



# Optimización de la transferencia de riesgos en los Contratos de Infraestructuras y Servicios Públicos

ANTONIO SÁNCHEZ SOLIÑO  
*Universidad Politécnica de Madrid*

*Recibido: Julio, 2011*  
*Aceptado: Febrero, 2012*

## Resumen

En este trabajo se desarrolla un modelo basado en la teoría de los incentivos para analizar la asignación óptima de los riesgos en los contratos de infraestructuras y servicios públicos, en un entorno de información asimétrica entre principal (Administración Pública) y agente (socio privado), y de aversión al riesgo de este último.

La principal conclusión del trabajo es que, en un contrato óptimo, la transferencia del riesgo de demanda al socio privado será mayor, frente al riesgo de disponibilidad, en la medida en que tengan mayor incidencia aquellas dimensiones de la calidad del servicio que puedan ser observadas por los usuarios pero no verificadas por la Administración.

*Palabras clave:* Incentivos, riesgo de demanda, riesgo de disponibilidad, contratación pública, servicios públicos.

*Clasificación JEL:* D82, H54, H57, L97.

## 1. Introducción

La tendencia a la externalización de infraestructuras y servicios públicos prestados tradicionalmente por la Administración ha sido creciente en numerosos países en las últimas décadas. Dicha tendencia adquirió un notable impulso con el auge de nuevas fórmulas contractuales basadas en las denominadas colaboraciones público-privadas. Inicialmente desarrolladas en el Reino Unido a partir de 1992, dentro de la llamada *Private Finance Initiative* (PFI), estas colaboraciones público-privadas se han extendido posteriormente tanto al resto de Europa como a otras áreas geográficas.

El concepto de la PFI británica se basa en que la Administración no contrata ya una determinada infraestructura o equipamiento que sirve luego de soporte a un servicio prestado de forma directa por la propia Administración, sino que contrata a un determinado agente la prestación del servicio, bajo determinadas condiciones de calidad y durante un período pro-

longado de tiempo. Generalmente, la prestación del servicio está vinculada a la construcción o adquisición de un activo por parte del mismo agente, que se encarga de su financiación y mantenimiento (Butler y Stewart, 1996). En realidad, el planteamiento de la PFI no es muy diferente al de las concesiones administrativas tradicionales, con la importante novedad de que la PFI se ha extendido a sectores de actividad (hospitales, prisiones y centros educativos, por ejemplo) en los que el pago del servicio no es realizado por los usuarios, sino por la propia Administración.

De forma paralela a este desarrollo de las colaboraciones público-privadas, ha aumentado considerablemente la atención prestada por la literatura económica a los temas de regulación, contratación pública e incentivos, dentro del marco analítico general de la Teoría de la Agencia. Entre los primeros estudios realizados bajo este enfoque cabe citar a Loeb y Magat (1979) y Baron y Myerson (1982), centrados en el problema de la regulación de un monopolio natural bajo condiciones de información asimétrica. Cabe citar, asimismo, la labor de Laffont y Tirole (1993) en la sistematización y profundización en este campo del análisis económico.

Dentro de este desarrollo, tanto de las nuevas formas de contratación pública como de los planteamientos teóricos correspondientes, un aspecto que ha ido cobrando especial relieve es la asignación eficiente de los riesgos del contrato, bajo la hipótesis de un entorno de aversión al riesgo, tema central del presente trabajo. Además, la crisis financiera que comenzó en 2008 ha hecho más realista la hipótesis de aversión al riesgo de los agentes económicos. Como consecuencia, el análisis que se plantea en este trabajo, así como las recomendaciones de políticas públicas que se derivan del mismo, adquieren una mayor relevancia.

Cualquier contrato entre un principal y un agente, para la prestación de determinados servicios, supone una distribución de riesgos entre ambos. Estos riesgos son especialmente relevantes en los contratos de servicios públicos, que suelen establecerse por períodos dilatados de tiempo y que a menudo llevan consigo una importante inversión inicial, frecuentemente de carácter irreversible.

Generalmente, el criterio teórico establecido para la distribución de los riesgos es que cada una de las partes contratantes debe asumir aquellos riesgos que es capaz de gestionar a un menor coste (Debande, 2002). Siguiendo este criterio, se acepta que la mayor parte de los riesgos técnicos y económicos (como son los riesgos de construcción en la fase inicial del contrato, o los riesgos de variación de los costes de operación), así como los riesgos de financiación (variación de tipos de interés, o restricciones en el crédito) sean asumidos por el agente, mientras que el principal (en este caso una Administración Pública) suele ser quien asume los riesgos políticos (por ejemplo, una oposición ciudadana al proyecto) o los derivados de situaciones de fuerza mayor, como son las catástrofes naturales (Yescombe, 2007). La mayor dificultad se encuentra, sin embargo, en el riesgo de demanda, es decir, el derivado de que la demanda del servicio sea significativamente distinta a la prevista inicialmente. De hecho, la caracterización y gestión de los riesgos de demanda ha dado lugar a numerosos estudios, especialmente en el campo de las infraestructuras y servicios de transporte. En Es-

paña, por ejemplo, Baeza (2008) ha mostrado que la mayor parte de las dificultades que se han producido en numerosas concesiones de autopistas de peaje han sido ocasionadas por unos tráficos muy inferiores a los previstos en el plan económico-financiero de la concesión. En estos casos, es cierto que la presión competitiva en las licitaciones suele llevar a comportamientos oportunistas de los licitadores, que tienden a presentar estudios de demanda sesgados al alza, con el objeto de lograr la adjudicación del contrato, esperando además que éste pueda ser renegociado posteriormente (Flyvbjerg, Skamris y Buhl, 2005). Sin embargo, la existencia de estos sesgos y comportamientos oportunistas no debe ocultar el hecho de la existencia de un riesgo de demanda real, que debe ser asignado por el contrato a una de las partes, ya sea en su totalidad o de forma compartida.

Adicionalmente, junto al riesgo de demanda, buena parte de los contratos de servicios públicos más recientes se basan en la transferencia al sector privado del denominado *riesgo de disponibilidad*. Este último se refiere básicamente a las consecuencias para el contratista de no suministrar los servicios especificados en el contrato con la calidad requerida. Según los criterios de Eurostat (2004), para considerar que el socio privado asume este riesgo, los pagos realizados por la Administración han de depender de forma sustancial del efectivo cumplimiento por el contratista de las condiciones establecidas en el contrato.

El presente trabajo se centra precisamente en la optimización de las reglas contractuales que regulan los riesgos de demanda y de disponibilidad. Para ello, se aborda la relación principal-agente en un entorno de aversión al riesgo, ciñendo el problema de la información asimétrica a un caso de *riesgo moral*, derivado de la imposibilidad del principal de observar el esfuerzo realizado por el agente en la prestación del servicio (Laffont y Tirole, 1993). La idea principal de este enfoque es que en un entorno de aversión al riesgo e información asimétrica, la aplicación de incentivos contractuales al agente entra en conflicto con su aversión al riesgo. Se produce una situación de dualidad de objetivos, como son, por una parte, remunerar el trabajo productivo del agente y, por otra, asignar eficientemente los riesgos, y ello impide alcanzar el óptimo obtenido en un entorno de información perfecta (Holmström y Milgrom, 1991). Con estas premisas, en el presente trabajo se plantea un modelo de segundo óptimo, en el que la función objetivo del principal es una función de utilidad social.

Un modelo similar a éste es utilizado por Iossa y Martimort (2009), aplicado al sector del transporte, aunque este último trabajo se orienta fundamentalmente a la comparación de los contratos de colaboración público-privada frente a la contratación pública tradicional. En el modelo de Iossa y Martimort se estudia el esfuerzo óptimo aplicado por un agente averso al riesgo, y en un entorno de información asimétrica. En dicho modelo se considera que la calidad del servicio ofrecida por el agente no puede ser verificada en absoluto por la Administración, supuesto que se corresponde con el establecido en la sección 3.2 del presente trabajo. No obstante, cabe señalar como innovación que nuestro modelo introduce formalmente la existencia de externalidades en la prestación del servicio público, así como la no neutralidad del sistema impositivo, discutiéndose la incidencia de estos factores sobre el diseño del contrato óptimo. Por otra parte, en la sección 4, la parte más novedosa de este trabajo, se amplía el modelo al caso más general, en el que existen determinadas dimensiones

de la calidad del servicio que son verificables y contratables por la Administración, mientras que existen otras dimensiones que son observables por los usuarios, pero no verificables por la Administración. En estas condiciones, se estudia el grado óptimo de transferencia al agente de los riesgos de demanda y de disponibilidad.

