

SERIE DOCUMENTOS

**BORRADORES
DE
INVESTIGACIÓN**

No. 23, abril de 2002

**Regulación de monopolios naturales
con información asimétrica: una introducción**

Carlos Pombo



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario - 1653

REGULACIÓN DE MONOPOLIOS NATURALES CON INFORMACIÓN ASIMÉTRICA: UNA INTRODUCCIÓN

CARLOS POMBO*
capombo@claustro.urosario.edu.co

RESUMEN

Este artículo describe el modelo de regulación de costos con completa información y el modelo de Baron y Myerson de regulación de monopolios naturales con selección adversa dentro de un esquema de principal-agente en su versión discreta de dos tipos. El modelo resalta las distorsiones causadas por las rentas de información que el agente obtiene debido a que el regulador no conoce el verdadero parámetro de costos marginales de la firma.

Palabras clave: regulación, teoría de contratos, monopolio natural.

Clasificación JEL: L41, L51

ABSTRACT

This paper analyses the model of cost regulation with complete information and the Baron & Myerson model of natural monopoly regulation with adverse selection based on a discrete, two types, principal-agent scheme. The model highlights the distortions caused by information rents gained by the agent due to the regulator does not know the firm's marginal costs.

Key words: Regulation, contract theory, natural monopoly.

JEL Classification: L41, L51

* Profesor asociado y director de la maestría en economía, Universidad del Rosario. Agradezco los comentarios de Luis H. Gutiérrez y Rodrigo Taborda a versiones preliminares de este documento.

1. INTRODUCCIÓN

En julio del presente año se cumplen 20 años de la publicación pionera del artículo de Baron y Myerson (1982) sobre la regulación de monopolios naturales cuando existe incompleta e imperfecta información por parte del regulador.¹ La asimetría en información presume que al menos una de las partes posee más información. Este caso implica por lo menos dos fallas de mercado. La primera, la existencia de monopolios naturales, y la segunda, una estructura de imperfecta información, las cuales justifican desde una perspectiva de eficiencia y bienestar económico una intervención del gobierno como regulador o supervisor para evitar que las firmas se comporten como monopolistas con habilidad de discriminar precios y mercados.

Las fuentes para que existan monopolios naturales son las asociadas con: i) economías de escala en firmas uniproducto, ii) economías de alcance en firmas multiproducto, iii) altos costos hundidos en inversión inicial, iv) inversión directa con usuarios finales, y v) bienes no almacenables. Todas estas características las encontramos en las industrias de servicios públicos domiciliarios donde se justifica desde el punto de vista de eficiencia la existencia de una sola red de transmisión o distribución local de electricidad, gasoductos, redes de telecomunicaciones, rutas y líneas férreas. Sin embargo, en otras actividades industriales existen monopolios naturales en los cuales los gastos en investigación y desarrollo son muy altos y, por su naturaleza, una vez incurridos en ellos no son recuperables. La fabricación de aviones comerciales, sustancias químicas para uso industrial y marcas de medicamentos son ejemplos de industrias altamente concentradas y con altos costos hundidos en investigación y desarrollo en los mercados internacionales.

La estructura de información se constituye en una fuente adicional de competencia imperfecta. Si la información es completa la regulación clásica de costos que siguen el enfoque de Ramsey-Bouteoix es un esquema eficiente de intervención que permite al regulador fijar precios segundos óptimos los cuales minimizan la pérdida neta de bienestar social. El regulador en este contexto debe implementar una política en precios tal que garantice la viabilidad económica de la firma la cual le permita principalmente cubrir sus altos costos fijos, y que los precios regulados no se distancien de los precios de eficiencia (costos marginales).

Por su parte, si la información es imperfecta ésta agrega una falla adicional de mercado. Cualquier esquema de precios regulados no alcanzará los resultados esperados de precios de Ramsey porque el monopolista es capaz de extraer una renta adicional asociada a la asimetría en información. Estas rentas se denominan en la literatura de contratos como rentas de información (*informational rents*). El origen de la asimetría surge porque el regulador no conoce todas las características tecnológicas de la firma ni el verdadero esfuerzo en ganar eficiencia productiva. La primera asimetría es un problema de selección adversa que dentro de una relación de principal-agente, el regulador (principal) debe ofrecer un menú de contratos de acuerdo con la tipología de la firma (agente). La segunda asimetría es un problema de riesgo moral en el cual el esfuerzo del agente no es observado por el principal. En este sentido, el regulador debe diseñar un contrato que incentive la eficiencia del agente por medio de una mejor gestión gerencial y productiva.

¹ ByM en adelante.

El objetivo de este artículo es describir de una forma pedagógica el modelo básico de regulación de costos marginales con selección adversa, con el fin de introducir al lector no especializado en el tema de la teoría de contratos e incentivos. El documento tiene cuatro secciones incluida esta introducción. La segunda sección describe el modelo tradicional de regulación de costos con completa información. La tercera sección plantea y desarrolla el modelo del principal-agente cuando la firma conoce su tipo asociado a su verdadera estructura de costos. En este modelo, el regulador tiene una creencia previa (*prior belief*) sobre la probabilidad de que el agente posea una estructura de costos marginales bajos (tipo eficiente) o, por el contrario, responda a una estructura de costos altos (tipo ineficiente). Éste es el modelo básico más sencillo que se denomina en la literatura como el modelo discreto de dos-tipos (*the two-type model*), el cual genera toda la intuición necesaria para entender el conflicto básico entre eficiencia y rentas de información. La cuarta sección presenta unos comentarios finales.

