

EFICIENCIA TÉCNICA EN LOS SERVICIOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS*

ALAIN CUENCA
Universidad de Zaragoza

En este trabajo se mide la eficiencia técnica de los servicios de protección contra incendios de las capitales de provincia y ciudades de más de 50.000 habitantes en España. Se pretende con ello investigar la eficiencia productiva de un servicio público local que no ha sido estudiado por la literatura económica en nuestro país. La aplicación del análisis envolvente de datos y de los modelos determinístico y estocástico de frontera ofrece resultados dispares debido a la distinta naturaleza de cada método, pero proporciona una indicación del grado de eficiencia relativa de cada unidad. Nuestro análisis pone de manifiesto que existe un margen amplio para optimizar la utilización de los recursos y revela qué servicios de extinción de incendios desempeñan una mejor gestión de los factores productivos disponibles.

Palabras clave: eficiencia técnica, modelos de frontera, sector público local.

El análisis de la eficiencia en la producción de bienes y servicios públicos ha sido un tema escasamente abordado hasta fechas muy recientes, tanto en la literatura sobre economía pública como en los estudios aplicados a la realidad española. En el primer caso han predominado las investigaciones de carácter normativo acerca de la naturaleza y cantidad de los bienes a suministrar y en el segundo, un enfoque macroeconómico que omite los problemas de gestión de los servicios prestados por las Administraciones. El propósito de este artículo es justamente estudiar la eficiencia de la producción pública en España en un caso concreto: el de los servicios de protección contra incendios. Se acepta con frecuencia, y a priori, que el sector público se gestiona de forma ineficiente, sometido como está a las rigideces procedimentales propias de un sistema constitucional democrático, pero libre de los estímulos y sanciones que imponen los mercados competitivos a las organizaciones lucrativas. Sin embargo, la forma en que se administran los recursos públicos es susceptible de investigación económica si se adopta un enfoque microeconómico como el que se ofrece en este trabajo. La mejora de la gestión puede realizarse en todas las actividades, particularmente en los servicios que se prestan de forma directa a los ciudadanos,

(*) Los consejos y el estímulo permanente de Eduardo Bandrés, así como las sugerencias de dos evaluadores anónimos, me han ayudado a mejorar notablemente la versión final de este trabajo.

porque la identificación del output es más precisa que en los servicios de carácter general. Ejemplos de interés creciente en este sentido son los servicios locales que tienen autonomía de gestión, en el sentido de que gozan de independencia respecto de cualquier autoridad central en las decisiones de asignación de recursos.

La metodología para la medición de la eficiencia técnica consiste, esencialmente, en comparar entre sí el desempeño de diferentes unidades de producción, con objeto de conocer aquellas que operan con mayor economía de recursos. Para ello deben investigarse servicios homogéneos, es decir, que realizan idénticas actividades disponiendo de la misma tecnología. Por esta razón, el análisis individual de servicios como la policía local, la recogida y eliminación de residuos, el suministro de agua u otros, de manera similar al que aquí se desarrolla para los cuerpos de bomberos, permitirá investigar la eficiencia productiva de los municipios¹.

El peso económico de esta actividad en el conjunto del gasto público local en España es difícil de determinar, por cuanto las estadísticas que se publican en relación con las Corporaciones locales no presentan un grado de desagregación suficiente. Con la información disponible de los presupuestos de grandes ciudades españolas podemos afirmar que los servicios de protección contra incendios y de salvamento representan entre el 4% y el 6,5% de los gastos corrientes en servicios destinados al público². Si se contemplan únicamente los de personal, el peso económico de los cuerpos de bomberos es superior, variando entre el 7% y el 11,5%, lo que representa una cifra no desdeñable. Por otra parte, tomando el gasto por habitante aparecen también importantes disparidades en el gasto público local destinado a la protección contra incendios. Así por ejemplo, el Ayuntamiento de Barcelona presupuestó en 1990 gastos de personal para el servicio de bomberos por valor de 1.671 pesetas por habitante; el de Sevilla, 904; el de Valladolid, 1.035; y el de Zaragoza, 1.822³. Estas cifras pueden reflejar diferencias en las preferencias de los ciudadanos, pero sin duda revelan también modos alternativos de gestionar la protección contra riesgos naturales.

En consecuencia este trabajo pretende, en primer término, contribuir a un todavía insuficiente tratamiento microeconómico de los problemas del gasto público. En segundo lugar, aplicar a la misma muestra tres técnicas alternativas de medición de la eficiencia, algo que no es frecuente en la literatura y que permite realizar una comparación de los resultados de cada metodología. Por último, el propio servicio de protección contra incendios se investiga por vez primera en España desde una perspectiva económica⁴. Este análisis pone de manifiesto la

(1) En este sentido, en nuestro país únicamente se ha publicado el trabajo de Prior, Verges y Vilardell (1993) que incluye un estudio de la recogida de residuos sólidos urbanos en municipios de Cataluña.

(2) Los gastos de los servicios que los municipios prestan directamente al público se obtienen descontando del total los gastos correspondientes al grupo 1 de la clasificación funcional, servicios generales; los del grupo 9, transferencias; y los del grupo 0, deuda pública.

(3) Los datos se extrajeron de los presupuestos publicados por cada municipio citado.

(4) Si exceptuamos el artículo de López Casanovas (1981) que se refiere parcialmente a este servicio. En la literatura internacional podemos destacar, entre otros, los trabajos de Hirsch (1959), Ahlbrandt (1973), Getz (1979), Brueckner (1981), Kristensen (1983), Duncombe (1991, 1992), Duncombe y Yinger (1993) y Coombes y Charlton (1994).

existencia de un margen amplio para mejorar la utilización de los recursos en los servicios municipales de bomberos, e informa de qué ciudades desempeñan una mejor gestión de estas actividades.

Nuestra exploración de la eficiencia de los servicios de protección contra incendios se ordena en cuatro epígrafes con el objetivo de conocer el grado de eficiencia media de la muestra y de cada uno de los servicios estudiados. En el primero se describe someramente el concepto de eficiencia técnica que se investiga, las propiedades de las diferentes técnicas de medición disponibles y las características del servicio objeto de estudio. El segundo epígrafe contiene la aplicación de la metodología del análisis envolvente de datos (DEA) y el tercero, los métodos paramétricos, es decir, el modelo determinístico de frontera (MDF) y el modelo estocástico de frontera (MEF). Finalmente, el artículo concluye con el análisis de los resultados y su interpretación.

1. LA MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA EN LOS SERVICIOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS

1.1. *El concepto de eficiencia técnica*

Desde la perspectiva de los factores, el concepto de eficiencia técnica significa emplear la menor cantidad posible de inputs para obtener un volumen de producción dado⁵. En un modelo simplificado se considera una empresa que emplea dos factores productivos para obtener un único output. Si se conoce la función de producción eficiente, toda la información relevante puede expresarse en el mapa de curvas isocuantas, con lo que SS' , en el gráfico 1, expresa las diversas combinaciones de los dos inputs que una organización perfectamente eficiente emplearía para producir una unidad de output.

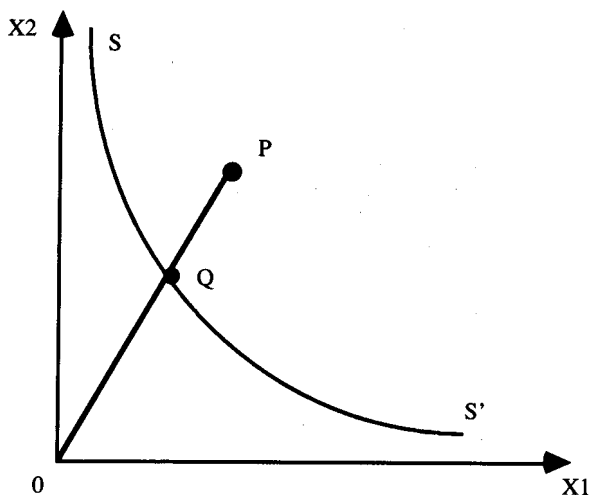
Supongamos que se sigue un comportamiento que permite producir una unidad de producto utilizando la combinación de ambos factores representada por el punto P. En estas circunstancias, una empresa que combinara los factores en la misma proporción que la definida por P, pero que fuera técnicamente eficiente, estaría situada en el punto Q. Tanto en P como en Q se obtiene la misma cantidad de producto, una unidad, pero en el segundo caso (un punto eficiente) se utiliza solamente una proporción OQ/OP de cada factor respecto de la situación en P. Se define entonces la medida radial de la eficiencia técnica de la empresa P como el cociente OQ/OP. Esta *ratio* toma el valor 1 cuando la empresa es perfectamente eficiente y valores cada vez más próximos a 0 conforme crecen las cantidades empleadas de inputs por unidad de output.