## **2. Evolución reciente de la contratación pública de infraestructuras y servicios**

Las fórmulas utilizadas para la prestación de servicios públicos (o para la construcción de infraestructuras ligadas a su vez a la prestación de un servicio público) por parte de un determinado agente varían según países y sectores de actividad, y han evolucionado además a lo largo del tiempo. En términos generales, cabe decir que la tendencia dominante en los últimos años ha pasado, en numerosos campos de actividad, de monopolios de empresas públicas a la prestación de servicios públicos mediante figuras contractuales como son las concesiones administrativas (por otra parte, de ya larga tradición en países como Francia o España) o las ya mencionadas colaboraciones público-privadas (CPPs). Estas últimas pueden entenderse como una generalización de los contratos concesionales tradicionales, extendidos a nuevos sectores de actividad y bajo nuevas fórmulas de pago a los contratistas.

En el Reino Unido, la PFI, ya mencionada en la sección anterior, nació con dos fines principales: aumentar las inversiones en infraestructuras y equipamientos públicos, apelando para ello a la financiación privada, y mejorar la eficiencia en la gestión de los servicios públicos. En su extensión a otros países, entre ellos España, ha predominado claramente el primero de estos objetivos, es decir, la obtención de nuevas fuentes de financiación en un contexto de restricciones presupuestarias. Por esta razón, en muchos países de la Unión Europea el auge de las CPPs aparece asociado, a partir de la firma del Tratado de Maastricht, a la necesidad de reducir el déficit público, que limitaba la capacidad inversora de las Administraciones Públicas. Precisamente con el objeto de ordenar el proceso de externalización de numerosas actividades que anteriormente realizaban las Administraciones, los organismos de la Unión Europea desarrollaron la normativa del Sistema Europeo de Cuentas (SEC-95) para aclarar los requisitos que debían cumplir las CPPs para que las inversiones realizadas por estas últimas quedaran efectivamente fuera del ámbito de las Administraciones Públicas desde el punto de vista de la Contabilidad Nacional.

Esto dio origen a la decisión de Eurostat (2004), que basaba la externalización contable de las inversiones realizadas por las CPPs en la efectiva transferencia de riesgos al agente privado. Es decir, para considerar que una determinada inversión realizada por una CPP fuera atribuible al socio privado, y no a la Administración correspondiente, era necesario que una serie de riesgos fueran asignados mayoritariamente al socio privado. Los riesgos básicos considerados fueron los riesgos de construcción del activo, y, o bien el riesgo de demanda, o bien el riesgo de disponibilidad. Es decir, el riesgo de construcción debía ser asumido necesariamente por el agente privado, y a ello habría que añadir uno de los otros dos riesgos. Por tanto, la relación contractual de la CPP podía basarse bien en la remuneración del agen-

te privado en función del número de usuarios (pago por demanda) o bien en un *pago por disponibilidad*. Esta última modalidad de contrato establece unos determinados niveles de calidad en los servicios que debe prestar el agente, y el pago a éste se modula en función de la calidad realmente alcanzada.

Inicialmente, muchos de los contratos CPP se basaron en la transferencia del riesgo de demanda al agente. Así ocurrió en numerosos contratos para la construcción y mantenimiento de carreteras (o bien sólo de mantenimiento), basados en el peaje al usuario (en lo que sería una concesión tradicional) o en el denominado *canon de demanda* o *peaje en sombra*, en el que es la Administración quien paga una tarifa por cada usuario. En España, esta última fórmula ha sido ampliamente utilizada por numerosas Comunidades Autónomas. Entre éstas, las primeras que hicieron uso del peaje en sombra fueron las de Murcia, Madrid y Castilla-La Mancha, a las que siguieron posteriormente la mayoría de las Comunidades (Cañas Fuentes *et al.*, 2006).

En los últimos años, han aumentado las posiciones favorables a que el riesgo de demanda permanezca en el lado de la Administración (el principal en la relación principal-agente). Esta tendencia ha sido muy clara en el caso del Reino Unido, donde la segunda generación de contratos llevados a cabo en el marco de la PFI se basan en el *pago por disponibilidad* al contratista (Standard & Poor's, 2003). Este planteamiento ha empezado a ser adoptado también en España, debido a una conjunción de factores. Por una parte, se han dado una serie de casos de contratos concesionales en los que la demanda real ha sido inferior en varios órdenes de magnitud respecto a las previsiones; entre estos casos se pueden destacar las nuevas autopistas radiales de Madrid (Ortega, Baeza y Vassallo, 2011). Por otra parte, la crisis financiera de 2008, ya mencionada, ha provocado un aumento de la aversión al riesgo entre las entidades que financian este tipo de proyectos, hasta el punto de que cualquier nuevo proyecto ha quedado excluido en la práctica si incorpora una transferencia sustancial del riesgo de demanda al agente.

De esta forma, cabe señalar como ejemplo que el Ministerio de Fomento ha planteado una nueva iniciativa, conocida como Plan Extraordinario de Infraestructuras (PEI), para poner en marcha una serie de actuaciones que traten de compensar el efecto negativo del recorte de inversiones públicas decidido en 2010 con el objeto de disminuir el déficit del Estado. El PEI se basa, según lo avanzado hasta este momento, en la financiación privada de las actuaciones (todas ellas en el campo de las infraestructuras de transporte), a través de colaboraciones público-privadas, cuya característica principal es que utilizarán la modalidad de pago por disponibilidad anteriormente descrita (Ministerio de Fomento, 2010).

En el desarrollo de este tipo de planteamientos, las necesidades prácticas de las Administraciones Públicas van claramente por delante de la reflexión teórica. En realidad, no existe un planteamiento teórico que avale de forma general las soluciones habituales de transferir el riesgo de demanda, en su totalidad, al agente, o, por el contrario, excluir cualquier transferencia del riesgo de demanda, basando la relación contractual exclusivamente en la transferencia del riesgo de disponibilidad.

En este contexto, el análisis del reparto de riesgos en los contratos públicos puede contribuir a la optimización de las relaciones contractuales en las colaboraciones público-privadas. En España, existe ya alguna experiencia en el diseño de contratos concesionales en los que se han introducido fórmulas mixtas de pagos por disponibilidad y por número de usuarios, así como contratos en los que se han aplicado determinadas fórmulas de reparto del riesgo de demanda entre la Administración y el socio privado, como ha sido el caso del nuevo metro de Sevilla o algunas ampliaciones del metro de Madrid (Sánchez Soliño y Vassallo, 2009). Este tipo de fórmulas tienen su fundamento en una serie de factores que se estudian mediante los modelos que se desarrollan en las siguientes secciones.

### 3. Formulación del modelo

En nuestro modelo, una determinada Administración es responsable del suministro de un determinado servicio público, que en general llevará consigo la necesidad de construir una determinada infraestructura. El servicio se presta a través de una determinada empresa (el agente) que cobra, por cuenta de la Administración, un precio fijo  $p_0$  a los usuarios, establecido asimismo por la Administración. Para simplificar el modelo, supondremos que la demanda del servicio es rígida para cualquier nivel del precio inferior a  $p_0$ , mientras que se hace igual a cero para cualquier precio superior a  $p_0$ . Este supuesto, obviamente, no es realista, pero no incide sustancialmente en la determinación de los factores que afectan a la transferencia óptima del riesgo de demanda. Una función de demanda similar a ésta es utilizada, por ejemplo, en el trabajo de Iossa y Martimort (2009).

Por otra parte, la demanda se hace depender en cierta medida del nivel de calidad ofrecido. Dicho nivel de calidad es proporcional a una variable  $e$  que representa el nivel de esfuerzo desarrollado por el agente para la mejora del servicio. Finalmente, también cabe suponer que la demanda del servicio tiene un componente de carácter aleatorio, que denotaremos mediante la variable  $\mu$ . Es decir:

$$D = D_0 + ke + \mu \quad \text{para } p \leq p_0 \quad (1)$$

mientras que  $D = 0$  para  $p > p_0$

En esta expresión,  $D$  representa la demanda del servicio y  $k$  es una constante mayor o igual que cero.  $D_0$  representa un nivel de demanda mínimo, independiente del nivel de calidad ofrecido <sup>1</sup>.