2. REGULACIÓN DE MONOPOLIOS NATURALES CON COMPLETA INFORMACIÓN

La literatura tradicional sobre políticas óptimas de regulación de costos para monopolios naturales (Braeutingham, 1989) tiene como punto de partida dos preguntas fundamentales. La primera es si la escala mínima eficiente de operaciones es relativamente grande a la demanda del mercado. Una respuesta afirmativa señala que existen economías de escala o de alcance para las firmas multiproducto, que generan un menor costo medio en la medida que se incrementa la escala de producción. Este hecho implica que no es posible introducir una competencia efectiva dentro del mercado porque se duplican costos fijos (*yardstick competition*) de una forma innecesaria, y por consiguiente una pérdida de recursos que socialmente tienen un mejor uso alternativo. Este proceso predatorio que siguen las firmas posicionadas (*incumbents*) en el mercado termina cuando la firma más fuerte se consolida como un único proveedor o monopolista natural. Sin embargo, el costo asociado al ajuste entre los flujos de entrada y salida puede ser muy alto socialmente.

Ésta es una razón que explica la formación de monopolios naturales en industrias de redes donde es más eficiente tener un único distribuidor local de energía, una sola red local de telecomunicaciones, o una sola ruta de poliducto para el transporte de combustibles. Los usuarios potenciales de estas redes, como los generadores de energía, las refinerías de petróleo y los proveedores locales de servicios de comunicaciones, en ausencia de regulación tendrían que pagar unos precios de monopolio al propietario de esta infraestructura. El diseño de cargos de acceso que reflejen el precio sombra de la inversión y el mantenimiento de la red sólo es posible a través de un regulador que evite una discriminación de precios por parte del monopolista natural.²

² La desregulación de la industria de telecomunicaciones en Colombia se implementó a mediados de la década de los 90, cuando se permitió la participación privada en concesiones para la expansión de infraestructura, y se abrió el mercado de larga distancia a operadores diferentes a la Empresa Colombiana de Telecomunicaciones (Telecom) [Ley 37 de 1993; Ley 142 de 1994]. En la ciudad de Bogotá, por ejemplo, ha sido común observar que cada empresa de telecomunicaciones decidiera construir sus nuevas redes en vez de pagar un “peaje” por el uso de la red de la empresa municipal en sectores donde la ciudad ya tenía cubrimiento del servicio. Este hecho evidencia una falla en la regulación del sector que ha permitido la duplicación de estos costos fijos. Similar razonamiento para el caso de Estados Unidos se encuentra en Sappington y Weisman (1996).

La segunda pregunta es qué tan tolerable es la pérdida neta de bienestar asociada a una fijación de precios segundos óptimos por parte del regulador. Si la pérdida es pequeña existen diferentes mecanismos que el regulador puede implementar. Uno de ellos es eliminar las barreras a la entrada a fin de hacer efectiva una competencia para el mercado. Si esto es posible, el regulador puede adoptar esquemas de subastas por franquicias (Demsetz, 1968) que introduzcan competencia ex-ante al mercado, competencia monopolística intermodal (Breutingam 1979),³ o esquemas flexibles y automáticos de renegociación de contratos que hagan creíble la amenaza de entrada por parte de los competidores potenciales.

El último esquema se conoce en la literatura de economía industrial como *Contestable Markets*, el cual fue introducido por Baumol, Panzar y Willig (1982). Esta estructura de mercado permite que los competidores potenciales apliquen una estrategia de entrar, golpear y salir como su estrategia de equilibrio si la firma observa que puede capturar beneficios de corto plazo. El principal supuesto es que los costos hundidos de entrada son bajos y no existen costos de salida. Por ejemplo, la desregulación del sector del transporte aéreo de pasajeros a finales de los 70 en Estados Unidos se basó en esta idea de “concursabilidad”, en la cual una vez una aerolínea esté en operación puede entrar a competir por las rutas más rentables en cualquier momento. Esto hace que las firmas posicionadas mantengan precios cercanos a su costo marginal de operación.⁴

En el evento en que los anteriores mecanismos no se puedan introducir, la regulación de precios Ramsey es una política óptima la cual se describe en detalle más adelante. Por último, hay que considerar el caso en el cual la pérdida neta de bienestar no sea tolerable. En este caso, el regulador puede fijar precios de eficiencia es igual al costo marginal, pero esta política implica un subsidio directo a la firma el cual no es un mecanismo fácil de adoptar debido a las distorsiones que estas transferencias generan en otros sectores o su viabilidad política en términos de equidad.

2.1 EL MODELO

El modelo base de regulación de costos asume que el regulador conoce la estructura de costos de la firma y, por tanto, está en capacidad de monitorear el desempeño de la misma. Estos esquemas tienen más relevancia en el caso de regulación de empresas públicas. Este esquema de propiedad permite, en principio, un acceso veraz a la información de gestión de las firmas. Por ejemplo, hasta mediados de los 90, el sector eléctrico en Colombia respondía a una estructura de monopolios regionales verticalmente integrados que estaban coordinados por el sistema central (nacional) de despacho (CND) de ISA, la compañía de transmisión que a su vez, hasta 1995, era uno de los principales generadores. La tarifa aplicada a la energía en bloque se fijaba centralmente en el CND de acuerdo con el costo marginal incremental de largo plazo el cual estaba en función de la expansión en infraestructura y el costo de racionamiento. Este esquema, con variaciones,

³ La competencia intermodal o entre-modos ha tenido aplicación especialmente en el transporte de carga y de pasajeros. En Francia por ejemplo, existe una competencia efectiva entre el transporte aéreo de pasajeros doméstico y el terrestre vía férrea. De hecho, la competencia es prácticamente entre dos monopolios: Air France y la SFNC.

⁴ Para más detalles sobre el proceso de desregulación en el sector aéreo en USA véanse los trabajos de Borenstein (1992), Kahn (1988), y Viscusi, Vernon y Harrington (1995).

sigue vigente en sistemas eléctricos públicos centralizados como es el caso de Francia a través de su estatal Electricité de France.⁵

El planteamiento del modelo con perfecta y completa información se puede ilustrar de la siguiente forma:

Sea

1. La función de costos del monopolista: $C(q, \theta) = F + \theta q$

donde:

F = costos fijo

q = nivel de producto

y el costo marginal θ es observado por el regulador.