1.2. *Las técnicas de medición*

Siendo nuestro objetivo efectuar mediciones empíricas de la eficiencia técnica, debemos conocer la función de producción de referencia. Los métodos tradicionales de estimación, mediante el análisis de regresión, proporcionan el valor medio de la variable dependiente (output) en términos de las variables independientes (inputs). Para determinar el grado en el cual cada unidad productiva alcanza el máximo output con los menores inputs posibles, debe estimarse la "fron-

(5) La investigación empírica de la eficiencia productiva se inicia en Farrell (1957). Un tratamiento completo y riguroso de los distintos conceptos de eficiencia puede verse en Färe, Grosskopf y Lovell (1994).

Gráfico 1



tera de producción”, que recoge el máximo output a que dan lugar los inputs considerados según los elementos más eficientes de la muestra. Se ha elaborado una gran variedad de modelos de frontera, agrupados atendiendo al carácter paramétrico o no paramétrico de cada técnica, según que requiera la utilización de una forma funcional establecida previamente⁶. En los epígrafes siguientes de este trabajo, se aplica a los servicios de protección contra incendios y de salvamento una técnica no paramétrica, el análisis envolvente de datos, y dos técnicas paramétricas, los modelos determinístico y estocástico de frontera.

El primero no requiere suponer forma funcional alguna y permite la consideración de múltiples outputs e inputs, por lo que se revela particularmente adecuado para el caso de los servicios de protección contra incendios y de salvamento (SPIS). No obstante, resulta muy sensible a los errores de medida y a los *shocks* aleatorios porque opera con los datos extremos de la muestra, buscando la envolvente del conjunto de producción. Por esa razón, un error en la toma de información de un servicio puede convertir a otras unidades realmente eficientes en ineficientes, si la observación errónea sitúa a la unidad correspondiente sobre la frontera. Por otra parte, el método es enteramente matemático, obteniendo simplemente la *ratio* de los outputs respecto de los inputs especificados, dando por

(6) Los trabajos más interesantes que han sintetizado las principales técnicas para la estimación de fronteras de producción (o de costes) son, por orden cronológico, los de Forsund, Lovell y Schmidt (1980), Färe, Grosskopf y Lovell (1985), Schmidt (1986), Lovell y Schmidt (1987), Bänker et al. (1989), Barrow y Wagstaff (1989), Sengupta (1989), Bauer (1990), Seiford y Thrall (1990), López Casanovas y Wagstaff (1991), Ali y Seiford (1993) y Greene (1993).

supuesto que existe una relación causal⁷. Por último, DEA muestra cada unidad de la mejor manera posible, calculando las ponderaciones que producen el resultado más favorable y otorgando mayor peso a aquellos inputs o outputs para los que es mejor la unidad de gestión de que se trate⁸.

Sin embargo, los métodos econométricos que constituyen una alternativa al DEA presentan igualmente algunos inconvenientes. En primer término, para estimar las fronteras suponen una forma funcional arbitraria y toman, como punto de partida, los comportamientos medios que incluyen las unidades ineficientes. Además, ofrecen escasa información acerca de las fuentes de las ineficiencias detectadas y son también, aunque en menor grado, sensibles a las observaciones extremas. Por otra parte, los estudios que se han realizado para comparar las propiedades de los métodos matemáticos frente a los estadísticos no ofrecen resultados concluyentes respecto de la superioridad de unas u otras técnicas⁹.

Por estas razones, parece conveniente aplicar a la misma muestra tanto el análisis envolvente de datos como los métodos estadísticos, de carácter paramétrico, entre los que destacan los modelos determinístico y estocástico de frontera¹⁰. Las dos metodologías que aplicamos difieren en algunos aspectos esenciales, como la consideración de outputs múltiples o la necesidad de realizar supuestos restrictivos. Ello dificulta la comparación metodológica entre ambos enfoques, aunque alguna similitud puede hallarse en nuestros resultados, tal como se detalla en las conclusiones de este trabajo.

1.3. Los servicios de protección contra incendios y de salvamento

Una vez expuesto de forma intuitiva el concepto de eficiencia técnica que tratamos de medir y las propiedades de los métodos a aplicar, describimos a continuación las variables que se consideran relevantes para representar la actividad de los SPIS. De los datos disponibles sobre los cuerpos de bomberos en España se ha tomado una muestra, referida a 1991, compuesta por los servicios municipales de ciudades que son capitales de provincia o tienen más de 50.000 habitantes, de manera que las unidades investigadas presenten suficiente homogeneidad tanto en la forma de gestión, municipal y directa, como en la naturaleza de la actividad, servicios esencialmente urbanos¹¹.

(7) En efecto, se supone que existen al menos moderadas relaciones entre las variables incluidas en el análisis. Véase Seiford y Thrall (1990).

(8) Esto crea la posibilidad de encontrar una ratio de algún *input* respecto de algún *output* muy favorable pero muy poco apropiada. Por esta razón es muy importante seleccionar cuidadosamente las variables a incluir. Véase Levitt y Joyce (1987).

(9) Véase, por ejemplo, Banker, Conrad y Strauss (1986), Banker *et al.* (1987), Banker (1989), Gong y Sickles (1992).

(10) Las características de cada método aplicado se describen más adelante. En el caso de haber dispuesto de un panel de datos, los modelos paramétricos hubieran podido mejorarse, aunque igualmente realizando supuestos acerca del comportamiento de la ineficiencia. Véase por ejemplo, Lovell (1993).

(11) Para esta investigación se ha contado con una excelente base informativa a la que hemos tenido acceso gracias a la amabilidad de Pedro Gómez Marino, de la Dirección General de Protección Civil. Se trata de la encuesta sobre cuerpos de bomberos realizada por la Asociación Española de Lucha contra el Fuego (ASELF) por encargo de la mencionada Dirección General, con referencia al año 1991. Las ciudades de más de 50.000 habitantes o capitales de provincia que no aparecen en los resultados

El output que los municipios persiguen con la provisión de estos servicios es la protección de los individuos y los bienes frente a riesgos de origen principalmente natural. Ello se logra con el desarrollo de diversas actividades públicas, entre las que destacan las que llevan a cabo los cuerpos de bomberos, aunque no son las únicas. Por tanto, en la producción de protección se debe distinguir, por un lado, el producto final (la protección) que se obtiene de la combinación de varias actividades públicas (regulación de edificaciones, educación, actividades de los bomberos) y de factores del entorno (riesgos, sistemas de pre-respuesta, comportamiento individual, clima); y por otro lado, las mencionadas actividades públicas, una de las cuales constituye la producción propiamente dicha de los bomberos, compuesta básicamente de intervenciones e informes de prevención.

En esta investigación definimos cuatro variables que miden la actividad de los servicios de protección contra incendios y de salvamento:

Y_1 : número de informes de prevención

Y_2 : número de intervenciones en incendios

Y_3 : número de intervenciones en salvamentos

Y_4 : resto de intervenciones¹².

Las variables seleccionadas constituyen indicadores de la producción en términos de actividades cuya relación con el output final exige un breve comentario. Efectivamente, la relación entre las intervenciones de los bomberos y la protección frente a riesgos naturales no es clara. En el caso de los informes de prevención (Y_1), podemos pensar en principio que un mayor número de informes e inspecciones incrementa la eficacia de las medidas preventivas adoptadas por los agentes y, por tanto, contribuye a la producción de protección¹³. En cambio, las intervenciones operativas en incendios y salvamentos (Y_2 , Y_3 , Y_4) son susceptibles de una doble interpretación. Por un lado, cuanto mayor sea el número de siniestros declarados, mayor resulta el riesgo de que un ciudadano cualquiera se vea afectado y, por consiguiente, menor es la protección. Pero por otro lado, si los bomberos no son eficaces, especialmente en lo que se refiere al tiempo de llegada, para algunos siniestros de pequeña importancia no serán llamados, y se registrará un menor número de intervenciones. En tal caso, menos intervenciones no significa necesariamente más protección. Si, por ende, incorporamos el papel de los precios como mecanismo de regulación de la demanda, suponiendo igual protección, aquellas ciudades que apliquen a los servicios no estrictamente urgentes un precio (o tasa) elevado registrarán menos intervenciones de bomberos que las ciudades que presen gratuitamente todos los servicios.

