

Estudios de Economía Aplicada
Nº 10, 1998. Págs. 121-130

Análisis de la estructura productiva de la red de aeropuertos españoles: Una aplicación de la forma translogarítmica

RENDEIRO MARTÍN-CEJAS, R.¹

Universidad de Las Palmas de G. Canaria

Esta versión incluye todas las correcciones sugeridas por el evaluador, las cuales nos han parecido oportunas y por las que le quedamos muy agradecidos.

RESUMEN

En este artículo realizamos un breve análisis de la estructura productiva de la industria aeroportuaria. Dicho análisis se efectúa mediante el enfoque neoclásico de la función dual de costes. Utilizamos, para ello, la función translogarítmica de costes conjuntos, la cual, dada su flexibilidad, permite contrastar las hipótesis más comunes sobre la estructura de producción. Estimamos parámetros tales como la elasticidad-coste, los rendimientos a escalas, la elasticidad-precio de la demanda de factores de producción y la elasticidad de sustitución entre factores. Dichos parámetros permiten comprobar las hipótesis de regularidad exigidas a la función dual de costes.

ABSTRACT

This paper attempt to analyse the structure of cost and production of the airport industry. The neoclassical approach of dual cost function was used. We tried to estimate the "translog" joint cost function. This flexible functional form gave us the possibility of directly modelling the structure of cost without imposing arbitrary a priori restriction on the structure of production. In order to test several hypotheses on the joint cost function we derived parameters such as cost elasticities, scale economies and elasticities of substitution.

Artículo recibido en marzo de 199. Revisado en abril de 1998.

1. Deseo agradecer al profesor D. Ginés de Rus Mendoza las sugerencias aportadas a este trabajo. No obstante, cualquier error u omisión respecto a su contenido son de mi entera responsabilidad. Correspondencia: C/ Saulo Torón n.º 14, Urbanización Zurbarán. Tafira Baja. Las Palmas de Gran Canaria C.P. 35017. Teléfono: 928 45-28-08. E-mail: Roberto@empresariales.ulpgc.es

1. Introducción

El estudio de la estructura productiva de una industria determinada implica la estimación de una relación funcional entre los inputs utilizados en el proceso y los outputs obtenidos. Un aeropuerto "procesa" pasajeros y carga a través de sus instalaciones. Para lo cual, utiliza principalmente factores capital, trabajo y determinadas clases de suministros tales como energía eléctrica y combustible. Parece razonable, por tanto, la determinación de una función de producción que permita el análisis del proceso "productivo" desarrollado en el recinto aeroportuario en orden a explorar los aspectos más relevantes de su tecnología.

En este trabajo acometemos el estudio de la estructura productiva de los aeropuertos españoles mediante el enfoque neoclásico de la función dual de costes. La existencia de economías o deseconomías de escala, la evaluación de la productividad y del progreso técnico y otros aspectos relacionados con la eficiencia productiva, tales como sustituibilidad entre factores productivos y elasticidad precio de la demanda de factores, son características directamente derivadas de la función dual de costes que subyace a la estructura productiva.

En primer lugar se describen los datos utilizados en el estudio. En la sección 3 contrastamos la hipótesis de separabilidad de la estructura productiva de la red de aeropuertos españoles mediante la especificación translogarítmica. Seguidamente, en la sección 4, a partir de los coeficientes de la función dual de costes estimada derivamos ciertos parámetros relevantes de dicha tecnología. Finalmente, destacamos las conclusiones del trabajo.

2. Los Datos

La red de aeropuertos españoles consta de 39 aeropuertos, de los cuales seis son bases aéreas de utilización mixta civil-militar. Los aeropuertos de Badajoz, Córdoba, Cuatro Vientos, Sabadell, Gerona y Salamanca no verificaron tráfico de mercancías en el año 1992. Con el objeto de homogeneizar los datos, se excluyó del estudio a esos seis aeropuertos. Además, hubo que excluir a los aeropuertos del Hierro y Melilla, debido a que no manejan tráfico internacional. En la estimación del modelo utilizamos información², de corte transversal correspondientes a los años 1991 y 1992.