Por otra parte, se considera la siguiente función de coste:

$$C = C_0 + \Psi(e) \quad (2)$$

Donde  $C$  representa el coste de producción del servicio y  $C_0$  es un término de coste fijo, que incluiría, en su caso, el coste derivado de cualquier inversión inicial necesaria para la

prestación del servicio. Por su parte, el término de coste variable es una función del nivel de esfuerzo  $e$ , cumpliéndose  $\Psi'(e) > 0$  y  $\Psi''(e) > 0$ . Es decir, suponemos que el coste variable es estrictamente creciente y que crece más que proporcionalmente con el esfuerzo  $e$ .

En nuestro modelo, el agente actúa en condiciones de riesgo, debido a la aleatoriedad de la demanda, y suponemos además que, en general, no es neutral al mismo. Supondremos que el componente aleatorio de la demanda ( $\mu$ ) se distribuye normalmente, con media cero y desviación típica igual a  $\sigma_d$ . Respecto a la Administración, sin embargo, cabe suponer que está suficientemente diversificada, debido al elevado número de proyectos y servicios de los que es responsable, por lo que es neutral al riesgo.

El agente cobra el precio  $p_0$  por cuenta de la Administración, como se ha comentado <sup>2</sup>. Obsérvese que el valor esperado de los ingresos  $R$  procedentes de los usuarios vendrá dado por:

$$E[R] = p_0 E[D] = p_0 (D_0 + ke) \quad (3)$$

El agente, por otra parte, cobrará una cantidad de la Administración, que en nuestro modelo, siguiendo a Holmström y Milgrom (1991), vendrá dada por la siguiente expresión genérica de carácter lineal:

$$t(R) = \alpha + \beta R \quad (4)$$

En esta expresión,  $t$  es la cantidad pagada por la Administración a la empresa, y  $\alpha$  y  $\beta$  son parámetros a determinar. Como se observa, el agente percibirá una cantidad fija, independiente de la demanda del servicio, y otra parte variable que es función de los ingresos percibidos de los usuarios. Nuestro problema es determinar el valor de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  que maximicen una función de utilidad social. Obsérvese que la varianza de los ingresos percibidos por el agente, que designaremos como  $\sigma_t^2$ , es la siguiente:

$$\sigma_t^2 = \beta^2 p_0^2 \sigma_d^2 \quad (5)$$

A partir de aquí, definimos una función de utilidad de la empresa que vendrá dada por la expresión siguiente:

$$Ur = E[t(R)] - C - r \sigma_t^2 = \alpha + \beta E[R] - C_0 - \Psi(e) - r \sigma_t^2 \quad (6)$$

En esta expresión,  $Ur$  es la utilidad del agente que presta el servicio y  $E[t(R)]$  representa el valor esperado del pago realizado por la Administración. Por otra parte,  $r$  es un parámetro que representa la actitud hacia el riesgo del agente, por lo que, expresado de otra forma,  $Ur$  sería el equivalente cierto de los beneficios esperados por el agente.

En el desarrollo de la Teoría de la Agencia se ha supuesto tradicionalmente que el agente presenta aversión al riesgo (Eisenhardt, K.M., 1989), o, en todo caso, que es neutral al

riesgo. En la expresión anterior, esto implicaría un valor de  $r$  mayor o igual que cero, que es el supuesto adoptado en este trabajo. Obsérvese que en este caso se cumplirá siempre que:

$$r \sigma_t^2 \geq 0 \quad (7)$$

No obstante, en este trabajo se discutirán también las implicaciones que presenta el supuesto teórico de un agente proclive al riesgo (es decir, con  $r < 0$ ).

Ahora bien, para que la empresa lleve a cabo su actividad, tendrá que obtener una utilidad mayor o igual que la alternativa de no realizar actividad alguna. Supondremos que esta última alternativa representa una utilidad igual a cero. Por tanto, deberá cumplirse la siguiente restricción de participación del agente:

$$Ur \geq 0 \quad (8)$$

Por otra parte, la función de utilidad social que se trataría de maximizar estará formada por los beneficios producidos por la prestación del servicio para el conjunto de la sociedad menos el total de costes en que incurre la sociedad para disponer del servicio, incluyendo, entre otros, el coste derivado de la aversión al riesgo del agente. Por tanto, la función de utilidad social vendría dada por:

$$Us = E[V] + E[R] - C_0 - \Psi(e) - r \sigma_t^2 - \lambda (E[t(R)] - E[R]) \quad (9)$$

En esta expresión  $Us$  es la utilidad social que se trata de maximizar y  $E[R]$  representa el valor esperado de los ingresos  $R$ . La variable  $V$  representa el valor de las externalidades producidas, en su caso, por el servicio público en cuestión, y  $E[V]$  su valor esperado. Cabe suponer que dichas externalidades (positivas o negativas) son proporcionales a la cantidad producida del servicio. Es decir:

$$V = aD \quad (10)$$

Y, por tanto:

$$E[V] = a E[D] = a (D_0 + ke) \quad (11)$$

donde  $a$  es una constante que puede tomar un valor positivo, negativo o cero.

Por otra parte, se ha incorporado en la expresión (9) el sobrecoste de los recursos públicos, dado por el término  $\lambda(E[t(R)] - E[R])$ , donde  $\lambda$  es un parámetro (para el que se asume un valor mayor que cero) que caracteriza al sistema fiscal del país. Al valor  $(1 + \lambda)$  se le suele denominar coste marginal de los recursos públicos, concepto que engloba diversos aspectos, entre los que cabe citar la distorsión introducida por el sistema impositivo en las decisiones de los agentes económicos y el coste de la Administración Tributaria. En otras palabras, estaríamos suponiendo que la desutilidad para los contribuyentes de la recaudación de una uni-



dad monetaria adicional equivaldría a  $(1 + \lambda)$  unidades monetarias, dependiendo el valor de  $\lambda$  del entramado institucional de cada país y de las figuras impositivas que sean utilizadas para obtener los recursos públicos adicionales. En la mayoría de los análisis coste-beneficio, no se toma en consideración esta ponderación de los recursos públicos, es decir, se establece implícitamente que  $\lambda = 0$ . Sin embargo, Laffont y Tirole (1993) establecen como razonable un valor  $\lambda = 0,3$  para la economía americana. Para España, Dolado *et al.* (1999) han calculado un valor en el rango de 0,29-0,47, considerando un aumento proporcional de impuestos del conjunto del sistema tributario. En cualquier caso, se trata de valores que están lejos de ser despreciables. Un análisis detallado del concepto de coste marginal de los recursos públicos puede verse en González-Páramo (2001).

Sustituyendo determinados términos por sus valores, la expresión de la utilidad social queda de la siguiente forma:

$$Us = a (D_0+ke) + p_0 (D_0+ke) - C_0 - \Psi(e) - r \beta^2 p_0^2 \sigma_d^2 - \lambda (E[t(R)] - p_0 (D_0+ke)) \quad (12)$$

Por otra parte, teniendo en cuenta la expresión (6), la función de utilidad social se puede escribir:

$$Us = a (D_0+ke) + (1 + \lambda)[p_0 (D_0+ke) - C_0 - \Psi(e) - r \beta^2 p_0^2 \sigma_d^2] - \lambda Ur \quad (13)$$

A partir de este punto, los resultados del modelo serán distintos según la hipótesis adoptada respecto a la información con que cuenta la Administración sobre el grado de esfuerzo aplicado por el agente en la prestación del servicio. En los apartados siguientes, se toma como referencia, en primer lugar, la hipótesis de información completa, relajando después este supuesto.

### 3.1. Resultados bajo la hipótesis de información completa

El problema planteado consiste en la maximización de la función de utilidad social, bajo el supuesto de que el esfuerzo  $e$  realizado por el agente es observable y contratable por el principal (la Administración).

Formalmente, se trata de resolver el problema:

$$\text{Máx}_{(Ur,e,\beta)} \{a (D_0+ke) + (1 + \lambda)[p_0 (D_0+ke) - C_0 - \Psi(e) - r \beta^2 p_0^2 \sigma_d^2] - \lambda Ur\} \quad (14)$$

sujeto a la restricción (8).