En suma, la definición de los outputs indicados permite aislar el problema de gestión de la organización al que se enfrenta el servicio de extinción de incendios de cada ciudad. La actividad de los bomberos contribuye al objetivo de protección contra riesgos naturales, pero este producto final no está en su totalidad bajo el control de la jefatura del servicio, residiendo nuestro interés en la gestión interna de cada unidad de producción y en la existencia de posibles

posteriores prestan el servicio de protección contra incendios mediante organizaciones de ámbito superior al municipal, excepto algunas que no respondieron a la encuesta.

(12) Incluye el número de asistencias técnicas y de falsas alarmas.

(13) Aunque Swersey e Ignall (1975) señalan que no hay evidencia suficiente que sostenga esta hipótesis. Por el contrario, Duncombe y Yinger (1993) afirman que la mejora en los programas de prevención ha reducido la tasa de incendios en el Estado de Nueva York en el período 1981-86.

mejoras en la utilización de los recursos. Los problemas asociados con el output final —la protección— involucran un conjunto de variables no controlables, cuyo estudio, sin dejar de ser relevante, no se corresponde con nuestros fines.

Las variables definidas muestran la actividad que realiza un cuerpo de bomberos con los inputs que el municipio pone a su disposición. Por lo que se refiere a estos últimos, hemos agrupado bajo la rúbrica “mandos” (X_1), el total de oficiales, suboficiales y otros técnicos (sanitarios, arquitectos, ingenieros u otros), y con la denominación de “bomberos” (X_2) aparece todo el personal restante, bomberos, cabos, conductores, telefonistas y el personal administrativo no operativo. Respecto del equipamiento en vehículos, hemos denominado “vehículos especiales” (X_3) a la suma de los autobombas, autoescalas y autobrazos articulados. Bajo el nombre de “resto vehículos” (X_4) incluimos todos los demás, desde furgones y ambulancias hasta remolques y acuáticos. Por último, la variable “material” (X_5), algo más heterogénea, es la suma del material portátil de extinción, del material para agotamiento de agua y del material especial. La selección de tales variables recoge los principales factores productivos empleados y permite calcular a continuación, junto con los outputs definidos con anterioridad, la ineficiencia técnica de las 53 ciudades incluidas en la muestra.

2. EL ANÁLISIS ENVOLVENTE DE DATOS

Intuitivamente, el cociente entre el conjunto de outputs y el conjunto de inputs indica la productividad de una organización, y su comparación con la relación output/input de otras unidades proporciona una medida de la eficiencia relativa de cada una de ellas. Esta idea plantea dos problemas: cómo se ponderan, de un modo no arbitrario, los distintos outputs e inputs de cada unidad para que sean comparables entre sí, y cómo se realiza tal comparación. Para resolver el primero, se definen las “transformaciones virtuales”¹⁴ como las ponderaciones que el propio método de cálculo asigna a cada unidad de decisión, y que permiten obtener un valor del “output virtual” y del “input virtual”, colocando a cada unidad en la mejor posición posible respecto de las restantes. El cociente entre el output y el input virtuales expresará la eficiencia de las unidades de producción. El segundo problema se resuelve comparando cada unidad con las más eficientes de la muestra.

Para confrontar la relación que existe entre las combinaciones ponderadas de productos y factores de cada unidad productiva respecto de las demás, se debe resolver el siguiente problema, formulado originalmente por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), que equivale a buscar las ponderaciones $\bar{w}_r$ y v_i tales que la productividad de la unidad evaluada sea máxima, siempre que dichas ponderaciones sean aplicables a las restantes unidades:

$$\max g_0 = \frac{\sum_r^s \bar{w}_r y_{r0}}{\sum_i^m v_i x_{i0}}$$

(14) El término “virtual” se usa para distinguir las ponderaciones que constituyen un resultado del método DEA de cualesquiera otras ponderaciones arbitrarias.

sujeto a:

$$\frac{\sum_r^s \bar{\omega}_r y_{rj}}{\sum_i^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, \dots, n$$

$$\bar{\omega}_r \geq 0; \quad v_i \geq 0, \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m$$

La unidad evaluada se denota por el subíndice 0 y los outputs de cada unidad j por y_{rj} , siendo $\bar{\omega}_r$ su ponderación; x_{ij} representa la cantidad del input i empleada por cada unidad y v_i las ponderaciones correspondientes. Todo ello para n unidades de producción que obtienen s outputs empleando m inputs¹⁵. Este problema no lineal puede transformarse en otro lineal, más operativo¹⁶:

$$\text{Max } z_0 = \sum_r^s \mu_r y_{r0}$$

sujeto a:

$$\sum_i^m v_i x_{i0} = 1$$

$$\sum_r^s \mu_r u_{rj} - \sum_i^m v_i x_{ij} \leq 0; \quad j = 1, \dots, n$$

$$\mu_r \geq 0; \quad r = 1, \dots, s$$

$$v_i \geq 0; \quad i = 1, \dots, m$$

La resolución de este programa, para cada una de las unidades de producción investigadas, suministra una medida de su eficiencia técnica relativa, expresada en tanto por uno, suponiendo rendimientos de escala constantes. Si, como en este caso, se considera que los rendimientos son variables para cada unidad, bien sean crecientes, decrecientes o constantes, es suficiente con añadir a la función objetivo, y en las restricciones correspondientes a las unidades de referencia, una variable y^* sin restricción de signo. El valor de esta variable en la solución indica, si es positivo, que la unidad opera con rendimientos crecientes; si es negativo, que se tienen rendimientos decrecientes y si es nulo, que los rendimientos de escala son constantes¹⁷.

(15) Es común a todos los modelos del análisis envolvente de datos la necesidad de disponer de un número suficiente de observaciones en relación con el número de variables seleccionadas para el análisis, ya que conforme aumenta éste, la capacidad del método DEA para discriminar entre las unidades disminuye. Véase Banker *et al.* (1989), o Seiford y Thrall (1990). Pedraja y Salinas (1994) señalan que esta exigencia a menudo no se verifica en investigaciones empíricas. En este trabajo contamos con una proporción satisfactoria de 9 variables para 53 observaciones.

(16) Véase, por ejemplo, Seiford y Thrall (1990).

(17) Véase Banker, Charnes y Cooper (1984). Suponemos rendimientos variables porque ello permite calcular la eficiencia técnica pura que resulta de comparar cada unidad con las restantes que tienen una dimensión similar, evitando incluir la ineficiencia debida a una escala inadecuada. La literatura no es unánime respecto del supuesto apropiado para los SPIS: Hirsch (1959) estima una función de coste medio en forma de U, mientras Ahlbrandt (1973) halla un coste medio por habitante constante. Por su parte, Brueckner (1981) supone que los rendimientos técnicos de escala son constantes. Para un tratamiento específico de los rendimientos de escala en relación con los cuerpos de bomberos, véase Duncombe y Yinger (1993).

En el caso que nos ocupa, tenemos 53 unidades de producción para las que hemos definido cuatro outputs (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) y cinco inputs (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5). Para aplicar el modelo que se acaba de describir debe tenerse en cuenta la distinta naturaleza del producto Y_1 : informes de prevención. En efecto, consideremos el volumen de recursos que consume la actividad de prevención frente a las restantes. La intervención en un incendio o un salvamento moviliza, como mínimo una unidad de intervención, compuesta por un vehículo y entre dos y seis hombres¹⁸. En cambio, la inspección de un edificio o un establecimiento puede realizarse por parte de un empleado, aunque probablemente más cualificado y con el apoyo de cierto trabajo administrativo. Por estas razones, siguiendo la metodología de las regiones de confianza propuesta por Thompson *et al.* (1990), introducimos en el problema anterior tres restricciones adicionales que aseguran que la ponderación otorgada al output Y_1 no supere el 20% de la asignada a cualquiera de los tres outputs principales. Se trata de un límite arbitrario apoyado en los menores requerimientos de factores productivos que exigen los informes de prevención, pero que permite evitar que un servicio alcance la máxima eficiencia merced a una ponderación excesiva del output Y_1 ¹⁹.