2. $P(q)$ = Función inversa de demanda la cual es conocida por el monopolista

3. El excedente social: $S(q) = \int_0^q P(x) dx$

4. La función de beneficios del monopolista: $\Pi = t + p(q)q - C(q, \theta)$

donde t = valor de la transferencia directa del regulador a la firma. Esta transferencia se origina por la necesidad que tiene el regulador de superar el punto de cierre de la planta cuando se interviene en la fijación de precios finales de venta.

5. El excedente del consumidor: $V(q, t) = S(q) - p(q)q - (1 + g)t$

donde el término $(1 + g)$ representa el costo de oportunidad de los fondos públicos. La razón de esta expresión es que el recaudo de impuestos tiene un costo administrativo y de transacción para la sociedad.

El problema del regulador es maximizar el excedente del consumidor sujeto a la restricción de viabilidad operacional del monopolio natural, es decir

$$\text{Max}_{q,t} V(q, t) \text{ s.a } \Pi = 0; t \geq 0 \quad (1)$$

Usualmente el regulador tiene unos objetivos redistributivos en su función de bienestar social. El caso general considera que \$1 de beneficio de la firma es socialmente tan deseable como un \$1 de excedente del consumidor. Entonces, el problema de maximización en (1) puede describirse como:

$$\text{Max}_{q,t} W = S(q) - p(q)q - (1 + g)t + \lambda_1 [t + p(q)q - (F + \theta q)] + \lambda_2 t \quad (2)$$

⁵ Una descripción sobre la estructura del sector eléctrico antes y después de la reforma de 1994 en Colombia está en Pombo (2001). Una completa descripción del sistema eléctrico francés se encuentra en Laffont (1996).

donde λ_1, λ_2 son los multiplicadores de Lagrange y representan el precio sombra de las restricciones, que en el contexto del problema en (1) es el equivalente al costo de oportunidad de los fondos públicos. Las condiciones de Kuhn-Tucker (K-T) asociadas a W son:

$$\frac{\partial W}{\partial q} = S'(q) - p'(q)q - p(q) + \lambda_1[(p'(q)q + p(q) - \theta)] = 0 \quad (3a)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = -(1 + g) + \lambda_1 + \lambda_2 = 0 \quad (3b)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \lambda_1} = [t + p(q)q - (F + \theta q)] \geq 0 ; \lambda_1[t + p(q)q - (F + \theta q)] = 0 ; \lambda_1 \geq 0 \quad (3c)$$

$$\frac{\partial W}{\partial \lambda_2} = t \geq 0 ; \lambda_2 t = 0 ; \lambda_2 \geq 0 \quad (3d)$$

El contrato óptimo es el par (t^*, q^*) tal que las condiciones de K-T (3a) - (3d) se satisfagan.

Una solución es asumir por definición que el regulador siempre quiere hacer efectiva una transferencia.

En este caso por definición $t > 0$; entonces por (3d): $\lambda_2 = 0$; y por (3b): $\lambda_1 = 1 + g$; es decir, que el precio sombra de la restricción de viabilidad operacional representa el costo de oportunidad de los fondos públicos como se había anotado. Ahora, el resultado de que esta restricción sea efectiva implica por (3c): $t + p(q)q = f + \theta q$; pero si se impone que la firma siga un política de equilibrio operativo, el contrato óptimo por parte del regulador es ofrecer una producción y transferencias equivalentes a

$$(t^*, q^*) = (F, q^e) \quad (4)$$

donde: $p^* = \theta$ y q^e es igual a la producción de eficiencia. En otras palabras, el regulador fija una política de costos marginales y se compromete con un nivel de transferencias que cubra los costos fijos al monopolista.

Una segunda solución es asumir que el regulador no hace ninguna transferencia y más bien fija un precio mayor al costo marginal tal que los ingresos cubran el total de gastos operativos y fijos. En este sentido, si $t = 0$ implica por (3d) que $\lambda_2 > 0$; y por (3b): $1 + g = \lambda_1 + \lambda_2$; lo cual sugiere que $\lambda_1 > 0$ y consecuentemente tiene que ser cierto que existe un equilibrio contable entre los ingresos y gastos del monopolista, es decir $p(q)q = F + \theta q$.

El anterior equilibrio implica a su vez que las condiciones de optimalidad en producción del monopolista se mantienen, es decir

$$p'(q)q + p = \theta \quad (5)$$

La igualdad en (5) expresa la identidad entre el ingreso y el costo marginal. En consecuencia, la condición (3a) puede expresarse como

$$\frac{\partial W}{\partial q} = S'(q) - \theta \geq -\lambda_1 [(p'(q)q + p(q) - \theta)] \quad (6)$$

Expresando (6) en términos de *markups* puede mostrarse que

$$\frac{p - \theta}{p} \geq \frac{\lambda_1}{1 + \lambda_1} \cdot \frac{1}{\varepsilon} \quad (7)$$

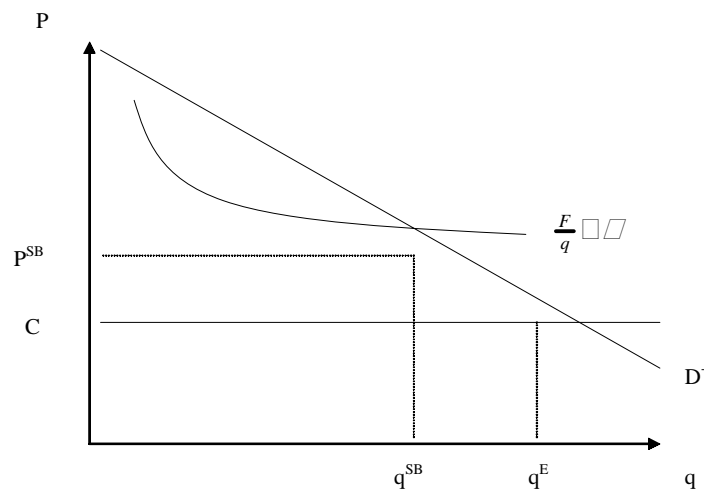
donde la elasticidad precio es $\varepsilon < 0$; y $S'(p) = p$.⁶

El resultado en (7) expresa la solución clásica de precios de Ramsey por medio de la cual el regulador disminuye efectivamente el *markup* del monopolista a sus precios segundos óptimos (*second best*) mayores a los costos marginales generando una producción menor a la de eficiencia. La figura 1 ilustra geométricamente la solución asociada al segundo óptimo que genera el regulador. El contrato óptimo en este caso está caracterizado por el vector

$$(t^*, p^*, q^*) = (0, p^{sb}, q^{sb}) \quad (8)$$

donde: *sb* significa segundo óptimo o *second best*.