Teniendo en cuenta que la función de utilidad social es monótonamente decreciente con  $Ur$ , y bajo condiciones de aversión al riesgo del agente, la solución del problema anterior es la siguiente:

$$Ur = 0 \quad (15)$$

$$\Psi'(e^*) = \frac{k(p_0 + \lambda p_0 + a)}{1 + \lambda} = k \left( p_0 + \frac{a}{1 + \lambda} \right) \quad (16)$$

$$\beta^* = 0 \quad (17)$$

Como condición de segundo orden, se obtiene:

$$(1 + \lambda) (-\Psi''(e^*)) < 0 \quad (18)$$

Esta última condición se cumple siempre, puesto que  $\lambda > 0$  y  $\Psi''(e) > 0$ , según las hipótesis de partida del modelo.

A partir de la expresión (16) anterior, obtenemos el valor del esfuerzo  $e^*$  que maximiza la utilidad social, y que la Administración podrá exigir contractualmente al agente, aplicándole por ejemplo una importante sanción en caso de incumplimiento. Estas condiciones se cumplen con un contrato en el que se estipule un pago fijo  $\alpha^*$  al agente, de tal forma que éste sea indiferente a realizar la actividad o no. Es decir:

$$Ur = \alpha^* - C_0 - \Psi(e^*) = 0 \quad (19)$$

Al ser fijo el pago, desaparece de la expresión el término debido a la aversión al riesgo del agente.

Para simplificar la exposición, sin perder generalidad en los resultados principales del modelo, cabe considerar una función de coste determinada que cumpla las condiciones de ser estrictamente creciente en sus derivadas primera y segunda. En la literatura económica, es habitual tomar una función de coste cuadrática del siguiente tipo <sup>3</sup>:

$$\Psi(e) = e^2/2 \quad (20)$$

Con dicha función de coste, el esfuerzo óptimo de la empresa resulta:

$$\Psi'(e^*) = e^* = k \left( p_0 + \frac{a}{1 + \lambda} \right) \quad (21)$$

Y la contraprestación fija pagada a la empresa vendrá dada por:

$$\alpha^* = C_0 + (e^*)^2/2 \quad (22)$$

A partir de estos resultados, cabe formular la siguiente proposición:

**Proposición 1.** *En condiciones de aversión al riesgo del agente, y de información completa de la Administración, un contrato óptimo estará basado en un pago fijo al agente, sin transferencia alguna del riesgo de demanda a este último.*

El significado económico de esta proposición es inmediato: la existencia de riesgo para el agente supone un coste en la función de utilidad social. Como la Administración puede asegurar la calidad del servicio sin incurrir en dicho coste, la solución óptima consiste en evitarlo mediante un contrato que estipule un pago fijo al agente.

En condiciones de neutralidad al riesgo del agente (es decir, con  $r = 0$ ), el término que representa la actitud del agente ante el riesgo desaparecerá, en cualquier caso, de la expresión de la utilidad social. Por tanto, la maximización de dicha función de utilidad social será compatible con cualquier valor de  $\beta$ . Habrá, por tanto, infinitas combinaciones de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  que optimicen el correspondiente contrato.

Finalmente, en el caso teórico de un agente proclive al riesgo, la utilidad social crecerá indefinidamente al aumentar el parámetro  $\beta$ , llegando incluso a que el parámetro  $\alpha$  adquiera un valor negativo. Esto llevaría al resultado paradójico de que el agente estaría dispuesto a realizar un gran pago fijo a la Administración a cambio de soportar un gran riesgo, sin que exista una solución finita para los valores de  $\alpha$  y  $\beta$ .

### 3.2. Resultados bajo la hipótesis de información asimétrica entre agente y principal

El problema, en la práctica, es la dificultad de medir, controlar y, por tanto, contratar, el nivel de esfuerzo aplicado por el agente en la prestación del servicio. Por ello, la Administración puede tratar de obtener un segundo óptimo mediante el diseño contractual de un incentivo adecuado. En la medida en que la calidad del servicio pueda ser percibida por los usuarios (aunque no sea verificable por la Administración), y exista, por tanto, una relación entre la demanda del servicio y el esfuerzo aplicado por el agente, dicho incentivo vendrá dado por la parte de la remuneración de dicho agente que dependa de los ingresos  $R$ , de forma que, en general,  $\beta \neq 0$  en la expresión (4). La función de utilidad del agente puede escribirse de la siguiente forma:

$$Ur = \alpha + \beta p_0 (D_0 + ke) - C_0 - e^2/2 - r \sigma_d^2 \quad (23)$$

Ahora, además de la restricción (8), el esfuerzo  $e$  no puede venir impuesto contractualmente a la empresa, sino que será una variable de decisión para ésta. Por tanto, la empresa tratará de optimizar el esfuerzo que realiza, condición que vendrá dada por:

$$\frac{\partial Ur}{\partial e} = \beta p_0 k - e = 0 \quad (24)$$

Lo que da lugar a una nueva restricción:

$$e = \beta p_0 k \quad (25)$$

El problema consiste nuevamente en maximizar la función de utilidad social, con la restricción adicional. Es decir:

$$\text{Máx}_{(U_r, e)} \{a (D_0 + ke) + (1 + \lambda)[p_0 (D_0 + ke) - C_0 - e^2/2 - r \beta^2 p_0^2 \sigma_d^2] - \lambda Ur\} \quad (26)$$

sujeta a las restricciones (8) y (25).

La solución de este problema es la siguiente:

$$Ur = 0 \quad (27)$$

$$e_s^* = \frac{k^2}{k^2 + 2r\sigma_d^2} \left( p_0 k + \frac{ak}{1 + \lambda} \right) \quad (28)$$

Donde  $e_s^*$  denota el segundo óptimo alcanzado en las nuevas condiciones, frente al óptimo anterior  $e^*$  obtenido bajo el supuesto de que el esfuerzo del agente es observable y contratable.

Como condición de segundo orden, se obtiene:

$$-1 - \frac{2r\sigma_d^2}{k^2} < 0$$

O, de otra forma:

$$r > -\frac{k^2}{2\sigma_d^2} \quad (29)$$

El cumplimiento de esta condición de máximo queda asegurado en los casos de neutralidad o aversión al riesgo del agente. Asimismo, sería compatible con el caso de un agente proclive al riesgo con un valor moderadamente negativo de  $r$ .

Los parámetros óptimos  $\alpha$  y  $\beta$  resultantes son:

$$\beta^* = \frac{k^2}{k^2 + 2r\sigma_d^2} \left( 1 + \frac{a}{p_0(1 + \lambda)} \right) \quad (30)$$

$$\alpha^* = C_0 + rp_0^2\sigma_d^2\beta^{*2} - p_0D_0\beta^* - \frac{p_0^2k^2\beta^{*2}}{2} \quad (31)$$

En cuanto al rango de los valores de los parámetros, respecto al parámetro  $\alpha^*$  no se establece ninguna restricción, por lo que podría, en principio, tomar un valor negativo. Sin embargo, respecto al parámetro  $\beta^*$  hay que tener en cuenta que la utilidad social  $U_s$  ha de tomar un valor mayor o igual que cero. Puede comprobarse que esta última condición implica que:

$$\left( 1 + \frac{a}{p_0(1 + \lambda)} \right) \geq 0 \quad (32)$$

De forma intuitiva, la expresión anterior indica que la externalidad  $a$  puede ser negativa, pero no excesivamente. La razón es que un valor muy negativo de  $a$  llevaría a que la utilidad social fuera a su vez negativa, por lo que sería preferible no prestar el servicio.

A partir de las condiciones (29) y (32), puede deducirse que el parámetro  $\beta^*$  ha de tomar necesariamente un valor positivo o igual a cero, e, igualmente, el esfuerzo realizado por el agente tiene que ser positivo o igual a cero.

El parámetro óptimo  $\beta^*$  tenderá a disminuir en la medida en que aumente la aversión al riesgo del agente, es decir, cuanto mayor sea el valor de  $r$ . Este resultado se obtiene fácilmente a partir de la correspondiente derivada de la expresión (30):

$$\frac{\partial \beta^*}{\partial r} = \frac{-2k^2 \sigma_d^2}{(k^2 + 2r\sigma_d^2)^2} \left( 1 + \frac{a}{p_0(1+\lambda)} \right) \quad (33)$$

Puede comprobarse que  $\partial \beta^* / \partial r \leq 0$ , teniendo en cuenta las condiciones (29) y (32).