Los resultados de la resolución del problema para las 53 unidades aparecen en el cuadro 1, reflejando una eficiencia media del 82,91%, que significa que el conjunto de los servicios de protección contra incendios y de salvamento puede reducir de forma equiproporcional los inputs que emplea en más del 17%, manteniendo el mismo volumen de actividad. Hemos determinado, por tanto, el grado de eficiencia técnica del servicio de extinción de incendios de cada ciudad, y si opera con rendimientos de escala crecientes, constantes o decrecientes. Como puede observarse, aparecen 20 ciudades con eficiencia del 100% entre las que es posible establecer una distinción con objeto de clasificarlas de mayor a menor eficiencia técnica. Para ello, siguiendo a Sexton *et al.* (1986), se calculan las eficiencias cruzadas, esto es, el grado de eficiencia que cada unidad alcanzaría con las ponderaciones de las restantes unidades eficientes. Cuando las eficiencias cruzadas difieren de 1, la unidad en cuestión está utilizando una ponderación distinta de la que aplican las demás y puede considerarse como menos eficiente. Por tanto, cuanto menor sea la desviación respecto de 1 —la eficiencia máxima—, mayor es la eficiencia de una unidad en comparación con las demás eficientes. Por tanto, las ciudades con un resultado del 100% pueden ordenarse entre sí tal como refleja el cuadro 2, atendiendo al momento de segundo orden respecto de 1 calculado para las 20 eficiencias cruzadas que corresponden a cada servicio.

En síntesis, hemos aplicado la metodología del análisis envolvente de datos para obtener el grado de eficiencia técnica de cada servicio de protección contra incendios y de salvamento, así como de la muestra en su conjunto. Nótese que dicho cálculo se ha realizado permitiendo cualquier tipo de rendimientos de escala,

(18) Una unidad normal de intervención está formada por una escuadra (6 hombres) y un vehículo (habitualmente de incendios); una unidad reducida cuenta con cuatro hombres y un vehículo de incendios; una unidad especial con tres hombres y un vehículo especial y una unidad mínima consta de dos hombres y un vehículo. Cada salida exige un número de unidades de intervención variable. Véase Dirección General de Protección Civil (1988), págs. 100-103.

(19) Solamente tres unidades, los SPIS de Madrid, San Sebastián y Zaragoza dejan de ser eficientes al 100% cuando se impone dicha restricción. La mayoría de las unidades eficientes siguen siéndolo, aunque se altera la ponderación concedida a Y_1 . Si en lugar de fijar el 20% se aplica el 10%, sólo una unidad más, la de Marbella, deja de ser eficiente.

Cuadro 1: EFICIENCIA TÉCNICA SEGÚN DEA

Ciudades	Eficiencia	Rendimientos
ALBACETE	0,6330	crecientes
ALMERÍA	0,8936	decrecientes
ÁVILA	0,6492	crecientes
AVILÉS	1	constantes
BADAJOS	1	constantes
BARCELONA	1	constantes
BILBAO	1	constantes
BURGOS	0,8773	decrecientes
CASTELLÓN DE LA PLANA	0,7002	crecientes
CEUTA	0,5703	decrecientes
CÓRDOBA	0,5928	decrecientes
CORUÑA (LA)	0,3809	crecientes
FUENLABRADA	1	constantes
GETAFE	1	constantes
GIJÓN	0,9834	decrecientes
GUADALAJARA	1	constantes
HUELVA	0,7709	decrecientes
HUESCA	0,9209	crecientes
JAEN	0,8824	decrecientes
LANGREO	1	crecientes
LAS PALMAS (G.C.)	1	constantes
LEGANÉS	1	constantes
LEÓN	0,3949	crecientes
LINARES	0,6499	crecientes
LOGROÑO	0,6975	crecientes
LUGO	0,6711	crecientes
MADRID	0,9695	decrecientes
MÁLAGA	0,7986	decrecientes
MARBELLA	1	constantes
MELILLA	0,6087	crecientes
MÓSTOLES	0,8714	crecientes
ORENSE	1	constantes
OVIEDO	1	constantes
PALENCIA	0,6184	crecientes
PONTEVEDRA	1	constantes
SALAMANCA	0,5820	crecientes
SAN SEBASTIÁN	0,8624	decrecientes
SANTA CRUZ DE TENERIFE	0,3123	crecientes
SANTANDER	1	constantes
SANTIAGO DE COMPOSTELA	0,6000	crecientes
SEGOVIA	0,8162	crecientes
SEVILLA	0,7523	decrecientes
SORIA	0,8461	crecientes
TALAVERA DE LA REINA	1	constantes
TOLEDO	0,8301	decrecientes
TORREJÓN DE ARDOZ	0,8009	crecientes
TORRELAVEGA	1	constantes
VALENCIA	1	decrecientes
VALLADOLID	0,8021	decrecientes
VIGO	1	constantes
VITORIA	1	constantes
ZAMORA	0,7291	crecientes
ZARAGOZA	0,8732	decrecientes
Eficiencia media	0,8291	

Fuente: Elaboración propia.

por lo que el resultado es la ineficiencia técnica pura, es decir, la que existe independientemente de la escala operativa. Una explotación más amplia de los resultados de esta metodología permitiría investigar la ineficiencia de escala y las reducciones no radiales que cada unidad puede realizar en algún factor de producción, además de la ineficiencia que hemos calculado²⁰.

Cuadro 2: ORDENACIÓN SEGÚN LAS EFICIENCIAS CRUZADAS

Ciudades	M ₂
GETAFE	0,0591
MARBELLA	0,0862
SANTANDER	0,0863
BARCELONA	0,1252
OVIEDO	0,1321
TORRELAVEGA	0,1368
VALENCIA	0,1414
GUADALAJARA	0,1474
LEGANÉS	0,1614
VITORIA	0,1785
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	0,1998
FUENLABRADA	0,2898
VIGO	0,2948
BADAJOS	0,3122
BILBAO	0,3771
LANGREO	0,3821
TALAVERA DE LA REINA	0,4330
ORENSE	0,4778
PONTEVEDRA	0,5762
AVILÉS	0,6913

M₂: momento de segundo orden respecto de 1.

Fuente: Elaboración propia.

3. LOS MÉTODOS PARAMÉTRICOS

3.1. *El modelo determinístico de frontera*

Por lo que se refiere a las técnicas paramétricas, cuando se cuenta con datos de corte transversal puede formularse un modelo determinístico para la estimación de la frontera de producción. Fue el propio Farrell (1957) quien sugirió calcular una envolvente paramétrica de las *ratio* input-output observadas. Transcurrida más

(20) Una cuestión de especial interés en el caso de los SPIS son las economías de alcance, cuya existencia es probable dado que los outputs que se han definido comparten inputs (esencialmente el personal), incluso en el caso de la prevención, que se realiza con inspecciones de bomberos y mandos durante el tiempo de espera. Sin embargo, el aspecto de mayor relevancia en este sentido sería investigar si la actividad de los SPIS presenta economías de alcance en la producción conjunta con otros servicios como la policía local o las ambulancias, por ejemplo. La literatura existente parece apoyar esta hipótesis [Véase Kristensen (1983) o Grosskopf y Yaisawarng (1990)].

de una década, Aigner y Chu (1968) retoman aquella propuesta y especifican una frontera de producción de tipo Cobb-Douglas homogénea, exigiendo que las observaciones estén situadas en la misma función o por debajo. Su modelo puede escribirse como:

$$y = f(x) e^{\varepsilon} \quad \varepsilon \leq 0,$$

donde ε obliga a que se verifique $y \leq f(x)$, o bien,

$$\ln y = \ln f(x) + \varepsilon \quad \varepsilon \leq 0,$$

La eficiencia técnica de cada observación viene medida por el término ε , cuyos valores no positivos aseguran que la función calculada sea una frontera superior para los datos. Es decir, que las diferencias en el volumen de output entre las empresas observadas sitúan a éstas en un solo lado, por debajo, de la función de producción de frontera.