3. Contraste de hipótesis

Un procedimiento común en el estudio de las unidades de producción multiproducto es asumir la existencia de una función agregada "h" de tal forma que la función de transformación pueda ser representada de la siguiente manera:

2. La información requerida para el estudio fue facilitada por el ente público Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea "AENA" y por el departamento de estadística de Aviación Civil.

$$F[h(Y_1, \dots, Y_m); X_1, \dots, X_n] = 0$$

Dónde las Y_i ($i=1, \dots, m$) y las X_j ($j=1, \dots, n$) representan vectores "m" y "n" dimensionales de niveles de outputs e inputs respectivamente. "F" es la función de transformación y "h" es la función agregada de output.

El proceso caracterizado por la ecuación anterior se refiere a un proceso de transformación separable³. La función de costes correspondiente tiene la forma:

$$C = g[h(Y_i), w_j] = h(Y_i) \bullet t(w_j) \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

Dónde W_j ($j=1, \dots, n$) es el vector "n" dimensional de precios de los inputs y "g" y "t" son las funciones de coste separable y precios de los inputs respectivamente.

Aunque la forma separable de la función de costes es adoptada casi universalmente en estudios empíricos de producción y costes, sus implicaciones son extremadamente restrictivas. Shephard (1953) demostró que si la función de costes conjuntos es multiplicativamente separable, los coste marginales relativos son independientes de los precios de los inputs.

La separabilidad es una propiedad normalmente asumida en los estudios de producción como hipótesis de partida. Este aspecto es una consecuencia de la forma funcional utilizada, la cual impone dicha restricción sin la posibilidad de contrastación. La función translogarítmica es una forma flexible que permite contrastar ésta y otras restricciones sobre la tecnología. La función "translog" para "m" outputs y "n" inputs es la siguiente:

$$\begin{aligned} LnCT = & a_0 + \sum_i^m a_i \ln y_i + \sum_i^n b_i \ln w_i + 1/2 \sum_i^m \sum_i^m d_{ij} \ln y_i \ln y_j \\ & + 1/2 \sum_i^n \sum_j^n j_{ij} \ln w_i \ln w_j + \sum_i^m \sum_j^n r_{ij} \ln y_i \ln w_j \end{aligned}$$

Las hipótesis contrastadas fueron:

- 1) Homogeneidad lineal en precios de los factores:

$$\begin{aligned} \sum_i^n b_i &= 1 \\ \sum_{i=1}^n g_{ij} &= 0 \quad (j = 1, 2 \dots n) \\ \sum_{j=1}^n r_{ij} &= 0 \quad (i = 1, 2 \dots m) \end{aligned}$$

3. Separable en los precios de los factores y en los outputs.

2) Separabilidad en precios de los factores y producción:

$$r_{ij} = 0 \quad (i = 1, 2 \dots m) \quad (j = 1, 2 \dots n)$$

3) Especificación Cobb-Douglas:

$$d_{ij} = 0, \quad g_{ij} = 0, \quad r_{ij} = 0 \quad (i = 1, 2 \dots m) \quad (j = 1, 2 \dots n)$$

Dichos contrastes fueron realizados mediante la distribución F de Snedecor que compara los modelos restringido y no restringido por el cociente:

$$F = \frac{(SCRR - SCR) / r}{SCR / (n - K - 1)}$$

Dónde "SCRR" corresponde a la suma de los cuadrados de los residuos restringido, es decir, obtenidos bajo la imposición, sobre el modelo, de la restricción a contrastar. "SCR" es la suma de los cuadrados de los residuos obtenidos para el modelo no restringido. "r" es el número de restricciones, "n" y "K" son el número de observaciones y de variables independientes respectivamente. Los resultados son presentados en la tabla 1.

Tabla 1: Contraste de hipótesis

Hipótesis	n	k	Nº de restricciones	Ratio "F"	F(n,d) Tabulado* (Nivel Significación: 5%)
Homogénea lineal en precios de los factores	62	10	4	1.27	2.562
Separable	62	8	2	4.23	3.17
Cobb-Douglas	62	4	6	6.55	2.28

*Valores obtenidos por interpolación.

Según los resultados mostrados en la tabla anterior, rechazamos las hipótesis de separabilidad y de la especificación Cobb-Douglas al nivel de significación del 5%. Estos resultados coinciden con la evidencia empírica. Caves et. al (1980) concluyen que la forma translogarítmica homogénea lineal en precios de los factores, es una generalización, estadísticamente significativa, de las demás formas restringidas.