FIGURA 1
REGULACIÓN COSTOS MARGINALES - PRECIOS DE RAMSEY



⁶ Nótese que $\frac{\partial}{\partial P} \left[\int_0^q P(x) dx \right] = P(q)$

La regulación por costos marginales o medios ha sido aplicada por las comisiones de regulación en Estados Unidos y por agencias gubernamentales en Europa occidental y América Latina desde los 50, especialmente en industrias de servicios públicos domiciliarios y de transporte. Las fórmulas utilizadas en la práctica son más complejas que la descrita en (7), y éstas varían según industria y país. Las críticas más importantes a la regulación de costos marginales son las siguientes (Laffont y Tirole, 1993):

1. Costo de los fondos públicos. En términos del problema de maximización descrito este precio sombra está dado por $\lambda = 1 + g$; entonces cada peso que se transfiera le cuesta al consumidor $1 + g$. El recaudo de estos impuestos crea a su vez distorsiones en otros sectores no favorecidos por la regulación.
2. Crítica de Coase. Una segunda crítica proviene de la observación que hizo Coase en los 40, en la cual se preguntaba cuál era el costo social asociado a los monopolios multiproducto cuando la regulación mantiene artificialmente uno o más de sus bienes o servicios. El ejemplo típico es el de transporte férreo, donde la fijación de un precio medio global que garantice una tasa de retorno impide que la firma cierre la operación de sus líneas no rentables.
3. Incentivos. Esta crítica tampoco es nueva y señala que la ausencia de restricciones presupuestales por parte de la firma creará incentivos inapropiados para una reducción de costos, o incrementos en productividad por parte del monopolista.

Una cuarta crítica está asociada con el papel de la información imperfecta, tema de análisis de la siguiente sección.⁷

3. REGULACIÓN DE MONOPOLIOS NATURALES CON IMPERFECTA INFORMACIÓN

La regulación directa de costos pierde vigencia en la medida que el regulador pierde su capacidad de observar y monitorear el desempeño de la firma. Este factor se torna más relevante en escenarios donde los gobiernos han optado por estrategias de política económica de desregulación de mercados por medio de la eliminación de las barreras a la entrada y a la creación de incentivos para que la inversión privada participe en la provisión de infraestructura pública. En este sentido, los procesos de privatización y reformas regulatorias han generado la necesidad de diseñar nuevos mecanismos que permitan una regulación efectiva que garantice la viabilidad de estas reformas.

La experiencia inglesa se constituye en el ejemplo más dicente de innovación institucional. A mediados de los 80 el gobierno conservador comenzó a implementar una política general

⁷ Un esquema general de diseño de instrumentos regulatorios ha sido la denominada regulación por tasa de retorno (*rate of return regulation*). Este esquema ha tenido una larga tradición en la regulación de industrias de redes en Estados Unidos, pero que por la limitación de espacio no se analiza en este artículo. Es importante señalar que en los años 50 y 60 Estados Unidos fue uno de los pocos países en conservar propiedad privada en la prestación de servicios públicos domiciliarios e industrias de redes especialmente en telecomunicaciones. Una buena introducción al tema se encuentra en Berg y Tschirhart (1988), Viscusi et al. (1995). Un tratamiento más riguroso está en Laffont y Tirole (1993) y Laffont y Tirole (2000) para el sector de telecomunicaciones. Un análisis detallado del desempeño de la industria de las telecomunicaciones en Estados Unidos bajo la regulación por costos y la más reciente por incentivos se encuentra en Sappington y Weisman (1996).

de desregulación que implicó la privatización de los sectores de telecomunicaciones, ferrocarriles, generación, transmisión y distribución de energía, gas natural, agua y saneamiento ambiental. Este proceso está ampliamente documentado en decenas de artículos y estudios sectoriales. Sin embargo, el libro de Armstrong, Cowan y Vickers (1994) sintetiza en un solo estudio la experiencia inglesa de una forma detallada, completa y rigurosa en cada uno de los sectores mencionados. Más recientemente, el estudio de Newbery (2000) resume la experiencia internacional sobre las reformas regulatorias en industria de redes para varios países de Europa, América Latina y Estados Unidos. El diseño de los nuevos instrumentos que introdujo Littlechild en Inglaterra ha servido como referencia para reformas posteriores en otros países. En particular, la regulación de precios techo, conocida en la literatura internacional como *price cap o RPI - X regulation*,⁸ ha sido la principal contribución de cómo un problema de política económica implicó simultáneamente una mayor producción académica que sustentara teóricamente los efectos sobre la eficiencia y bienestar económico derivados del uso de estos novedosos instrumentos.

