.956
5		1.023		1.000
6		1.00		0.750
1	1974/1975	0.986	1984/1985	1.021
2		0.971		0.935

Continúa Tabla 4

Unidad Nº	Años	M_1	Años	M_1
3		1.000		-
4		0.937		1.139
5		1.129		0.968
6		0.995		1.399
1	1975/1976	1.071	1985/1986	1.032
2		1.029		1.212
3		0.977		-
4		1.069		0.991
5		1.000		1.022
6		1.072		0.786
1	1976/1977	1.037		
2		0.993		
3		1.093		
4		1.106		
5		0.979		
6		0.984		

Con la excepción de las unidades números 4 y 6, el cambio total en la productividad, señalado por los valores M_1 , fue positivo durante ambos subperíodos. Los resultados tanto de M_1 como los de MC confirman los hallazgos de la Tabla 3, que la eficiencia relativa de la unidad menos eficiente, unidad número 1, se incrementó con el tiempo.

Todas las unidades, excepto la unidad número 6, experimentaron un efecto de actualización positivo cuando los primeros dos años de cada subperíodo fueron comparados. Al comparar los últimos años del período de estudio (i.e. 1980-1986), existe una clara tendencia indicando lentos movimientos de la frontera.

Tabla 5: Cambio en la Productividad entre 1970 y 1976 y 1980-1986

Unidad Nº	Años	M ₁	MC
1 (P/(S/M))	1970/1980	1.334	1.341
2 (P/(S/M))		1.411	1.236
4 (P/M)		1.285	1.141
5 (P/S)		1.162	1.158
6 (S)		1.114	1.076
1 (P/M)		1971/1981	1.091
2 (P/M)	1.394		1.195
4 (P/M)	1.039		1.019
5 (P/S)	1.361		1.364
6 (S)	0.948		0.892
1 (P/M)	1972/1982		1.211
2 (P/M)		1.172	1.000
4 (P/M)		0.714	0.682
5 (P/S)		1.152	1.165
6 (S)		0.870	0.840
1 (P/M)		1973/1983	1.076
2 (P/M)	1.019		0.945
4 (P/M)	0.697		0.713
5 (P/S)	1.248		1.284
6 (S)	1.009		0.960
1 ((P/S)/M)	1974/1984		0.996
2 ((P/S)/M)		1.087	0.988
4 (M)		0.725	0.734
5 ((P/S)/S)		1.281	1.255
6 (S)		0.755	0.722

Continúa Tabla 5

Unidad Nº	Años	M_1	MC
1 (S/M)	1975/1985	1.045	1.028
2 (S/M)		1.086	0.951
4 (M/M)		0.850	0.893
5 (S)		1.037	1.077
6 (S)		1.153	1.015
1 (S/M)	1976/1986	1.028	0.991
2 (S/M)		1.293	1.000
4 (M)		0.826	0.828
5 (S)		1.108	1.099
6 (S)		0.791	0.745

6. COMENTARIOS FINALES

Del mismo modo que para la eficiencia productiva, el estudio indica pequeñas diferencias entre la eficiencia ahorradora de insumos y la incrementadora de capital y el ranking de acuerdo a la eficiencia parece moderadamente estable durante los periodos de estudio. Más aún, no se encuentran indicios de correlación entre eficiencia (productividad) y localización geográfica. Las unidades totalmente eficientes se encuentran entre las plantas localizadas cerca a la costa, como también en la sierra sudeste.

Como se mencionó en la Introducción, este estudio no busca establecer ninguna correlación estadística entre propiedad y eficiencia o productividad. Sin embargo, los resultados empíricos no indican tal relación, y las compañías de propiedad mixta como también las de propiedad estatal y privada se encuentran en la frontera de producción. Tal vez algo sorprendente es que la unidad número 5, planta altamente intensiva en combustible y de procesamiento por la vía húmeda, muestre los mayores niveles de eficiencia. Sin embargo, estos altos valores de eficiencia podrían ser explicados por el uso relativamente menor del insumo electricidad.

Con respecto al crecimiento de la productividad, se encuentran indicios de un crecimiento de la productividad constante o positivo al estudiar años consecutivos entre 1971 y 1977. Los valores son menores para el período entre 1980 y 1986. Al comparar el desarrollo entre 1970 y 1976 frente al existente entre 1980 y 1986 se encuentra que la mayoría de las unidades productivas experimentaron un cambio positivo en la productividad.