4. Estimación de la función translogarítmica de costes conjuntos para la red de aeropuertos españoles

Para los años considerados en el estudio, los gastos de capital no figuraban en la cuenta de resultados de los aeropuertos españoles. Utilizamos los costes de opera-

ción (COP) definidos como la suma de los gastos de explotación y de personal, como una aproximación a los costes totales (Véase Fuss y Gupta (1981) y Aldridge y Preston (1992)).

La variable de producción utilizada fue "UT" (unidades de tráfico transportada). Una UT equivale a un pasajero o a cien kilogramos de carga. El precio del factor trabajo "L" está definido como la ratio entre el gasto de personal y el n.º de trabajadores. Igualmente, el precio del factor suministro "M" se definió como la ratio entre los gastos en suministro y las unidades de tráfico transportada (UT). El modelo adoptado para la función de costes conjuntos tiene la siguiente forma:

$$COP = F[UT, L, M] + m$$

Donde:

COP: Coste de Operación.

(Suma de los gastos del factor trabajo y gastos de explotación).

UT: Unidades de tráfico transportada.

(una UT equivale a un pasajero o a cien kilogramos de carga)

L: Precio del factor trabajo.

(Ratio entre el gasto de personal y el número de trabajadores)

M: Precio del factor suministros

(Ratio entre gastos en suministros y las unidades de tráfico transportadas)

μ : Término de error.

La forma translogarítmica equivalente es la siguiente:

$$\ln COP = a_o + a_{ut} \ln UT + b_l \ln L + b_M \ln M +$$

$$1/2 d_{ut} (\ln UT)^2 + 1/2 g_{ll} (\ln L)^2 + g_{lm} \ln L \ln M +$$

$$1/2 g_{mm} (\ln M)^2 + r_{lut} \ln UT \ln L + r_{mut} \ln UT \ln M + m$$

La estimación de la función anterior se realizó mediante un "pooling" de datos referentes a los años 1991-92. La estabilidad del valor de los coeficientes estimados respecto a cada grupo de datos o año por separado fue contrastada mediante el test de Chow. De acuerdo a los resultados obtenidos aceptamos la hipótesis de estabilidad, lo cual supone una ordenada en el origen y un conjunto de regresores comunes para todas las unidades en todos los períodos.

El supuesto realizado sobre el término de error es que μ_{it} debe estar idéntica e independientemente distribuido. Es decir, los errores de cualquier unidad no están correlacionados, son independientes tanto entre las unidades (i) contemporáneas como entre los diferentes retardos (t). Además, adoptamos el supuesto de que la varianza de los errores es constante para todas las observaciones y, admitimos que los μ_{it} se distribuyen normalmente. En consecuencia, el método de los mínimos cuadrados ordinarios resulta adecuado para la estimación de los parámetros del modelo propuesto.

Los coeficientes de la función translogarítmica homogénea lineal en precios de los factores, separable y Cobb-Douglas se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2: Parámetros estimados por mínimos cuadrados ordinarios.
(estadístico "t" entre paréntesis)**

<i>Coefficientes</i>	<i>Homogénea Lineal en precios de los factores</i>	<i>Separable en precios de los factores y producción</i>	<i>Cobb-Douglas</i>
α_0	2.0953 (0.58)	9.515 (3.667)	2.827 (6.836)
α_{ut}	0.5933 (1.75)	0.2649 (0.787)	0.6734 (29.6)
β_l	0.5324 (1.424)	-0.41 (-2.396)	0.3843 (8.628)
β_m	0.4676 (1.25)	1.41 (8.23)	0.6156 (13.819)
δ_{ut}	0.0291 (2.336)	0.0144 (1.203)	0
γ_{ll}	0.0446 (5.069)	0.044 (4.76)	0
γ_{lm}	-0.0446 (-5.069)	-0.044 (-4.76)	0
γ_{mm}	0.0446 (5.069)	0.044 (4.76)	0
ρ_{lut}	-0.0679 (-2.798)	0	0
ρ_{mut}	0.0679 (2.798)	0	0
	R2: 0.964	R2: 0.9590	R2: 0.942
	F: 299.819	F : 332.93	F : 484.39

Las elasticidades de coste respecto a la variable producción con sus correspondientes intervalos de confianza así como los rendimientos a escala se detallan en la tabla 3. Los resultados obtenidos para las elasticidades de sustitución de Allen se

muestran en la tabla 4.