El artículo de Baron y Myerson (1982), como se mencionó, fue el primero en presentar un modelo de regulación basado en una relación de principal-agente cuando el regulador no conoce el verdadero tipo o estructura de costos de la firma. Este modelo de selección adversa, como lo anota Laffont (1994), fue el primer paso para reformular el problema de regulación como *un problema de agencia*, resaltando las distorsiones derivadas de la información incompleta e imperfecta. La estructura básica del modelo puede introducirse por medio de la representación de la forma extensa de un juego de incompleta información. La figura 2 presenta el diagrama de árbol asociado al problema de agencia cuando el regulador (principal) tiene incertidumbre sobre el verdadero parámetro de costos marginales θ , del monopolista (agente). La solución de este juego es un equilibrio Bayesiano de Nash como concepto de equilibrio no cooperativo de negociación por medio del cual el regulador debe diseñar un mecanismo (contrato) que cumpla con las siguientes condiciones: i) el regulador maximice su función objetivo, la cual bajo el supuesto de regulador benevolente maximizará el excedente social esperado; ii) el contrato sea compatible, es decir, el agente prefiere un contrato asociado a su verdadero tipo; y iii) el agente acepte el contrato de tal forma que la estrategia de revelar su verdadero tipo sea una estrategia de equilibrio.

La lectura de los pagos es la siguiente: el regulador debe ofrecer una transferencia (t) tal que cubra los costos fijos y operacionales de la firma. El precio asociado fijado debe ser cercano al segundo óptimo que minimice la renta de información del agente. La firma, por su parte, producirá una cantidad asociada al nivel segundo óptimo, lo cual implica que sus beneficios extraeconómicos tiendan a cero. La transferencia que el regulador ofrece minimiza la asimetría de información en el sentido de que si el agente es ineficiente o de costos marginales altos sus beneficios son cero, pero si el agente es eficiente y si se declara ineficiente, el regulador le permite disfrutar de una renta de información obteniendo unos beneficios positivos. El asunto clave es entonces cómo el regulador determina y minimiza esta renta, y la distorsión en producción generada por la asimetría de información.

⁸ RPI = retail price index.

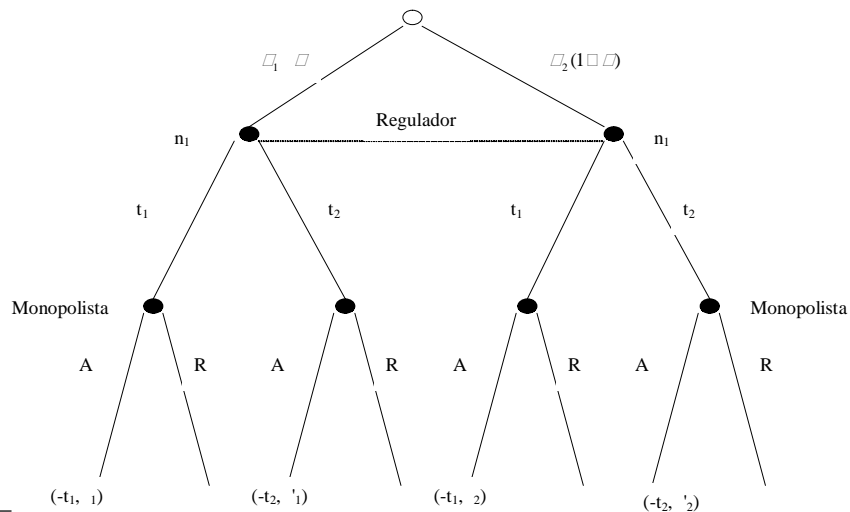
3.1 EL MODELO CON SELECCIÓN ADVERSA

El problema de selección adversa implica que el regulador no conoce ni observa el verdadero tipo al que la firma pertenece.⁹ La versión más simple es el caso discreto donde sólo existen dos valores posibles del parámetro de costos marginales, es decir $\theta \in \{\theta_1, \theta_2\}$ y $\theta_2 - \theta_1 > 0$. Por otro lado, se asume que la firma provee un bien público que no es transable en el mercado, por tanto, el único ingreso que recibe el monopolista es la transferencia directa del regulador.

De forma similar al modelo con información completa, se define que:

1. La función de costos del monopolista: $C(q, \theta) = F + \theta q$; donde: $\theta \in \{\theta_1, \theta_2\}$; $\theta_1 < \theta_2$; F = costos fijos; q = nivel de producto; y θ = costo marginal.
2. La función de beneficios del monopolista: $\Pi = t - C(q, \theta)$
donde t = valor de la transferencia directa del regulador a la firma.
3. El excedente del consumidor: $V(q, t) = S(q) - (1 + \lambda)t$; donde: $(1 + \lambda)$ = el costo de oportunidad de los fondos públicos, y $S(q) = \int_0^q P(x)dx$.
4. La incertidumbre que tiene el principal sobre el verdadero tipo del agente viene dado por el parámetro que representa la probabilidad condicional de que el monopolista sea eficiente. El regulador estima y actualiza esta probabilidad siguiendo la Regla de Bayes.¹⁰

FIGURA 2
FORMA EXTENSA REGULACIÓN CON SELECCIÓN ADVERSA



⁹ En esta sección, la descripción del modelo de dos tipos sigue el formato y la simbología del presentado para un caso más general en Laffont y Martimort (2002).

¹⁰ Por esta razón los juegos de incompleta información se denominan juegos bayesianos. Esta probabilidad condicional refleja la **creencia previa** que el regulador tiene sobre el verdadero tipo del agente.

donde: t = transferencias del regulador, $\pi_1 > \pi'_1$; $\pi_2 > \pi'_2$.

El regulador debe ofrecer un contrato que corresponda al verdadero tipo del agente y éste lo acepte, debido a que el parámetro θ no es observado. En este sentido, el problema de maximización del regulador está sujeto a las restricciones de incentivos-compatibles (IC) y de incentivos-racionales (IR). Los últimos también se denominan en la literatura como los incentivos de participación. Las restricciones de incentivos compatibles señalan que el agente prefiere el contrato diseñado de acuerdo con su tipo:

$$t_1 - \theta_1 q_1 \geq t_2 - \theta_1 q_2 \quad (\text{IC1})$$

$$t_2 - \theta_2 q_2 \geq t_1 - \theta_2 q_1 \quad (\text{IC2})$$

donde: $\theta_1 < \theta_2$; $t_1 < t_2$.