REFERENCIAS

- BERG, S.A., F.R. Forsund y E.S. Jansen
 1991 "Malmquist Productivity Growth during the Deregulation of Norwegian Banking 1980-1989", *Working Paper*, Bank of Norway.
- CAVES, D.W., L.R. Christensen y W.E. Diewert
 1982 "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity", *Econometrica*, 50, No. 6, 1393-1414.
- CHARNES, A., W.W. Cooper
 1985 "Preface to Topics in Data Envelopment Analysis", *Annals of Operations Research* 2, 59-94.
- CHARNES, A., W.W. Cooper, y E.E. Rhodes
 1978 "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, 429-444.
- DEPRINS, D., L. Simar y H. Tulkens
 1984 "Measuring Labor-Efficiency in Post Offices", en: M. Marchand, P. Pestieau y H. Tulkens, editores, *The Performance of Public Enterprises: Concepts and Measurement*, 243-267, Amsterdam: North Holland Publishing Co.
- FARRELL, M.J.
 1957 "The measurement of productive efficiency", *Journal of Royal Statistical Society A* 120, 253-290.
- FÄRE, R., S. Grosskopf, B. Lindgren y P. Roos
 1989 "Productivity Developments in Swedish Hospitals", *Mimeo*.
- FÄRE, R., S. Grosskopf
 1990 "Theory and Calculation of Productivity Indexes: Revisited", *Working Paper*, Carbondale, USA.

FORSUND, F.R.

1991 "The Malmquist Productivity Index", University of Oslo/SNF-Oslo, Norway.

FORSUND, F.R. y L. Hjalmarsson

1974 "On the Measurement of Productive Efficiency", *Swedish Journal of Economics* 76, No. 2, 141-154.

FORSUND, F.R. y L. Hjalmarsson

1979 "Generalized Farrell Measures of Efficiency: An Application to Milk Processing in Swedish Dairy Plants", *Economic Journal* 89, 294-315.

FORSUND, F.R. y L. Hjalmarsson

1983 "Technical Progress and Structural Change in the Swedish Cement Industry 1955-1979", *Econometrica*, Vol. 51, No. 5, 1449-1467.

FORSUND, F.R. y L. Hjalmarsson

1987 "Analyses of Industrial Structure: A Putty-Clay Approach", IUI, Stockholm: Almqvist & Wiksell International.

FORSUND, F.R., L. Hjalmarsson y O. Eitheim

1985 "An intercountry comparison of cement production: The short-run production function approach", en: F.R. Forsund, M. Hoel y S. Longva, editores, *Production, Multi-sectoral Growth and Planning*, 11-47, Amsterdam: North Holland Publishing Co.

FORSUND, F.R., L. Hjalmarsson, J. Karko, O. Eitheim, y T. Summa

1985 "An Intercountry comparison of productivity and technical change in the Nordic Cement Industry", ETLA Report B44, Helsinki.

GONZALES DE LA COTERA, M.

1989 "La Industria del Cemento en el Perú", ASOCER, Lima.

HJALMARSSON, L. y A. Veiderpass

1992 "Productivity in Swedish Electricity Retail Distribution",
Scandinavian Journal of Economics 94, Supplement, 193-205.

MALMQUIST, S.

1953 "Index Numbers and Indifference Surfaces", *Trabajos de Estadística*, 4, 209-242.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y COMERCIO

1972 "Situación de la Industria del Cemento en el Perú (1960-1971)".
Oficina Sectorial de Población, Dirección de Planeamiento.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y COMERCIO

1973 "Descripción y Análisis de las Fábricas Productoras de Cemento en el Perú", Oficina Sectorial de Población, Dirección de Planeamiento, Documento: 011-AIPCA-DPL-OSP-MIC-73.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO, TURISMO E INTEGRACION

"Encuestas de Estadística Manufacturera", Oficina Sectorial de Estadística Industrial, 1970-1990.

RHODES, E.

1978 "Data Envelopment Analysis and Related Approaches for Measuring the Efficiency of Decision Making Units with an Application to Program follow through in US Education", Ph.D. Thesis, Carnegie-Mellon University, School of Urban and Public Affairs, Pittsburgh.

SEIFORD, L.M.

1989 "A Bibliography of Data Envelopment Analysis (1978-1989)", Dept. of Industrial Engineering and Operations Research, University of Massachusetts, Amherst, MA 01003, USA.

STERTNER, T.

1985 "Energy Use in Mexican Industry", Ph.D. Thesis, Dept. of Economics, Gothenburg University.