Puede comprobarse que las especificaciones separable y Cobb-Douglas sobreestiman las elasticidades del coste respecto a la variable de producción. Para valores medios de las variables explicativas dicho coeficiente fue de 0.462 y 0.673 respectivamente frente al 0.239 obtenido para forma homogénea lineal en precios de los factores.

Tabla 3: Rendimientos a escala y elasticidad-coste (Año 1992).

<i>Aeropuertos</i>	<i>EC</i>	<i>Intervalos de Confianza</i>	<i>EE</i>
Alicante	0.256	(0.245 , 0.267)	0.744
Almería	0.230	(0.219 , 0.241)	0.77
Asturias	0.206	(0.195 , 0.217)	0.794
Barcelona	0.311	(0.3 , 0.322)	0.689
Bilbao	0.228	(0.217 , 0.239)	0.772
La Coruña	0.189	(0.178 , 0.2)	0.811
Fuerteventura	0.169	(0.158 , 0.18)	0.831
Gran Canaria	0.258	(0.247 , 0.269)	0.742
Granada	0.218	(0.207 , 0.229)	0.782
Ibiza	0.242	(0.231 , 0.253)	0.758
Jerez	0.251	(0.24 , 0.262)	0.749
Lanzarote	0.184	(0.173 , 0.195)	0.816
La Palma	0.167	(0.156 , 0.178)	0.833
Barajas	0.309	(0.298 , 0.32)	0.691
Málaga	0.310	(0.299 , 0.321)	0.69
Menorca	0.246	(0.235 , 0.257)	0.754
Murcia	0.223	(0.212 , 0.234)	0.777
Palma de Mallorca	0.267	(0.256 , 0.278)	0.733
Pamplona	0.235	(0.224 , 0.246)	0.765
Reus	0.270	(0.259 , 0.281)	0.73
San Sebastián	0.219	(0.208 , 0.23)	0.781
Santander	0.241	(0.23 , 0.252)	0.759
Santiago	0.245	(0.234 , 0.256)	0.755
Sevilla	0.306	(0.295 , 0.317)	0.694
Tenerife Norte	0.223	(0.212 , 0.234)	0.777
Tenerife Sur	0.272	(0.261 , 0.283)	0.728
Valencia	0.288	(0.277 , 0.299)	0.712
Valladolid	0.159	(0.148 , 0.170)	0.841
Vigo	0.226	(0.215 , 0.237)	0.774
Vitoria	0.269	(0.258 , 0.280)	0.731
Zaragoza	0.216	(0.205 , 0.227)	0.784

Nota: EC y EE significan elasticidad del coste respecto a la variable producción y los rendimientos a

escala respectivamente.

Tabla 4: Elasticidad de sustitución y elasticidad-precio (Año 1992)

<i>Aeropuertos</i>	s_{lm}	e_l	e_{mm}
Alicante	-0.589	0.571	0.016
Almería	0.612	-0.531	-0.081
Asturias	0.650	-0.553	-0.098
Barcelona	1.572	-1.686	0.113
Bilbao	0.401	-0.369	-0.033
La Coruña	0.711	-0.575	-0.136
Fuerteventura	0.556	-0.493	-0.063
Gran Canaria	3.583	-3.642	0.060
Granada	0.661	-0.558	-0.104
Ibiza	-0.104	0.099	0.003
Jerez	0.610	-0.530	-0.081
Lanzarote	0.355	-0.329	-0.027
La Palma	0.668	-0.561	-0.107
Barajas	1.399	-1.541	0.141
Málaga	2.282	-2.358	0.076
Menorca	0.212	-0.200	-0.013
Murcia	0.732	-0.577	-0.155
Palma de Mallorca	1.870	-1.961	0.090
Pamplona	0.706	-0.574	-0.133
Reus	0.701	-0.573	-0.128
San Sebastián	0.735	-0.577	-0.158
Santander	0.680	-0.566	-0.115
Santiago	0.455	-0.414	-0.041
Sevilla	9.485	-9.530	0.049
Tenerife Norte	0.404	-0.371	-0.033
Tenerife Sur	2.948	-3.013	0.065
Valencia	-0.494	0.478	0.014
Valladolid	0.752	-0.575	-0.178
Vigo	0.644	-0.549	-0.095
Vitoria	0.633	-0.543	-0.090
Zaragoza	0.671	-0.562	-0.109

Nota: σ_{lm} es la elasticidad de sustitución. e_l y e_{mm} son las elasticidades-precios de la demanda de los factores trabajo y suministro respectivamente.