El método apropiado para la estimación de este modelo determinístico de frontera (MDF) es el de los mínimos cuadrados ordinarios corregidos (MCOC)²¹, que consiste en la aplicación de mínimos cuadrados ordinarios a una determinada forma funcional de la frontera de producción, por ejemplo Cobb-Douglas:

$$\ln y = (\beta_0 + \mu) + \sum \beta_i \ln x_i + (\varepsilon - \mu)$$

donde, siendo μ la media de ε , el término de error $(\varepsilon - \mu)$ tiene media 0. Este método proporciona estimadores consistentes e insesgados para todos los parámetros excepto para el término $\alpha_0 = (\beta_0 + \mu)$. Por esta razón, es necesario "corregir" la estimación, desplazando el término independiente hasta que todos los residuos tengan signo negativo o nulo²².

Con la metodología expuesta puede obtenerse una nueva estimación de la ineficiencia media del conjunto de los servicios de protección contra incendios y calcular para cada uno de ellos su grado de ineficiencia técnica. La función de producción que debe estimarse es de la forma:

$$Y = f(X_i)$$

donde Y representa el output y X_i el vector de inputs. Las diferencias con el análisis envolvente de datos aparecen en la elección de la forma funcional y en la medición del output, mientras los inputs X_i son idénticos a los descritos al principio de este epígrafe. Se ha especificado una forma funcional de tipo Cobb-Douglas ante la imposibilidad de estimar en este caso una forma más flexible, como por ejemplo la translogarítmica²³.

En lo que respecta al output, la función de producción requiere que aquél se mida por una única variable, aunque con anterioridad distinguíamos cuatro

(21) Aunque también puede realizarse por máxima verosimilitud, reservamos esta metodología para la estimación del modelo estocástico.

(22) Véase Lovell y Schmidt (1987). Una vía alternativa, dado que se requiere obtener estimadores de β_0 y de μ , es estimar μ a partir del momento de segundo orden de la distribución de los residuos. La corrección de los resultados MCO consiste en este caso en restarlo de α_0^* , con lo que se obtiene una estimación insesgada de β_0 .

(23) López Casanovas y Wagstaff (1988) explican las dificultades que ello comporta en las organizaciones públicas, teniendo en cuenta, además, que no disponemos de información acerca del precio de los factores.

tipos de productos, por lo que es necesario agregar los indicadores que miden la producción de los servicios de bomberos. Tres de las cuatro variables son de naturaleza similar, dado que representan distintos tipos de intervenciones; en cambio, los informes de prevención revelan una actividad difícilmente comparable con las restantes y la excluimos ahora de nuestro análisis²⁴. Por esta razón, sumamos todas las intervenciones en una única variable, considerando como producto de los cuerpos de bomberos el número total de intervenciones:

$$Y = Y_2 + Y_3 + Y_4$$

Una última precisión, previa al análisis que a continuación se desarrolla, concierne a la conveniencia de estimar la función de producción en el caso que nos ocupa. Es obvio que el output de los SPIS no es una variable bajo control de la gerencia, sino que el número de intervenciones a realizar se considera como un dato exógeno desde la perspectiva interna del servicio. Por su parte, las cantidades de inputs a emplear sí responden a decisiones de gestión y tienen, por tanto, carácter endógeno. Estamos por consiguiente ante un servicio cuyo objetivo de gestión consiste en minimizar las cantidades empleadas de inputs para obtener un output dado. Las ineficiencias en dicho comportamiento se captarían de modo más adecuado estimando la frontera de costes, y derivando a partir de ella los parámetros relevantes de la tecnología²⁵. No contamos con información acerca del precio de los inputs, lo que impide la estimación de la frontera de costes, por lo que el estudio se limita a la función de producción de frontera. Es frecuente en la literatura que se estimen funciones de producción para servicios públicos como hospitales, en los que el output se mide por el número de casos, centros de enseñanza con el número de alumnos como indicador de la actividad, servicios postales que producen envíos u otros en los que, de igual modo, la cantidad producida es exógena al problema.

La frontera determinística se obtiene estimando la función Cobb-Douglas por mínimos cuadrados ordinarios pero imponiendo la restricción de que los residuos sean no positivos. La corrección se efectúa sumando al término independiente el valor del residuo más alto.

Una vez conocida la frontera de producción determinística que recoge el cuadro 3, la medición de la eficiencia técnica de cada unidad productiva es inmediata: el valor del residuo, para cada observación, mide el grado en el que la organización correspondiente alcanza el output máximo que le permite la combinación de inputs que utiliza. En el cuadro 4 se presentan, para cada ciudad, el residuo mínimo cuadrático (u_i MCO), el residuo corregido (u_i MCOC) y el grado de eficiencia en tanto por uno. La ciudad de Guadalajara es la que se considera como eficiente al 100%, mientras la eficiencia media resulta del 49,91%, lo que significa que el volumen de producción de los cuerpos de bomberos alcanza casi la mitad del que puede obtenerse con la actual dotación de factores.

Con el modelo determinístico de frontera hemos detectado un nivel medio de eficiencia ligeramente inferior al 50% del output alcanzable en el conjunto de las ciudades. Ello debe interpretarse en el sentido de que, por término medio,

(24) En el análisis envolvente de datos la incluimos como un producto más, aunque restringiendo su ponderación para no desequilibrar en exceso los diferentes outputs. En esta ocasión, su distinta naturaleza aconseja no incluirla en el output agregado.

(25) Véase Schmidt y Lovell (1979).

Cuadro 3: LA FRONTERA DETERMINÍSTICA

Variable	Parámetro	Coef. estimado	Estadístico t
Constante	β_0	5,1017	
Mandos	β_1	0,0874	0,8365
Bomberos	β_2	0,4115	1,6977**
Vehículos especiales	β_3	0,1967	0,7141
Resto vehículos	β_4	0,2819	2,9966*
Material	β_5	-0,0441	-0,2819
R ² ajustado: 0,7343		F=29,74	G-Q = 0,745

(*) Significativo al 0,01

(**) Significativo al 0,1

podría doblarse el número de intervenciones de los bomberos, en el conjunto de ciudades, si todos ellos se organizaran como los más eficientes, esto es, los de Guadalajara, Barcelona, Santander y Leganés. La metodología que hemos aplicado en este caso no permite profundizar en el efecto de los fenómenos aleatorios, aspecto que abordamos en el apartado siguiente dedicado al modelo estocástico de frontera.

3.2. El modelo estocástico de frontera

Una crítica que recibe de forma unánime el modelo determinístico de frontera es que no distingue entre la ineficiencia y los ruidos estadísticos o *shocks* aleatorios. Es decir, en una función de producción estimada, toda la variación del término de error se atribuye a la ineficiencia técnica, cuando puede deberse a otras razones fuera del control de la unidad considerada como los posibles errores de medida en las observaciones de la variable dependiente o una especificación incompleta de la ecuación debida a la omisión de variables. Con el fin de superar esta importante dificultad, se formula el modelo estocástico de frontera (MEF) que describimos a continuación. La idea básica del modelo estocástico es que el término de error se compone de dos partes: un componente simétrico, que recoge las variaciones aleatorias de la frontera, capturando el ruido estadístico y los *shocks* aleatorios fuera del control de la unidad productiva, y un segundo componente, no positivo, que mide los efectos de la ineficiencia en relación con la frontera estocástica.

Se trata, por tanto, de estimar una función de producción del tipo:

$$\ln y = \ln f(x) + (v + u)$$

donde $(v + u)$ es la perturbación aleatoria, siendo v simétrico para recoger los ruidos estadísticos y *shocks* aleatorios. En cambio, $u \leq 0$ debe ser no positivo y su estimación reflejará la ineficiencia.