En las condiciones más habituales de aversión al riesgo del agente (con  $r > 0$ ), el parámetro óptimo  $\beta^*$  tenderá también a disminuir cuanto mayor sea la incertidumbre respecto al nivel de la demanda, que vendrá dada por la varianza  $\sigma_d^2$ :

$$\frac{\partial \beta^*}{\partial (\sigma_d^2)} = \frac{-2k^2 r}{(k^2 + 2r\sigma_d^2)^2} \left( 1 + \frac{a}{p_0(1+\lambda)} \right) \leq 0 \quad (34)$$

Con todos estos elementos puede enunciarse, como resumen, una segunda proposición:

**Proposición 2.** *En condiciones de información asimétrica entre la Administración y el agente, un contrato óptimo se basará en la transferencia a este último de un cierto grado del riesgo de demanda. Esta transferencia del riesgo de demanda tenderá a disminuir cuanto mayor sea el parámetro  $r$ , que define la actitud ante el riesgo del agente. Cuando el agente presenta aversión al riesgo ( $r > 0$ ), la transferencia del riesgo de demanda será menor, en la situación óptima, cuanto mayor sea la varianza de la demanda  $\sigma_d^2$ .*

La interpretación económica de esta proposición es la siguiente: la incapacidad de la Administración de controlar de forma directa el desempeño del agente en la prestación del servicio hace necesario establecer un incentivo basado en la remuneración según la demanda. De esta forma, el agente aumentará la calidad del servicio en la medida en que consiga atraer a un mayor número de usuarios. En condiciones de aversión al riesgo del agente, sin embargo, el riesgo asociado a la evolución de la demanda introduce un término negativo en la función de utilidad social, lo que limita el incentivo introducido.

Puede comprobarse, por otra parte, que  $\beta^*$  tenderá a ser mayor cuanto mayor sea la relación entre el valor  $a$  representativo de las externalidades del servicio y el precio  $p_0$  pagado por los usuarios:

$$\frac{\partial \beta^*}{\partial (a / p_0)} = \left( \frac{k^2}{k^2 + 2r\sigma_d^2} \right) \left( \frac{1}{1 + \lambda} \right) \geq 0 \quad (35)$$

Esto querría decir que, en presencia de externalidades positivas, un mayor valor de éstas implica un mayor valor de  $\beta^*$ , es decir, una mayor transferencia del riesgo de demanda. Esto es debido a que en la función de utilidad social las externalidades representan un término positivo, por lo que un mayor valor de las mismas permite alcanzar el óptimo en un mayor nivel del esfuerzo del agente. Por el contrario, si las externalidades son negativas, un mayor valor absoluto de éstas lleva a un menor valor de  $\beta^*$ .

También puede comprobarse que, en condiciones de aversión al riesgo ( $r > 0$ ), el parámetro  $\beta^*$  tenderá a ser mayor cuanto mayor sea el valor de  $k$ . La constante  $k$  puede interpretarse como representativa del grado en que un determinado esfuerzo realizado por el agente para mejorar la calidad del servicio tiene un efecto real sobre la demanda del mismo. Esta constante está directamente relacionada, por tanto, con el concepto de la elasticidad de la demanda respecto a la calidad del servicio.

Derivando la expresión de  $\beta^*$  respecto a  $k$ :

$$\frac{\partial \beta^*}{\partial k} = \frac{4rk\sigma_d^2}{(k^2 + 2r\sigma_d^2)^2} \left( 1 + \frac{a}{p_0(1 + \lambda)} \right) \quad (36)$$

Como se observa, el signo de esta expresión, teniendo en cuenta (29) y (32), es el mismo que el de  $r$ , de tal forma que, en condiciones de aversión al riesgo ( $r > 0$ ), el valor de  $\beta^*$  aumenta con  $k$ . En condiciones de neutralidad al riesgo, el valor de  $\beta^*$  no depende de  $k$ , al ser  $r = 0$ .

Finalmente, la variación de  $\beta^*$  respecto a un aumento del coste marginal de los recursos públicos dependerá del signo de las externalidades:

$$\frac{\partial \beta^*}{\partial \lambda} = \left( \frac{-1}{(1 + \lambda)^2} \right) \left( \frac{k^2}{k^2 + 2r\sigma_d^2} \right) \left( \frac{a}{p_0} \right) \quad (37)$$

En presencia de externalidades positivas, el signo de (37) será negativo, por lo que un aumento del coste marginal de los recursos públicos llevará a una disminución del riesgo de demanda transferido al agente. Por el contrario, ante la presencia de externalidades negativas, un mayor valor de  $\lambda$  implicará una mayor transferencia del riesgo de demanda. Si no existen externalidades ( $a = 0$ ), el valor de  $\beta^*$  no dependerá del coste marginal de los recursos públicos. Estos resultados podrían interpretarse observando directamente la expresión (30). Como puede comprobarse, el valor absoluto de las externalidades queda infra-

ponderado respecto al precio pagado por los usuarios. Al ser más importante esta infraponderación (por un aumento de  $\lambda$ ), el valor de  $\beta^*$  tenderá a disminuir, si la externalidad es positiva, o a aumentar si la externalidad es negativa. En definitiva, el coste marginal de los recursos públicos sólo tiene incidencia en la medida en que implica esta diferente ponderación de las externalidades. Por tanto, en ausencia de estas últimas, la expresión de  $\beta^*$  es independiente de  $\lambda$ .

En el caso particular en que, además de no existir externalidades, el agente sea neutral al riesgo ( $r = 0$ ), se cumple que  $\beta^* = 1$ . En numerosos contratos públicos, ésta es la regla utilizada para la remuneración del agente. Es discutible, sin embargo, que en estos casos el diseño del contrato se haya apoyado en resultados empíricos acerca de la actitud al riesgo de los agentes. En un contrato óptimo cabría esperar, más bien, un valor de  $\beta^*$  menor que 1. No puede excluirse *a priori*, sin embargo, un valor de  $\beta^*$  mayor que 1 si el servicio público presenta fuertes externalidades positivas.

Respecto al esfuerzo realizado por el agente, en condiciones de aversión al riesgo ( $r > 0$ ), el valor de  $e_S^*$  obtenido en la expresión (28) es un segundo óptimo en el sentido de que será siempre menor que el óptimo  $e^*$  obtenido cuando el esfuerzo realizado por el agente es contratable, puesto que, comparando (21) y (28):

$$\frac{k^2}{k^2 + 2r\sigma_a^2} \left( p_0 k + \frac{ak}{1 + \lambda} \right) < k \left( p_0 + \frac{a}{1 + \lambda} \right) \quad (38)$$

Ya que al ser el término  $2r\sigma_a^2$  positivo, se cumplirá siempre que:

$$\frac{k^2}{k^2 + 2r\sigma_a^2} < 1 \quad (39)$$

La razón económica que está detrás de este resultado es que la aversión al riesgo del agente introduce un término adicional de coste en la función de utilidad social, lo que lleva a alcanzar el equilibrio en un menor nivel del esfuerzo del agente.

En condiciones de neutralidad al riesgo, sin embargo, el esfuerzo realizado por el agente en un entorno de información asimétrica será igual al realizado bajo información completa.

Por último, en el caso teórico de un agente proclive al riesgo, el esfuerzo realizado por el agente sería mayor bajo condiciones de información asimétrica que bajo condiciones de información completa.

El tipo de contrato al que se adapta el modelo estudiado es el que corresponde, por ejemplo, a las concesiones administrativas tradicionales, con pago de los servicios por parte de los usuarios. Es el tipo de contrato aplicado en gran parte de las infraestructuras y servicios de transporte colectivo, así como en las autopistas de peaje. No obstante, este modelo no se ciñe únicamente al sector del transporte, sino que también es aplicable en otros ámbitos,

como desalación y abastecimientos de agua, recogida y tratamiento de residuos urbanos, y otros servicios locales.

El modelo anterior es también aplicable, con algunas modificaciones, al caso de los contratos realizados bajo la modalidad del *canon de demanda* o *peaje en sombra*, en la que el precio por el servicio es pagado por la Administración y no por los usuarios. Formalmente, el modelo sería análogo al anterior, con la misma función de demanda. En este caso, el precio  $p_0$  representaría la disposición al pago por parte del usuario, pero la tarifa correspondiente es pagada por el principal (la Administración), siendo el servicio gratuito para los usuarios. En este caso, la cantidad  $p_0 D$  (siendo  $D$  la demanda del servicio) representaría el excedente neto de los usuarios. Suponemos una fórmula de pago al agente similar a la del modelo anterior, de carácter lineal, con una cantidad fija y una cantidad variable que depende de la demanda.