Las restricciones de participación señalan que el contrato siempre será aceptado por el agente y, por simplicidad, se asume que el costo de oportunidad del agente es cero.

$$t_1 - \theta_1 q_1 \geq 0 \quad (\text{IR1})$$

$$t_2 - \theta_2 q_2 \geq 0 \quad (\text{IR2})$$

En resumen, las restricciones IC e IR definen el conjunto de posibilidades disponible para el menú de contratos que pueden ser diseñados por el regulador. Ahora bien, si se suman las dos restricciones de compatibilidad de incentivos se deriva una propiedad adicional que se conoce como la Propiedad de Implementabilidad de los contratos, es decir

$$IC_1 + IC_2 \Rightarrow q_1(\theta_2 - \theta_1) \geq q_2(\theta_2 - \theta_1) \quad (\text{IP})$$

Entonces, la condición IP implica que un contrato es implementable cuando la producción de la firma eficiente es mayor o igual a la producción de la firma no eficiente. Por otra parte, el hecho de que el agente esté mejor informado sobre la verdadera naturaleza de las cosas implica una ventaja que se traduce en la posibilidad de obtener rentas de información. Considérese que el menú de contratos $\{(t_1, q_1), (t_2, q_2)\}$ satisface las propiedades IC. Los beneficios que obtendría la firma eficiente si éste decidiera imitar a la firma ineficiente serían iguales a

$$t_2 - \theta_1 q_2 = t_2 + q_2(\theta_2 - \theta_1) + \theta_2 q_2$$

lo que equivale a

$$t_2 - \theta_1 q_2 = \Pi_2 + \Delta\theta q_2 \quad (9)$$

Entonces, si la firma eficiente se declara como ineficiente obtendría unos beneficios mayores a los asociados a la firma no eficiente. El segundo término de (9) indica el tamaño de renta de información. Este resultado ilustra un punto central de la teoría de contratos y es que siempre el

agente tiene la posibilidad de declararse o revelar un tipo equivocado. Las restricciones de compatibilidad de incentivos controlan esta situación.

3.2 EL PROBLEMA DE MAXIMIZACIÓN DEL PRINCIPAL

La existencia de rentas de información indica que el principal (regulador) conoce esta situación y por tanto debe minimizar estas transferencias por medio de un contrato efectivo, implementable y eficiente. Defina α como la probabilidad de que la firma sea eficiente, en consecuencia el regulador maximizará el excedente social esperado sujeto a las restricciones de compatibilidad y participación:

$$\underset{q_1, q_2, t_1, t_2}{Max} \quad EW = \alpha[S(q_1) - (1 + \lambda)t_1 + t_1 - \theta_1 q_1] + (1 - \alpha)[S(q_2) - (1 + \lambda)t_2 + t_2 - \theta_2 q_2] \quad (10)$$

sujeto a : IC_1, IC_2, IR_1, IR_2

La función objetivo cambia cuando existe incompleta información en relación con la del modelo de completa información. El equilibrio de Nash, el cual es la solución analítica de (10), representa las acciones de equilibrio que utiliza el jugador como respuesta estratégica a su rival. Estas acciones son las que maximizan en todos los casos sus pagos esperados.

La función EW se puede expresar de forma alternativa. El término entre llaves de (10), haciendo caso omiso de los subíndices, puede describirse

$$S(q) - (1 + \lambda)t + t - \theta q = S(q) - (1 + \lambda)\theta q - \lambda\Pi \quad ; \text{ donde } \Pi = t - \theta q \quad (11)$$

Sustituyendo (11) en (10), y arreglando términos

$$EW = \alpha[S(q_1) - (1 + \lambda)\theta_1 q_1] + (1 - \alpha)[S(q_2) - (1 + \lambda)\theta_2 q_2] - \lambda[\alpha\Pi_1 + (1 - \alpha)\Pi_2] \quad (12)$$

El excedente social esperado EW en (12) está expresando dos componentes. Uno es un componente de eficiencia que el regulador desea imponer. El otro es la renta de información esperada por el agente y equivalente al término: $\lambda[\alpha\Pi_1 + (1 - \alpha)\Pi_2]$. En otras palabras, EW expresa el excedente social neto del pago que debe hacerse al agente por concepto de su renta de información. Las restricciones IC pueden expresarse en términos de rentas de información como:

$$\Pi_1 \geq \Pi_2 + \Delta\theta q_2 \quad (13a)$$

$$\Pi_2 \geq \Pi_1 - \Delta\theta q_1 \quad (13b)$$

$$\text{y las restricciones de participación: } \Pi_1 \geq 0; \Pi_2 \geq 0 \quad (13c)$$

El problema del principal consiste en maximizar EW sujeto a las restricciones de compatibilidad y participación (13a)-(13c). Si este problema se resuelve tal como está planteado, con cuatro restricciones, es común encontrar muchas posibles soluciones al verificar las condiciones de K-T. El problema puede resolverse de una forma alternativa. Un atajo es tratar de simplificarlo, eliminando una o más restricciones. La intuición en este punto radica en la eliminación de la restricción e implicará una expansión del conjunto convexo a la que la solución

pertenece, pero si la solución está incluida en el conjunto original no hay problema en hacer dicha simplificación. Es decir, la estrategia es hallar la solución al programa subrestringido y mostrar que ésta es la solución al programa global (Fudenberg y Tirole, 1991).

En la literatura de selección adversa es un resultado estándar conocer que en problemas de incentivos bien definidos en términos de concavidad, por lo menos una restricción IC y otra IR no son efectivas si las otras dos contrapartes se cumplen. Para el caso de las restricciones (13a)-(13c) puede mostrarse que IR_1 e IC_2 son las restricciones no activas del problema.

PRUEBA

Asuma que $\Pi_2 = 0 \Rightarrow \Pi_1 \geq \Delta\theta q_2$; por tanto $\Pi_1 > 0, \forall q_2 > 0$. En consecuencia IR_1 es una restricción no efectiva.