Así pues, el modelo estocástico de frontera puede descomponerse del siguiente modo: en primer lugar, el núcleo determinístico de la frontera de produc-

Cuadro 4: EFICIENCIA TÉCNICA SEGÚN MDF

Ciudades	Ui MCO	Ui MCOC	Eficiencia
ALBACETE	-0,1275	-0,9316	0,3939
ALMERÍA	-0,0495	-0,8536	0,4259
ÁVILA	-0,2737	-1,0778	0,3403
AVILÉS	0,2217	-0,5824	0,5586
BADAJOS	0,3908	-0,4133	0,6615
BARCELONA	0,8017	-0,0024	0,9976
BILBAO	0,1535	-0,6506	0,5217
BURGOS	0,1684	-0,6357	0,5296
CASTELLÓN DE LA PLANA	0,2641	-0,5400	0,5827
CEUTA	-0,5742	-1,3783	0,2520
CÓRDOBA	-0,2324	-1,0365	0,3547
CORUÑA (LA)	-1,3985	-2,2026	0,1105
FUENLABRADA	0,6288	-0,1753	0,8392
GETAFE	0,5236	-0,2805	0,7554
GIJÓN	0,1425	-0,6616	0,5160
GUADALAJARA	0,8041	0	1,0000
HUELVA	0,0326	-0,7715	0,4623
HUESCA	-0,3598	-1,1639	0,3123
JAEN	0,0118	-0,7923	0,4528
LANGREO	0,4295	-0,3746	0,6876
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	0,2600	-0,5441	0,5804
LEGANÉS	0,6998	-0,1043	0,9010
LEÓN	-0,8575	-1,6616	0,1898
LINARES	-0,4071	-1,2112	0,2978
LOGROÑO	0,0195	-0,7846	0,4563
LUGO	-1,2861	-2,0902	0,1237
MADRID	0,2129	-0,5912	0,5537
MÁLAGA	-0,2202	-1,0243	0,3590
MARBELLA	0,2721	-0,5320	0,5874
MELILLA	-0,5931	-1,3972	0,2473
MÓSTOLES	0,2144	-0,5897	0,5545
ORENSE	0,0843	-0,7198	0,4868
OVIEDO	0,4734	-0,3307	0,7184
PALENCIA	-0,1988	-1,0029	0,3668
PONTEVEDRA	0,1274	-0,6767	0,5083
SALAMANCA	-0,4471	-1,2512	0,2862
SAN SEBASTIÁN	0,1489	-0,6552	0,5193
SANTA CRUZ DE TENERIFE	-1,0650	-1,8691	0,1543
SANTANDER	0,7397	-0,0644	0,9376
SANTIAGO DE COMPOSTELA	-0,8683	-1,6724	0,1878
SEGOVIA	0,2476	-0,5565	0,5732
SEVILLA	-0,2911	-1,0952	0,3345
SORIA	-0,1254	-0,9295	0,3948
TALAVERA DE LA REINA	0,3332	-0,4709	0,6244
TOLEDO	0,1055	-0,6986	0,4973
TORREJÓN DE ARDOZ	-0,4231	-1,2272	0,2931
TORRELAVEGA	0,5125	-0,2916	0,7471
VALENCIA	0,3426	-0,4615	0,6303
VALLADOLID	-0,2781	-1,0822	0,3388
VIGO	0,4718	-0,3323	0,7173
VITORIA	0,5136	-0,2905	0,7479
ZAMORA	-0,2507	-1,0548	0,3483
ZARAGOZA	-0,0252	-0,8293	0,4364
Eficiencia media			0,4991

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5: LA FRONTERA ESTOCÁSTICA

Variable	Parámetro	Coef. estimado	Estadístico t
Constante	β_0	4,8493	7,71*
Mandos	β_1	0,0969	0,74
Bomberos	β_2	0,5077	1,89**
Vehículos especiales	β_3	0,2285	0,78
Resto vehículos	β_4	0,2166	1,86**
Material	β_5	-0,1137	-0,64
λ		4,1637	1,39
σ_v^2		0,7466	
σ_u^2		0,0431	
σ^2		0,7897	7,33*
$[(\pi - 2)/\pi] \sigma_u^2 / V(\varepsilon)$		0,9082	

(*) Significativo al 0,01

(**) Significativo al 0,1

donde $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$ y $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$.

Fuente: Elaboración propia

ción, $f(x)$, que es común a todas las unidades y en segundo lugar, el componente aleatorio v , que varía para cada unidad. Es decir, en cada organización, la posición de la frontera de producción será diferente en función del valor que para cada una adopte la variable aleatoria v . La ineficiencia se estima, finalmente, a través de la variable u y se mide respecto de la frontera estocástica $f(x) + v$.

Como es habitual en cualquier estimación econométrica, puede suponerse que v se distribuye normalmente. Dado que el término de ineficiencia representa siempre una reducción en el output, de modo que $u \leq 0$, el error global $e = (v + u)$ tendrá necesariamente una distribución sesgada, con media no nula. De nuevo, este modelo puede estimarse por MCO corregidos, como anteriormente, o por máxima verosimilitud, tal como se hace a continuación.

Siguiendo el método propuesto por Aigner, Lovell y Schmidt (1977), para distinguir los efectos de la ineficiencia de los fenómenos puramente aleatorios, debe determinarse qué parte de la variación de los residuos se explica por la ineficiencia técnica o por fenómenos aleatorios. Si suponemos que u responde a una distribución semi-normal²⁶, la frontera estocástica se estima por máxima verosimilitud con los resultados que se muestran en el cuadro 5. La información de mayor interés que proporciona este modelo es la estimación de las varianzas

(26) Este es el supuesto más usual en los trabajos empíricos, aunque también se utiliza a veces una distribución exponencial o una gamma para u . Véase Aigner, Lovell y Schmidt (1977) o Meeusen y Van den Broeck (1977). Igualmente se supone la independencia de las perturbaciones entre sí. Hemos procesado los datos con el programa LIMDEP tal como recomienda Greene (1993).

Cuadro 6: LA EFICIENCIA SEGÚN MEF

Ciudad	Eficiencia
ALBACETE	0,5229
ALMERÍA	0,5667
AVILA	0,4503
AVILÉS	0,6413
BADAJOS	0,8307
BARCELONA	0,9043
BILBAO	0,6723
BURGOS	0,6435
CASTELLÓN DE LA PLANA	0,7162
CEUTA	0,3572
CÓRDOBA	0,4575
CORUÑA (LA)	0,1426
FUENLABRADA	0,8476
GETAFE	0,8277
GIJÓN	0,6377
GUADALAJARA	0,9126
HUELVA	0,6174
HUESCA	0,4098
JAÉN	0,5204
LANGREO	0,8231
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	0,7344
LEGANES	0,8906
LEÓN	0,2472
LINARES	0,3574
LOGROÑO	0,6018
LUGO	0,1532
MADRID	0,6557
MÁLAGA	0,4829
MARBELLA	0,6878
MELILLA	0,3126
MÓSTOLES	0,6828
ORENSE	0,4590
OVIEDO	0,8284
PALENCIA	0,4855
PONTEVEDRA	0,6618
SALAMANCA	0,3601
SAN SEBASTIÁN	0,6660
SANTA CRUZ DE TENERIFE	0,2098
SANTANDER	0,8833
SANTIAGO DE COMPOSTELA	0,2290
SEGOVIA	0,7066
SEVILLA	0,4397
SORIA	0,4969
TALAVERA DE LA REINA	0,7445
TOLEDO	0,6419
TORREJÓN DE ARDOZ	0,4465
TORRELAVEGA	0,8181
VALENCIA	0,7350
VALLADOLID	0,4059
VIGO	0,8228
VITORIA	0,8390
ZAMORA	0,4732
ZARAGOZA	0,5768
Eficiencia media	0,5894

Fuente: Elaboración propia

correspondientes a los términos de error. Nuestros cálculos revelan que el peso de la ineficiencia técnica en la varianza total de los residuos alcanza el 90,82%. El resto de la variación de los residuos -el 9,18%-debe atribuirse por entero a las consecuencias de fenómenos aleatorios.

Para medir la eficiencia técnica de cada unidad necesitamos conocer el valor de u . Sin embargo, este modelo no proporciona más que una estimación de la media de la variable u y un residuo ($v + u$) para cada observación. No es posible, por tanto, estimar la ineficiencia técnica (u) para cada unidad de producción, separándola de la parte aleatoria (v). No obstante, una aproximación al concepto que nos interesa se obtiene calculando la esperanza matemática condicionada $E(u_i/v_i+u_i)$, a pesar de que no es un estimador consistente de u_i ²⁷, permitiendo así determinar la eficiencia de cada servicio que se ofrece en el cuadro 6. El grado de eficiencia media de la muestra -58,94%- es superior al del MDF, como era de esperar, dado que ahora se excluye el efecto de los fenómenos aleatorios, aislando la ineficiencia técnica.