La función de utilidad social se obtiene, como en el caso anterior, sumando los beneficios de la prestación del servicio para el conjunto de la sociedad (incluyendo el excedente de los usuarios) y restando los costes correspondientes. Es decir:

$$Us = a (D_0 + ke) + p_0 (D_0 + ke) - C_0 - e^2/2 - r \beta^2 p_0^2 \sigma_d^2 - \lambda [\alpha + \beta p_0 (D_0 + ke)] \quad (40)$$

Introduciendo el valor de  $Ur$  en la expresión (40) anterior, la función de utilidad social a maximizar queda de la siguiente forma:

$$\text{Máx}_{(Ur, e)} \{a (D_0 + ke) + p_0 (D_0 + ke) - (1 + \lambda) [C_0 + e^2/2 + r \beta^2 p_0^2 \sigma_d^2] - \lambda Ur\} \quad (41)$$

sujeta a las mismas restricciones que antes (8 y 25).

Como se observa, la expresión (41) es idéntica a la expresión (26) del caso anterior, excepto en el hecho de que el término  $p_0 (D_0 + ke)$ , que representa en este caso el excedente de los usuarios, no viene ahora multiplicado por el factor  $(1 + \lambda)$ . La solución de este problema de maximización viene dada por:

$$Ur = 0 \quad (42)$$

$$e_s^* = \frac{k^2}{k^2 + 2r\sigma_d^2} \left( \frac{p_0 k + ak}{1 + \lambda} \right) \quad (43)$$

Y los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  resultantes son:

$$\beta^* = \frac{k^2}{k^2 + 2r\sigma_d^2} \left( \frac{1}{1 + \lambda} + \frac{a}{p_0 (1 + \lambda)} \right) \quad (44)$$

$$\alpha^* = C_0 + r p_0^2 \sigma_d^2 \beta^{*2} - p_0 D_0 \beta^* - \frac{p_0^2 k^2 \beta^{*2}}{2} \quad (45)$$



Cabe señalar que en la expresión (44) anterior, el parámetro  $\beta^*$  ahora sí depende del coste marginal de los recursos públicos  $(1+\lambda)$  incluso cuando no existen externalidades. Este resultado es debido a que ahora la diferente ponderación de los términos de la función de utilidad social afecta no sólo a las externalidades, sino también al excedente de los usuarios.

En España, la modalidad del peaje en sombra ha sido ampliamente utilizada en nuevas concesiones de autopistas libres de peaje para el usuario, aunque en general sin el componente fijo  $\alpha^*$ . También pueden asimilarse a esta modalidad otros tipos de convenios o contratos en otros sectores, como es el caso de la enseñanza concertada.

#### 4. Modelo ampliado de transferencia de riesgos de demanda y de disponibilidad

En la práctica, la actividad del agente presenta múltiples dimensiones, y en algunas de ellas la Administración sí podrá observar y verificar el esfuerzo realizado por el agente, al menos de forma indirecta, a través del control de determinados indicadores de calidad. En otras dimensiones, que también pueden tener impacto sobre la calidad percibida por los usuarios, resulta difícil, sin embargo, definir dichos indicadores, o controlar su cumplimiento. Piénsese, por ejemplo, en un servicio de transporte urbano como es el metro. Existen parámetros de calidad (frecuencias del servicio, puntualidad) fácilmente observables y verificables por la Administración. En estos casos, resulta factible incluir en el contrato determinadas cláusulas que obliguen al agente a cumplir unos determinados estándares establecidos, con la aplicación de sanciones en caso de incumplimiento. Por el contrario, existen dimensiones de la calidad que son observables por los usuarios, pero en las que la definición de los estándares es forzosamente más imprecisa, y su control muy difícil (por ejemplo: vigilancia en las estaciones y en los trenes, información a los usuarios, colas en las taquillas).

Este tipo de situaciones avalan la utilización de contratos de tipo mixto, en los que se combinen la aplicación contractual de determinados estándares de calidad (que medirían el esfuerzo realizado por el agente) y de incentivos basados en la transferencia de parte del riesgo de demanda.

Para el análisis de este tipo de contratos, podemos partir de una función de demanda del servicio como la siguiente:

$$D = D_0 + k_1 e_1 + k_2 e_2 + \mu \quad \text{para } p \leq p_0 \quad (46)$$

y  $D = 0$  para  $p > p_0$

donde  $e_1$  representa el esfuerzo realizado por el agente en aquellos aspectos de la calidad del servicio que son verificables por la Administración, y  $k_1$  es una constante ( $\geq 0$ ) que tiene en cuenta el impacto de dichos aspectos de la calidad sobre el nivel de demanda del servicio. Por su parte,  $e_2$  representa el esfuerzo realizado por el agente en los aspectos de la calidad

que son observables por los usuarios pero no verificables por la Administración, y  $k_2 (\geq 0)$  mide el impacto de estos aspectos sobre la demanda.

Análogamente al modelo anterior, se considera la siguiente función de costes:

$$C = C_0 + e_1^2/2 + e_2^2/2 \quad (47)$$

También como en el modelo anterior, el agente cobrará una cantidad de la Administración que vendrá dada por:

$$t(R) = \alpha + \beta R = \alpha + \beta p_0 D \quad (48)$$

En esta expresión,  $t$  es la cantidad pagada por la Administración a la empresa,  $R$  son los ingresos obtenidos de los usuarios, y  $\alpha$  y  $\beta$  son parámetros a determinar.

Ahora, la restricción de participación del agente vendrá dada por:

$$Ur \geq 0 \quad (49)$$

siendo:

$$Ur = \alpha + \beta p_0 (D_0 + k_1 e_1 + k_2 e_2) - C_0 - e_1^2/2 - e_2^2/2 - r \beta^2 p_0^2 \sigma_d^2 \quad (50)$$

El valor del esfuerzo  $e_1$  le vendrá fijado exógenamente, por las condiciones del contrato, al agente. Éste, sin embargo, tratará de realizar el esfuerzo  $e_2$  que maximice su función objetivo.

Se deberá cumplir, por tanto, la siguiente condición:

$$\frac{\partial Ur}{\partial e_2} = \beta p_0 k_2 - e_2 = 0 \quad (51)$$

Es decir:

$$e_2 = \beta p_0 k_2 \quad (52)$$

La función de utilidad social se obtiene nuevamente sumando los beneficios producidos para el conjunto de la sociedad por la prestación del servicio y restando los costes en que incurre la sociedad para disponer del servicio:

$$U_S = (a + p_0)(D_0 + k_1 e_1 + k_2 e_2) - C_0 - e_1^2/2 - e_2^2/2 - r \beta^2 p_0^2 \sigma_d^2 - \lambda [\alpha - (1 - \beta) p_0 (D_0 + k_1 e_1 + k_2 e_2)] \quad (53)$$

Introduciendo en esta expresión el valor de la utilidad del agente dado por (50), el problema se plantea en los siguientes términos:

$$\text{Máx}_{(Ur, e_1, e_2)} \{a(D_0 + k_1e_1 + k_2e_2) + (1 + \lambda)[p_0(D_0 + k_1e_1 + k_2e_2) - C_0 - e_1^2/2 - e_2^2/2 - r\beta^2 p_0^2 \sigma_d^2] - \lambda Ur\} \quad (54)$$

sujeta a las restricciones (49) y (52) anteriores.

Aplicando las condiciones de primer orden, se obtiene la siguiente solución:

$$Ur = 0 \quad (55)$$

$$e_1^* = k_1 \left( p_0 + \frac{a}{1 + \lambda} \right) \quad (56)$$

$$e_2^* = \frac{k_2^2}{k_2^2 + 2r\sigma_d^2} \left( p_0 k_2 + \frac{a k_2}{1 + \lambda} \right) \quad (57)$$

Las condiciones de máximo son las siguientes:

$$-(1 + \lambda) < 0 \quad (58)$$

$$r > -\frac{k_2^2}{2\sigma_d^2} \quad (59)$$

De acuerdo con estos resultados, los parámetros que definen el contrato óptimo son los siguientes:

$$\beta^* = \frac{k_2^2}{k_2^2 + 2r\sigma_d^2} \left( 1 + \frac{a}{p_0(1 + \lambda)} \right) \quad (60)$$

$$a^* = C_0 + \frac{(e_1^*)^2}{2} + r p_0^2 \sigma_d^2 \beta^{*2} - p_0 D_0 \beta^* - p_0 k_1 e_1^* \beta^* - \frac{p_0^2 k_2^2 \beta^{*2}}{2} \quad (61)$$

Como se observa, uno de los determinantes de la remuneración fija es el esfuerzo  $e_1^*$  exigido contractualmente al agente mediante los estándares de calidad que sí son verificables, mientras que el parámetro  $\beta^*$  viene determinado fundamentalmente por la incidencia de los aspectos de la calidad no verificables, representados por  $k_2$ .