Los valores obtenidos, en la mayoría de los aeropuertos españoles, para la elasticidad de sustitución entre los factores de producción fueron positivos. Ello indica

sustituibilidad entre factores. Únicamente los aeropuertos de Alicante, Ibiza y Valencia contradijeron tal afirmación. En el caso de los aeropuertos de gran dimensión dicha sustituibilidad parece más intensa. Por otro lado, salvo algunos casos aislados, los valores obtenidos para las elasticidades-precios de la demanda de factores de producción mostraron signo correcto, es decir, en concordancia con las condiciones de regularidad exigidas a la función dual de costes conjuntos⁴.

5. Conclusiones

Caves et al. (1980) señalan que las dos restricciones más comunes sobre la estructura de producción son homogeneidad y separabilidad. Estos autores demostraron que dichas restricciones pueden ser relajadas mediante la utilización de formas funcionales flexibles. Dichas especificaciones permiten contrastar estas y otras hipótesis básicas en la estructura productiva, obviando la necesidad de imponer, de forma a priori, restricciones arbitrarias sobre la misma. Siguiendo a dichos autores planteamos una serie de hipótesis sobre la estructura de producción de la red de aeropuertos españoles. Las hipótesis contrastadas respaldan la utilización de la forma translogarítmica, homogénea lineal en precios de los factores de producción, en la representación de dicha estructura productiva. Comprobamos, además, que la forma separable y Cobb-Douglas distorsionaron los valores de los parámetros estimados. Por tanto, ello nos lleva a concluir que dicha forma puede conducir a errores sustanciosos en la estimación de los parámetros relevantes que representan la estructura productiva de la industria. Sin embargo, no disponemos de evidencia empírica que respalde este resultado. Únicamente podemos realizar comparaciones en términos de resultados globales, obtenidos para otras industrias, referidos a la especificación funcional utilizada. En ese sentido, los resultados obtenidos concuerdan con la evidencia empírica disponible.

Otro aspecto importante a resaltar hace referencia a la utilización de la variable "UT". Dicha variable permitió reducir los problemas de multicolinealidad consecuencia del diseño de la forma translogarítmica. La estimación del modelo "Translog" que considera las variables carga y pasajero separadamente, condujo a resultados contradictorios respecto de las hipótesis de regularidad exigidos a la función dual de costes conjuntos.

4. MacFadden (1978) señala que la función translogarítmica no satisface la condición de ser globalmente cóncava para todo el vector de precios de los inputs. No existe la posibilidad de garantizar mediante restricciones sobre los parámetros de la función el cumplimiento de dicha condición.

Bibliografía

- ALDRIDGE, D.M. Y PRESTON, J.M. (1992): "The Translog Cost Function Applied to European Railways", Working Paper N1375, Insitute for Transport Studies, University of Leeds.
- BROWN, R.S., CAVES, D.W. Y CHRISTENSEN, L.R. (1979): "Modelling the Structure of Cost and Production for Multiproduct Firms", *Southern Economic Journal*, N146, Págs.256-273.
- CAVES, D.W., CHRISTENSEN, L.R. Y TRETHERWAY, M.W. (1979): "Flexible Cost Functions for Multiproduct Firms", *The Review of Economics and Statistics*, Págs.477-481.
- DENNY, M. Y PINTO, C. (1978): "An Aggregate Model with Multi-Product Technologies, Capítulo V.1, Págs.249-267, North-Holland Publishing Company.
- DODGSON, J.S. (1982): "Privatising Britain's Railways; Lessons From The Past?", Working Paper, Department of Economics and Accounting, University of Liverpool.
- FUSS, M.A. Y GUPTA, V.K. (1981): "A cost Function Approach to the Estimation of Minimum Efficient Scale, Return to Scale and Suboptimal Capacity", *European Economics Review*, N115, Págs.123-135.
- FUSS, M., MCFADDEN, D. Y MUNDLAK, Y. (1978): "A Survey of Functional Forms in the Economic Analysis of Production", Chapter II.1, North-Holland Publishing Company.
- HASENKAMP, G. (1976): "A Study of Multiple-Output Production Functions", *Journal of Econometrics*, N14, Págs.253-262.