Dado que $\Pi_1 > 0$, implica por IC_2 que $\Pi_2 + \Delta\theta q_1 \geq \Pi_1$, y por la condición de implementabilidad $q_1 > q_2 \Rightarrow \Delta\theta q_1 > \Delta\theta q_2$, se concluye que si $IC_1 = 0 \Rightarrow IC_2 = 0$; y se puede eliminar IC_2 del problema *Q.E.D*

Intuitivamente, si la condición $\Pi_2 = 0$ se satisface, entonces los productores más eficientes —tipo θ_1 — estarán dispuestos a participar puesto que podrían producir una cantidad q_2 , recibir t_2 , y obtener una ganancia igual a $t_2 - \theta_1 q_2 \geq 0$. Por esto se omite la restricción $\Pi_1 \geq 0$. De forma similar, al dejar por fuera IC_2 el regulador tiene como objetivo inducir a la(s) empresa(s) eficiente(s) a revelar que tienen costos más bajos y no lo contrario.

El problema de maximización del principal se simplifica a

$$\underset{q_1, q_2}{Max} EW = \alpha[S(q_1) - (1 + \lambda)\theta_1 q_1] + (1 - \alpha)[S(q_2) - (1 + \lambda)\theta_2 q_2] - \lambda[\alpha\Pi_1 + (1 - \alpha)\Pi_2] \quad (14)$$

$$\text{Sujeto a: } \Pi_1 = \Delta\theta q_2; \Pi_2 = 0 \quad (15)$$

Sustituyendo las restricciones (15) en (14), las condiciones de primer orden del problema son:

$$\frac{\partial EW}{\partial q_1} = \alpha[S'(q_1) - (1 + \lambda)\theta_1] = 0 \quad (16a)$$

$$\frac{\partial EW}{\partial q_2} = -\alpha\lambda\Delta\theta + (1 - \alpha)[S'(q_2) - (1 + \lambda)\theta_2] = 0 \quad (16b)$$

Arreglando términos y despejando precios

$$P_1^{*sb} = (1 + \lambda)\theta_1 \quad (17a)$$

$$P_2^{*sb} = (1 + \lambda)\theta_2 + \frac{\alpha}{1 - \alpha}\lambda\Delta\theta \quad (17b)$$

donde: $S'(p) = P$.

Los resultados (17a) y (17b) son los principales del modelo de ByM. La primera igualdad indica que el precio segundo óptimo de la firma eficiente tiende al costo marginal si el costo de oportunidad de los fondos públicos es despreciable, $\lambda \rightarrow 0$. En este caso, la producción del tipo eficiente será equivalente a su producción de eficiencia. La segunda igualdad señala cuál es el precio segundo óptimo si la firma se declara como ineficiente. En este caso la firma recibiría una renta de información que es igual al segundo término de (17b). Lo anterior también implica que su nivel de producción es menor a su nivel de eficiencia. Teniendo en cuenta las restricciones del problema, las transferencias asociadas a los precios solución segundos óptimos son:

$$\text{Tipo eficiente: } t_1^{sb} = \theta_1 q_1^e + \Delta\theta q_2$$

$$\text{Tipo ineficiente: } t_2^{sb} = \theta_2 q_2^{sb}$$

Entonces, si el monopolista es ineficiente no obtiene renta de información, pero si éste es eficiente el regulador le permite, a través de su menú de contratos, obtener alguna renta positiva bajo la condición de que éste produzca su nivel de eficiencia. Nótese también que el conflicto entre eficiencia y extracción de renta está ilustrado por la condición (16b), donde

$$(1 - \alpha)[P_2 - (1 + \lambda)\theta_2] = \alpha\lambda\Delta\theta \quad (18)$$

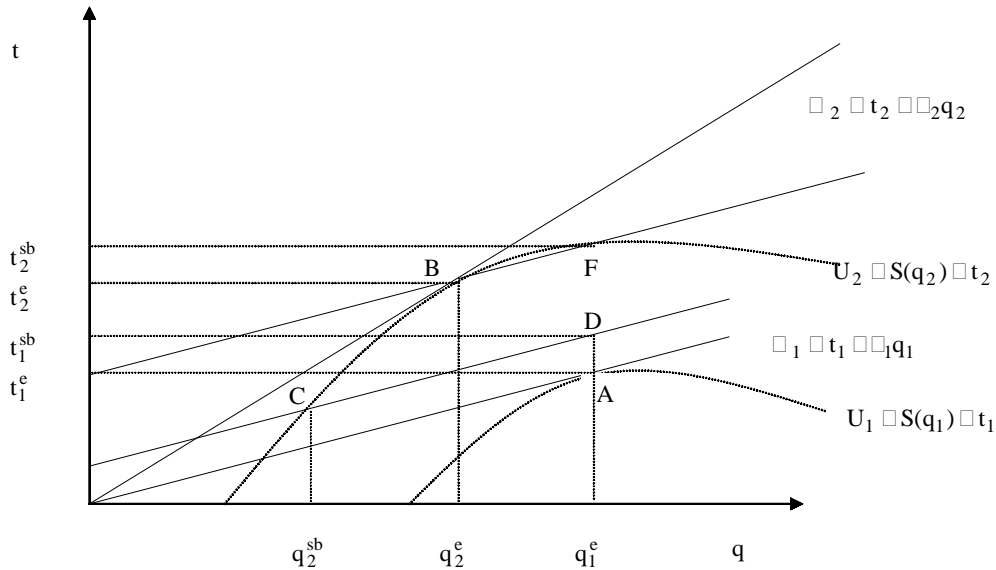
el lado izquierdo de la identidad expresa la ganancia o *eficiencia marginal esperada* (EME) por el principal, mientras que el lado derecho es el costo o *renta de información esperada* (RIE) que el principal debe renunciar y transferir al agente. Un incremento infinitesimal en la producción del tipo ineficiente Δq_2 , disminuye la distorsión entre la producción asociada al segundo óptimo y la de eficiencia, y el principal incrementa marginalmente el bienestar social esperado en un monto igual a