4. CONCLUSIÓN

Nos proponíamos en este trabajo investigar la eficiencia técnica de los servicios de protección contra incendios y de salvamento, con el fin de poner de manifiesto el margen existente para mejorar la gestión interna de este servicio. Los tres métodos que se han utilizado ofrecen resultados dispares, tanto en lo que se refiere a la muestra en su conjunto como a los servicios individualmente considerados. Estas diferencias se deben a la distinta naturaleza de cada uno de los métodos expuestos y, fundamentalmente, a que el primero de ellos (DEA) contempla múltiples outputs mientras los otros dos (MDF y MEF) se han estimado considerando un output único. Además, el DEA calcula la eficiencia técnica pura, mientras los modelos paramétricos no descuentan la ineficiencia que genera una escala inadecuada. Por último, el método DEA, tal como se ha planteado, indica la reducción proporcional en los inputs que es factible realizar para un volumen de producción dado; en cambio, las dos técnicas paramétricas informan del incremento posible en el output con las cantidades actuales de inputs.

No obstante, a pesar de tratarse de enfoques distintos, las tres técnicas evalúan la eficiencia de cada unidad en términos relativos respecto de las restantes incluidas en la muestra, por lo que la posición que cada una ocupe en una ordenación de mayor a menor es un indicador de su nivel de eficiencia relativa. Si todos los métodos generan una clasificación similar, los resultados obtenidos se reforzarán mutuamente. Para comprobar el grado de similitud en la ordenación de los servicios que cada alternativa proporciona, hemos calculado el coeficiente de correlación de rangos de Spearman. En el cuadro 7 presentamos la posición de cada servicio según el resultado de los tres métodos y en el cuadro 8 se ofrece el cálculo del coeficiente aludido, revelando que las ordenaciones obtenidas son muy similares por cuanto, en las tres comparaciones posibles, el coeficiente de Spearman aparece notablemente próximo a la unidad. En consecuencia, cualquiera de las ordenaciones a que dan lugar las tres técnicas aplicadas en este trabajo indican al gerente de cada cuerpo de bomberos su posición relativa, en términos

(27) Tal como proponen Jondrow *et al.* (1982).

Cuadro 7: ORDENACIÓN DE LOS SPIS SEGÚN SU GRADO DE EFICIENCIA

CIUDADES	N.º orden DEA	N.º orden MDF	N.º orden MEF
ALBACETE	44	35	32
ALMERÍA	24	33	31
ÁVILA	43	40	40
AVILÉS	20	19	26
BADAJOS	14	12	7
BARCELONA	4	2	2
BILBAO	15	23	20
BURGOS	26	22	24
CASTELLÓN DE LA PLANA	39	16	16
CEUTA	50	47	47
CÓRDOBA	48	38	39
CORUÑA (LA)	52	53	53
FUENLABRADA	12	5	5
GETAFE	1	6	9
GIJÓN	21	25	27
GUADALAJARA	8	1	1
HUELVA	36	29	28
HUESCA	23	43	43
JAÉN	25	31	33
LANGREO	16	11	10
LAS PALMAS DE GRAN CANARIA	11	17	15
LEGANÉS	9	4	3
LEÓN	51	49	49
LINARES	42	44	46
LOGROÑO	40	30	29
LUGO	41	52	52
MADRID	22	21	23
MÁLAGA	35	37	37
MARBELLA	2	15	18
MELILLA	46	48	48
MÓSTOLES	28	20	19
ORENSE	18	28	38
OVIEDO	5	9	8
PALENCIA	45	36	35
PONTEVEDRA	19	26	22
SALAMANCA	49	46	45
SAN SEBASTIÁN	29	24	21
SANTA CRUZ DE TENERIFE	53	51	51
SANTANDER	3	3	4
SANTIAGO DE COMPOSTELA	47	50	50
SEGOVIA	32	18	17
SEVILLA	37	42	42
SORIA	30	34	34
TALAVERA DE LA REINA	17	14	13
TOLEDO	31	27	25
TORREJÓN DE ARDOZ	34	45	41
TORRELAVEGA	6	8	12
VALENCIA	7	13	14
VALLADOLID	33	41	44
VIGO	13	10	11
VITORIA	10	7	6
ZAMORA	38	39	37
ZARAGOZA	27	32	30

Fuente: Elaboración propia a partir de los cuadros 1, 4 y 6.

Cuadro 8: COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN

	DEA	MDF	MEF
DEA	—	0,8829	0,8559
MDF	—	—	0,9866

Fuente: Elaboración propia a partir del cuadro 7.

de eficiencia técnica, respecto de los servicios que en otras ciudades realizan idéntica actividad.

Una ampliación y mejora del trabajo presentado se obtendría con el estudio individualizado de cada unidad de decisión, investigando caso por caso las circunstancias que determinan su nivel de eficiencia sobre la base de la información que proporciona el análisis envolvente de datos. Debe tenerse en cuenta, por otra parte, que la ineficiencia detectada se traduce básicamente en un exceso de personal y equipamiento respecto de la actividad normalmente previsible para cada servicio. Una explicación sencilla de este fenómeno puede provenir de la voluntad de los ciudadanos de disponer de un servicio sobredimensionado, capaz de intervenir en cualquier circunstancia por improbable que resulte. En definitiva, quizá los votantes, debido por ejemplo a una historia local de graves catástrofes o a una especial inclinación por la protección, demanden un exceso de capacidad de su cuerpo de bomberos. En este caso, la ineficiencia técnica detectada en nuestro análisis no sería tal, sino que el municipio estaría produciendo un output, que podríamos denominar sobreprotección, deseado por los consumidores y que no hemos considerado en nuestros cálculos. Para analizar esta situación deberían conocerse las preferencias de los ciudadanos por este bien y otros alternativos, y confirmar que existe una relación positiva entre una mayor protección contra riesgos naturales y el exceso de equipamiento y personal. Sin embargo creemos que, salvo circunstancias muy peculiares, la ineficiencia que hemos calculado tiene carácter técnico, esto es, refleja que las unidades afectadas pueden prestar el mismo servicio con menos recursos. Además, es probable que ello sea desconocido por los ciudadanos, por los políticos que rigen cada ciudad e incluso por los propios gerentes. Recuérdese que se adoptó una perspectiva esencialmente interna a la organización para la definición de las variables a incluir en el análisis, lo que determina la interpretación de los resultados: los servicios ineficientes disponen de un exceso de personal, vehículos y material para las actividades que realizan, esto es, la gestión de tales factores no es técnicamente la mejor posible, en comparación con la que realizan los servicios juzgados como eficientes.

Los resultados presentados en este artículo son útiles tanto para el responsable de la gestión de cada servicio como para el municipio que lo financia. En efecto, los responsables políticos conocen ahora el grado en que el servicio que sostienen es eficiente, y si no lo es, podrán adoptar decisiones mejor informadas. Dichas decisiones podrían consistir en la integración con otros servicios geográficamente próximos, la ampliación del área y de la población cubierta — incrementando así el número de los que contribuyen a la financiación—, la descen-