La estructura del parámetro  $\beta^*$  en la expresión (60) es la misma que en la expresión (30) de la sección anterior. Por tanto, la variación de  $\beta^*$  respecto a los distintos parámetros de los que depende tendrá el mismo signo, en cada caso, que los obtenidos en la discusión anterior.

A modo de resumen, cabe elaborar una tercera proposición, como principal resultado de este trabajo:

**Proposición 3.** *Cuando existen determinadas dimensiones de la calidad que son verificables por la Administración, y otras que, siendo observables por los usuarios, no son verificables por la Administración, un contrato óptimo se basará tanto en el establecimiento de estándares de calidad de obligado cumplimiento por el agente como en la transferencia de un cierto grado del riesgo de demanda. En condiciones de aversión al riesgo del agente, la transferencia del riesgo de demanda será mayor, en la situación óptima, cuanto mayor sea la elasticidad de la demanda respecto a las dimensiones de la calidad no verificables por la Administración.*

La razón económica de este resultado es que, en condiciones de aversión al riesgo del agente, una mayor incidencia del esfuerzo realizado en las dimensiones de la calidad no verificables por la Administración (es decir, un mayor valor de  $k_2$ ) otorga un mayor peso al incentivo proporcionado por la transferencia del riesgo de demanda, por lo que, en la situación óptima, ésta deberá ser mayor.

En el caso mixto del *peaje en sombra/pago por disponibilidad*, en que el servicio es pagado íntegramente por la Administración y en el que  $p_0$  representa únicamente la disposición al pago del usuario, los resultados que se obtienen son los siguientes:

$$e_1^* = \frac{k_1(a + p_0)}{1 + \lambda} \quad (62)$$

$$e_2^* = \frac{k_2^2}{k_2^2 + 2r\sigma_d^2} \left( \frac{p_0 k_2 + a k_2}{1 + \lambda} \right) \quad (63)$$

$$\beta^* = \frac{k_2^2}{k_2^2 + 2r\sigma_d^2} \left( \frac{1}{1 + \lambda} + \frac{a}{p_0(1 + \lambda)} \right) \quad (64)$$

Como se observa, el parámetro  $\beta^*$ , que determina la proporción del riesgo de demanda atribuido al agente, es análogo al obtenido en (44), en la sección anterior.

## 5. Conclusiones

Los resultados de este trabajo muestran que en una relación principal-agente (como es el caso de un contrato entre una Administración Pública y una empresa privada para la prestación de un servicio público) existe, con carácter general, y bajo condiciones de información asimétrica, una base teórica que justifica un determinado grado de transferencia tanto del riesgo de disponibilidad como del riesgo de demanda, debido a su función como incentivo para la mejora del desempeño del agente.

En el caso que cabe considerar como más habitual, que es el de un agente con aversión al riesgo, el papel de la transferencia del riesgo de demanda como incentivo será más importante en aquellos tipos de servicios en los que exista un vínculo más claro entre la calidad del servicio ofrecido y el nivel de demanda. De forma más precisa, la transferencia del riesgo de demanda es más importante en la medida en que existan mayores dimensiones de la calidad del servicio que puedan ser observadas por los usuarios pero no verificadas por la Administración, de tal forma que estas dimensiones de la calidad tengan una mayor incidencia sobre la demanda del servicio. Esta situación es habitual en numerosos tipos de servicios públicos (transporte colectivo, servicios hospitalarios, servicios educativos) en los que la calidad del servicio es esencial y en los que existen, efectivamente, numerosas dimensiones de la calidad difícilmente medibles y contratables por la Administración.

Por el contrario, una mayor aversión al riesgo y una mayor cantidad de riesgo de demanda (que en el modelo desarrollado en este trabajo se mide mediante la varianza del flujo de usuarios), favorecen una menor asignación del riesgo de demanda al agente, basando los contratos en mayor medida en la transferencia del riesgo de disponibilidad. Este resultado justifica que, en una situación de crisis financiera de carácter general como la que está teniendo lugar en estos años (y en la que tanto la incertidumbre sobre la demanda de los servicios como la aversión al riesgo aumentan) la remuneración de los contratistas tienda a basarse en el cumplimiento de determinados estándares de calidad, más que en una tarifa por usuario.

Respecto a la incidencia de las posibles externalidades del servicio, la transferencia del riesgo de demanda al agente aumenta su justificación, de acuerdo con los resultados de este trabajo, en presencia de mayores externalidades positivas, e, inversamente, debe ser menor ante mayores externalidades negativas, como pueden ser las afecciones medioambientales. Finalmente, la relación de la transferencia óptima del riesgo de demanda con el coste marginal de los recursos públicos depende a su vez del carácter de las externalidades del servicio. En presencia de externalidades positivas, un mayor coste marginal de los recursos públicos favorece una menor asignación del riesgo de demanda al agente. Por el contrario, si existen externalidades negativas, el mayor coste marginal de los recursos públicos lleva a una mayor transferencia del riesgo de demanda al agente, en la situación óptima. La razón para ello es que cuanto mayor es dicho coste marginal de los recursos públicos, menor es el valor relativo de las externalidades respecto al resto de los componentes de la función de utilidad social del servicio.

Este trabajo pretende constituir un marco teórico que sirva para orientar futuros trabajos empíricos basados en los resultados reales alcanzados en las nuevas fórmulas de contratos públicos, y en particular en las colaboraciones público-privadas. En la mayoría de los casos, en estos contratos apenas se ha superado la fase de construcción, encontrándose actualmente en los primeros años de operación del servicio, por lo que será necesario reunir primero una base de datos suficiente. No obstante, los resultados de carácter general alcanzados en este trabajo permiten ya, por sí mismos, elaborar algunas recomendaciones de políticas públicas.

Como se acaba de ver, el grado de transferencia del riesgo de demanda en los contratos de servicios públicos depende de una serie de factores relacionados con el entorno económico (como el grado de aversión al riesgo o el coste marginal de los recursos públicos) y otros relacionados con el proyecto o servicio público concreto de que se trate (como son la varianza de la demanda, la existencia de externalidades y la elasticidad de la demanda a la calidad del servicio no verificable por la Administración). En el diseño de un contrato óptimo se deben tener en cuenta todos estos factores, lo que llevará a distintos grados de transferencia del riesgo de demanda y del riesgo de disponibilidad en distintos sectores o distintos tipos de servicios. En este sentido, cabría abrir una reflexión sobre las colaboraciones público-privadas que se han llevado a cabo, en particular, en España.

Por ejemplo, en el campo de las autopistas de peaje se ha tendido a transferir un elevado riesgo de demanda a los concesionarios. Teniendo en cuenta la elevada incertidumbre sobre los flujos de tráfico en estas concesiones, y la posibilidad de establecer parámetros de calidad medibles por la Administración (Delgado Quiralte, Vassallo Magro y Sánchez Soliño, 2007), es probable que, de acuerdo con los resultados del presente trabajo, se haya producido una excesiva transferencia del riesgo de demanda a los concesionarios. Posiblemente, esto se deba a que, en el concepto tradicional de las concesiones administrativas, se consideraba que el concesionario construía y financiaba una determinada obra pública, obteniendo como contraprestación el derecho a explotar la obra durante un período determinado de tiempo, sin que se realizara, por parte de la Administración, un estudio suficiente de los riesgos presentes en el proyecto. La consecuencia de un exceso de transferencia de riesgo de demanda es que el coste debido a la aversión al riesgo del concesionario es demasiado elevado, produciéndose una ineficiencia que en nuestro modelo se traduce en una reducción de la utilidad social total. Por tanto, la recomendación que cabría realizar en el campo de las autopistas de peaje españolas, a partir de la aplicación de nuestro modelo ampliado, sería reducir la transferencia del riesgo de demanda (el parámetro  $\beta^*$  en nuestro modelo) y profundizar en la transferencia del riesgo de disponibilidad, mediante la utilización de los indicadores de calidad que se han desarrollado en los últimos años respecto al mantenimiento de la infraestructura viaria.