$$\Delta EW = \Delta q_2 [EME - RIE] > 0 \quad (19)$$

En el segundo óptimo el principal no está dispuesto a incrementar o disminuir la producción del tipo ineficiente ya que no se puede incrementar más allá el bienestar social. La solución del modelo con selección adversa es una solución *Pareto* inferior en relación con la solución de eficiencia (ver figura 3). El menú de contratos compatibles y de participación está representado por la recta que cruza los puntos (C, D), la cual ilustra la distorsión en la producción del tipo no eficiente: $q_2^e - q_2^{sb} > 0$, y las transferencias que el agente obtiene si es eficiente $t_1^{sb} > t_1^e$. Otro menú de contratos que también es compatible es el representado por la recta que cruza los puntos (B, F), donde el regulador elimina la distorsión en producción del tipo ineficiente pero que claramente es muy costoso en términos de las transferencias que el regulador debe asegurar al monopolista.

FIGURA 3

MENÚ DE CONTRATOS IMPLEMENTABLES CON INCOMPLETA INFORMACIÓN



4. COMENTARIOS FINALES

En las secciones anteriores se describió de una forma detallada y completa el modelo básico de regulación de monopolios naturales con selección adversa en su versión discreta de dos tipos. El resultado más importante es que la asimetría en información es costosa para la sociedad. El regulador debe entonces diseñar mecanismos tales que promuevan la eficiencia o disminuyan la transferencia de rentas al agente. El modelo descrito es el punto de partida en la ya amplia literatura de la teoría de contratos y la nueva economía de la regulación. Las extensiones más importantes están descritas en Laffont y Tirole (1993), quienes estudian una gran variedad de contratos compatibles e implementables aplicados a diversos problemas de gestión y regulación. Sobre el particular, el marco analítico del principal-agente es aplicado en una forma magistral teniendo en cuenta múltiples dimensiones cuando el regulador se enfrenta a varios agentes, o existen diversos principales. En todos los casos el modelo se extiende a un problema de dos asimetrías. Uno, el regulador no conoce el verdadero tipo del agente. Dos, el principal no puede monitorear el esfuerzo del agente para incrementar su eficiencia. El de Laffont y Tirole es un modelo de selección adversa y riesgo moral. La caracterización de la solución de este modelo describe un esquema de precios techo tal que para el tipo eficiente es óptimo incrementar su esfuerzo y revelar su identidad con el fin de incrementar sus beneficios por ganancias en productividad. La teoría de contratos ha servido de herramienta en investigaciones en curso sobre competencia en industria de redes (Laffont y Tirole, 1996) y (Laffont, Rey y Tirole, 1998); subastas, renegociación de contratos y captura regulatoria (Laffont y Tirole, 1990, 1993) y (Rey y Salanie, 1996).

La implementación y el diseño de instrumentos de política regulatoria en industria de redes y servicios públicos domiciliarios tienen el gran reto de incorporar estas ideas derivadas de la teoría de contratos y minimizar de esta forma los costos asociados a las rentas de información.

REFERENCIAS

- Armstrong, M., S. Cowan y J. Vickers (1994), *Regulatory Reform: Economic Analysis and British Experience*, MIT Press.
- Baron, D., & R. Myerson (1982), "Regulating a Monopolist with Unknown Costs", *Econometrica*, 50: 911-930.
- Baumol, W., J. Panzar y R. Willig (1982), *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*, Harcourt Brace Jovanovitch.
- Berg, S. y J. Tschirhart (1988), *Natural Monopoly Regulation*, Cambridge University Press.
- Borenstein, S. (1992), "The Evolution of the U.S. Airline Industry", *Journal of Economic Perspectives*, 6 (1): 45-73.
- Braeutigam R., (1979), "Optimal pricing with Intermodal Competition", *American Economic Review*, 69: 38-49.
- _____ (1989), "Optimal Policies for Natural Monopolies", in Schmalensee & Willig (eds.), *Handbook of Industrial Organization*, Elsevier Science.
- Demsetz (1968), "Why Regulate utilities?", *Journal of Law and Economics*, 11: 55-65.
- Fudenberg D. y J. Tirole (1991), *Game Theory*, MIT Press.
- Kahn A. (1988), "Surprises of the Airline Deregulation", *American Economic Review*, 78 (2): 316-322.
- Laffont JJ (1994), "The New Economics of Regulation: ten years after", *Econometrica*, 62 (3): 507-537.
- _____ (1996), "The French Electricity Industry", in R. Gilbert y E. Kahn (eds.), *International Comparisons of Electricity Regulation*, Cambridge University Press.
- Laffont JJ. y D. Martimort (2002), *The Theory of Incentives: the principal agent model*, Princeton University Press.
- Laffont JJ, P. Rey y J. Tirole (1998), "Network Competition: overview and nondiscriminatory pricing", *Rand Journal of Economics*, 29: 1-37.
- Laffont JJ y J. Tirole (1990), "Adverse Selection and Renegotiation in Procurement", *Review of Economic Studies*, 57: 597-626.
- _____ (1993), *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, MIT Press.
- _____ (1996), "Creating Competition through Interconnection: Theory and Practice", *Journal of Regulatory Economics*, 10: 227-256.
- _____ (2000), *Competition in Telecommunications*, Munich Lectures in Economics, MIT Press.
- Newbery D. (2000), *Privatization, Restructuring, and Regulation of Network Utilities*, MIT-Press.
- Pombo C. (2001), "Regulatory Reform in Colombia's Electric Utilities", *Quarterly Review of Economics and Finance*, 41 (5): 683-711.
- Rey P. y B. Salanie (1996), "On the Value of Commitment with Asymmetric Information", *Econometrica*, 64: 1395-1414.
- Sappington D. y D. Weisman (1996), *Designing Incentive Regulation for the Telecommunications Industry*, MIT Press.
- Viscusi K., J. Vernon y J. Harrington (1995), *Economics of Regulation and Antitrust*, 2da. ed., MIT Press.