tralización de la gestión en áreas más reducidas, la prestación de otros servicios para explotar al máximo los recursos disponibles, o el mantenimiento de la ineficiencia si, como se ha señalado, ésta se interpreta como una mayor protección deseada por los ciudadanos. En síntesis, a pesar de que el grado de ineficiencia media no ha podido determinarse con certeza, debido a la discrepancia de las distintas técnicas aplicadas, se ha obtenido una información valiosa sobre el desempeño relativo de los cuerpos de bomberos municipales en España, mediante su ordenación por grado de eficiencia individual, que coincide de forma aproximada en los tres métodos. Ello ha permitido detectar, como pretendíamos, los servicios que actúan con eficiencia técnica y los que no lo hacen.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahlbrandt, R. J. (1973): "Efficiency in the provision of fire services", *Public Choice*, n.º 16, págs. 1-15.
- Aigner, D. J. y S. F. Chu (1968): "On estimating the industry production function", *American Economic Review*, n.º 58, págs. 226-239.
- Aigner, D., C. A. K. Lovell y P. Schmidt (1977): "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models", *Journal of Econometrics*, n.º 6, págs. 21-37.
- Ali, A. I. y Seiford, L. M. (1993): "The mathematical programming approach to efficiency analysis" en Fried, H.O., Lovell, C. A. K. y Schmidt, S. S. (eds.), *The measurement of productive efficiency. Techniques and applications*, págs. 120-159, New York, Oxford University Press.
- Banker, R. D. (1989): "Econometric estimation and data envelopment analysis", *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, n.º 5, págs. 231-243.
- Banker, R. D., A. Charnes y W. W. Cooper (1984): "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis", *Management Science*, n.º 30, págs. 1078-1092.
- Banker, R. D., A. Charnes, W. W. Cooper y A. Maindiratta (1987): "A comparison of DEA and translog estimates of production frontiers using simulated observations from a known technology.", Drogamaci, A. y R. Fare, (eds.), *Applications of modern production theory: efficiency and productivity*, Norwell, MA., Kluwer Academic Publishers.
- Banker, R. D., A. Charnes, W. W. Cooper, J. Swarts y D. A. Thomas (1989): "An introduction to data envelopment analysis with some of its models and their uses", *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, n.º 5, págs. 125-163.
- Banker, R. D., R. F. Conrad y R. P. Strauss (1986): "A comparative application of data envelopment analysis and translog methods: an illustrative study of hospital production", *Management Science*, vol. 32, n.º 1, págs. 30-44.
- Barrow, M. y A. Wagstaff (1989): "Efficiency measurement in the public sector: an appraisal", *Fiscal Studies*, vol. 10, n.º 1.
- Bauer, P. W. (1990): "Recent developments in the econometric estimation of frontiers", *Journal of Econometrics*, n.º 46, págs. 39-72.
- Brueckner, J. K. (1981): "Congested public goods: the case of fire protection", *Journal of Public Economics*, n.º 15, págs. 45-58.
- Charnes, A., W. W. Cooper y E. Rhodes (1978): "Measuring the efficiency of decision-making units", *European Journal of Operational Research*, n.º 2, págs. 429-444.
- Coombes, M. y M. Charlton (1994): "Population distribution as a factor in the costs of fire services" *Environment and Planning C: Government and Policy*, n.º 12, págs 53-70.
- Duncombe, W. D. (1991): "Demand for local public services revisited: the case of fire protection", *Public Finance Quarterly*, vol. 19, n.º 4, págs. 412-436.

- Duncombe, W. D. (1992): "Costs and factor substitution in the provision of local fire services", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 74, n.º 1, págs. 180-184.
- Duncombe, W. D. y J. Yinger (1993): "An analysis of returns to scale in public production, with an application to fire protection", *Journal of Public Economics*, n.º 52, págs. 49-72.
- Dirección General de Protección Civil (1988): *La función directiva en parques de bomberos*, Madrid, Dirección General de Protección Civil.
- Färe, R., S. Grosskopf y C. A. K. Lovell (1985): *The measurement of efficiency of production*, Kluwer Nijhoff Publishing.
- Färe, R., S. Grosskopf y C. A. K. Lovell (1994): *Production frontiers*, Cambridge University Press.
- Farrell, M. J. (1957): "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 120, n.º 3, págs. 253-281.
- Forsund, F. R., C. A. K. Lovell y P. Schmidt (1980): "A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement", *Journal of Econometrics*, n.º 13, págs. 5-25.
- Getz, M. (1979): *The economics of the urban fire department*, Baltimore, Md., Johns Hopkins.
- Gong, B. y R. C. Sickles (1992): "Finite sample evidence on the performance of stochastic frontiers and data envelopment analysis using panel data", *Journal of Econometrics*, n.º 51, págs. 259-284.
- Greene, W. H. (1993): "The econometric approach to efficiency analysis", en Fried, H.O., Lovell, C. A. K. y Schmidt, S. S. (eds.), *The measurement of productive efficiency. Techniques and applications*, págs. 68-119, New York, Oxford University Press.
- Grosskopf, S. y Yaisawarng, S. (1990): "Economies of scope in the provision of local public services", *National Tax Journal*, vol. 43, n.º 1, págs. 61-74.
- Hirsch W. Z. (1959): "Expenditure implications of metropolitan growth and consolidation", *The review of Economics and Statistics*, n.º 41, págs. 232-241.
- Jondrow, J., C. A. K. Lovell, I. S. Materov y P. Schmidt (1982): "On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production model", *Journal of Econometrics*, n.º 19, págs. 233-238.
- Kristensen, O. P. (1983): "Public versus private provision of governmental services: the case of Danish fire protection services", *Urban Studies*, n.º 20, págs. 1-9.
- Levitt, M. S. y M. A. S. Joyce (1987): *The growth and efficiency of public spending*, Cambridge (U.K.), Cambridge University Press.
- López Casasnovas, G. (1981): "Un test sobre las proposiciones de W. Baumol acerca del "productivity lag" en el sector público. (Consideraciones teóricas y empíricas. Un test para la crisis fiscal urbana de Barcelona)", *Hacienda Pública Española*, n.º 72, págs. 15-37.
- López Casasnovas, G. y A. R. Wagstaff (1988): "La combinación de factores productivos en el hospital: una aproximación a la función de producción", *Investigaciones Económicas*, vol. 12, n.º 2, págs. 305-327.
- (1991): "Indicadores de eficiencia para la gestión pública: un revisión de métodos", *Cuadernos de Economía*, n.º 19, págs. 55-83.
- Lovell, C.A.K. (1993): "Production frontiers and productive efficiency", en Fried, H.O., Lovell, C. A. K. y Schmidt, S. S. (eds), *The measurement of productive efficiency. Techniques and applications*, págs. 3-67, New York, Oxford University Press.
- Lovell C.A.K. y P. Schimdt (1987): "A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency.", en Drogamaci, A. y R. Fare, (eds.), *Applications of modern production theory: efficiency and productivity*, Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Meeusen, W. y J. Van Den Broeck (1977): "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error", *International Economic Review*, vol. 18, n.º 2, págs. 435-444.

- Pedraja, F. y J. Salinas (1994): "El análisis envolvente de datos (DEA) y su aplicación al sector público: un nota introductoria", *Hacienda Pública Española*, n.º 128, págs. 117-131.
- Prior, D., J. Verges, e I. Vilardell, (1993): *La evaluación de la eficiencia en los sectores privado y público*, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales.
- Schmidt, P. (1986): "Frontier production functions", *Econometric Reviews*, vol. 4, n.º 2, págs. 289-328.
- Schmidt, P. y C. A. Lovell (1979): "Estimating technical and allocative inefficiency relative to stochastic production and cost frontiers", *Journal of Econometrics*, n.º 9, págs. 343-366.
- Seiford, L. M. y R. M. Thrall (1990): "Recent developments in DEA", *Journal of Econometrics*, n.º 46, págs. 7-38.
- Sengupta, J. K. (1989): *Efficiency analysis by production frontiers. The non parametric approach*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Sexton, T., R. Silkman, y A. Hogan, (1986): "Data Envelopment Analysis: critique and extensions" en R. Silkman (eds) *Measuring efficiency: An assessment of Data Envelopment Analysis*. New Directions for Program Evaluation, San Francisco, Jessey-Bass Publishers.
- Swersey, A. J. y E. J. Ignall (1975): *Fire Protection and Local Government: an evaluation of policy-related research*, The New York City Rand Institute.
- Thompson, R. G., L.N. Langemeier, C.T. Lee, E. Lee y R.M. Thrall (1990): "The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming", *Journal of Econometrics*, n.º 46, págs. 93-108.

Fecha de recepción del original: Mayo, 1994
Versión final: Septiembre, 1994

ABSTRACT

This paper sets out to measure the technical efficiency of the fire services in those Spanish provincial capitals or cities which have a population of more than 50,000. The aim is to investigate the productive efficiency of a local public service which has not been the subject of study in the economic literature of our country. Whilst the application of data envelopment analysis and of deterministic and stochastic frontier models produces disparate results due to the different nature of each method, it nevertheless provide us with an indication of the relative level of efficiency of each unit. Our analysis reveals that there is a wide margin for optimising the use of resources and shows which fire services better manage their available productive factors.

Keywords: technical efficiency, frontier models, local public sector.