Por el contrario, en sectores como el de los servicios hospitalarios han predominado, en las colaboraciones público-privadas, los contratos basados exclusivamente en la transferencia del riesgo de disponibilidad. Este caso es más complejo, porque realmente el riesgo de demanda no existe o es muy pequeño, debido a la organización del sistema de la sanidad pública, que, en general, se basa en la asignación de la población de cada área geográfica a un determinado centro hospitalario. Sin embargo, teniendo en cuenta la posible existencia de numerosos aspectos de la calidad del servicio que pueden ser percibidos por los usuarios, pero difícilmente verificables por la Administración, parece claro que un sistema adecuado de incentivos debería establecer una remuneración del contratista basada, al menos en parte, en el número de usuarios. Esto se lograría aumentando la elasticidad de la demanda de cada centro hospitalario respecto a la calidad del servicio (es decir, aumentando el parámetro  $k_2$  en nuestro modelo), manteniendo, por otra parte, la utilización de indicadores de calidad en aquellos aspectos que son medibles por la Administración. La recomendación en este caso

sería la implantación de una organización del sistema sanitario que haga posible la competencia entre centros hospitalarios, tarea complicada y posiblemente controvertida, pero con un margen potencial de ganancia en eficiencia.

Estos son sólo dos ejemplos en dos sectores importantes, pero que se pueden extender al estudio de la contratación pública en otros campos tomando como herramienta de análisis los resultados alcanzados en este trabajo.

Finalmente, hay que señalar que hay otras funciones de la transferencia de riesgos que pueden ser importantes, pero que quedan fuera del ámbito de este trabajo. En particular, la transferencia del riesgo de demanda constituye una señal sobre aquellos servicios que responden a una necesidad real, e introduce un elemento de disciplina en las Administraciones Públicas a la hora de plantear nuevos proyectos. A la inversa, la eliminación de la transferencia del riesgo de demanda al agente, y su sustitución por fórmulas de pago basadas exclusivamente en el riesgo de disponibilidad, presenta como aspecto negativo la posibilidad de que active un incentivo perverso para las Administraciones Públicas. Éstas podrían encontrarse con una situación en la que podrían eludir, a corto plazo, el mecanismo de la disciplina presupuestaria y, simultáneamente, eludir el control del mercado al no estar sujeto el agente al riesgo de demanda, incidiendo todo ello en la puesta en marcha de proyectos no necesarios o no del todo justificables.

## Notas

1. Con este nivel de demanda mínimo  $D_0$  se quiere capturar el hecho de que en numerosos servicios públicos de carácter básico existe un cierto número de usuarios “cautivos” del servicio, fundamentalmente por razones de proximidad geográfica y de ausencia de alternativas. Esta situación puede darse, por ejemplo, en el transporte público, abastecimientos de agua, recogida de residuos urbanos, etc.
2. Este supuesto implica que los ingresos procedentes de los usuarios son propiedad de la Administración, con independencia de que la caja del servicio sea gestionada por el contratista. La Administración paga al contratista una cantidad establecida en el contrato, y se queda con las cantidades pagadas por los usuarios. Este sistema es el adoptado generalmente en el sector del transporte urbano, como, por ejemplo, en el caso del Consorcio Regional de Transportes de Madrid. No obstante, los resultados obtenidos por el modelo serían los mismos adoptando la hipótesis de que el socio privado percibe los ingresos procedentes de los usuarios más una cantidad diferencial pagada por la Administración.
3. Ejemplos de autores que utilizan una función cuadrática de coste son Arrow y Radner (1979), Gibbons (1998), Rob y Zemsky (2002), Socorro (2007) y Martimort y Pouyet (2008).

## Referencias

- Arrow, K.J. y Radner, R. (1979), “Allocation of resources in large teams”, *Econometrica*, 47(2): 361-385.
- Baeza, M.A. (2008), *Planificación económico-financiera de las concesiones de autopistas de peaje: un estudio empírico del caso español*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- Baron, D.P. y Myerson, R.B. (1982), “Regulating a monopolist with unknown costs”, *Econometrica*, 50: 911-930.

- Butler, E. y Stewart, A. (1996), *Seize the Initiative*, Londres: Adam Smith Institute.
- Cañas Fuentes, M.; Sánchez Soliño, A.; Vassallo Magro, J.M. y Castromán Pollero, A. (2006), “Modernización y conservación de carreteras mediante concesiones de peaje sombra”, *Estudios de Construcción y Transportes*, 104: 87-101.
- Debande, O. (2002), “Private Financing of Transport Infrastructure. An assessment of the UK Experience”, *Journal of Transport Economics and Policy*, 36, 3: 355-387.
- Delgado Quiralte, C.; Vassallo Magro, J.M. y Sánchez Soliño, A. (2007), “Aplicación de indicadores de calidad en concesiones de carreteras en España”, *Carreteras*, 151: 53-66.
- Dolado, J.J.; González-Páramo, J.M. y Viñals, J. (1999), “A cost-benefit analysis of going from low inflation to price stability in Spain”, en M. Feldstein (ed.): *The costs and benefits of price stability*, Chicago, Il.: National Bureau of Economic Research-University of Chicago Press, 95-132.
- Eisenhardt, K.M. (1989), “Agency Theory: An Assessment and Review”, *Academy of Management Review*, 14,1: 57-74.
- Eurostat (2004), *Treatment of public-private partnerships*. Decisión de 11 de febrero de 2004, Luxemburgo: Eurostat.
- Flyvbjerg, B.; Skamris, M.K. y Buhl, S.L. (2005), “How (In)accurate Are Demand Forecasts in Public Works Projects? The Case of Transportation”, *Journal of the American Planning Association*, 71(2): 131-146.
- Gibbons, R. (1998), “Incentives in Organizations”, *Journal of Economic Perspectives*, 12(4): 115-132.
- González-Páramo, J.M. (2001), *Midiendo el coste marginal en bienestar de una reforma impositiva*, Madrid: Instituto de Estudios Fiscales.
- Holmström, B. y Milgrom, P. (1991), “Multitask principal-agent analyses: incentive contracts, asset ownership and job design”, *Journal of Law, Economics and Organization* 7: 24-52.
- Iossa, E. y Martimort, D. (2009), *The theory of incentives applied to the transport sector*, documento de trabajo no. 09/210, CMPO, Universidad de Bristol.
- Laffont, J.-J. y Tirole, J. (1993), *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Loeb, M. y Magat, W.A. (1979), “A decentralized method of utility regulation”, *Journal of Law and Economics*, 22: 399-404.
- Martimort, D. y Pouyet, J. (2008), “Build It or Not: Normative and Positive Theories of Public-Private Partnerships”, *International Journal of Industrial Organization*, 26: 393-411.
- Ministerio de Fomento (2010), *Plan Extraordinario de Infraestructuras con financiación privada*, Madrid: Ministerio de Fomento (documento no publicado).
- Ortega, A.; Baeza, M.A. y Vassallo, J.M. (2011), “Autopistas de peaje en los accesos a Madrid: ¿qué lecciones debemos aprender para el futuro?”, *Revista de Obras Públicas*, 158 (3519), 41-50.
- Rob, R. y Zemsky, P. (2002), “Social capital, corporate culture and incentive intensity”, *RAND Journal of Economics*, 33(2): 243-257.
- Sánchez Soliño, A. y Vassallo, J.M. (2009), “Using Public Private Partnerships to Expand Subways: Madrid-Barajas International Airport Case Study”, *Journal of Management in Engineering*, 25(1): 21-28.



Socorro, M.P. (2007), "Optimal technology policy under asymmetric information in a research joint venture", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 62: 76-97.

Standard & Poor's (2003), *The Evolution of DBFO Payment Mechanisms: One More for the Road?*, Londres: Standard & Poor's.

Yescombe, E.R. (2007), *Public-Private Partnerships: principles of policy and finance*, Oxford: Elsevier.

## **Abstract**

This paper analyses the optimum allocation of risks in public infrastructure and service contracts, using a framework based on the theory of incentives. The model assumes an environment of asymmetric information between principal (government) and agent (private partner), where the latter is risk averse. The main conclusion of the paper is that, under an optimum contract, the transfer of demand risk to the private partner will be greater, with respect to the transfer of availability risk, when there are greater dimensions of service quality that may be observed by users, but not verified by the government.

*Keywords:* Incentives, Demand Risk, Availability Risk, Public Procurement, Public Service.

*JEL classification:* D82, H54, H57, L97.

