Cargos de interconexión en redes de telecomunicaciones: desarrollos recientes*

J.C. Carbajal Ponce†

Julio, 2006

Resumen

Este documento de trabajo presenta una revisión de la literatura reciente en interconexión de redes y determinación de cargos de interconexión. Atención especial ha sido puesta en temas de la investigación actual: interconexión de redes cuando éstas enfrentan demandas heterogéneas, y cuando éstas mantienen políticas de discriminación de precios por destino de llamadas. Estos aspectos son relevantes para entender la experiencia peruana en la industria de las telecomunicaciones. Adicionalmente, este documento presenta un ejercicio de estática comparativa basado en un enfoque reducido de competencia entre redes, para analizar el impacto de los cargos de interconexión en un mercado de donde las redes reciben llamadas originadas en una red externa.

1 Introducción

Este trabajo presenta una revisión de la literatura económica más reciente sobre la fijación de cargos de interconexión en redes de doble vía. El acceso de doble vía se da en redes de telecomunicaciones de larga distancia, donde

*Este reporte se ha beneficiado de discusiones con Sergio Cifuentes y José Gallardo, a quienes estoy agradecido. Todos los errores son de mi entera responsabilidad. Los puntos de vista aquí presentados no reflejan necesariamente la posición institucional de OSIPTEL.

†OSIPTEL, Lima–Perú. jcarbajal@osiptel.gob.pe.

la red de una localidad (o país) acuerda terminar las llamadas originadas en la red de una localidad (o país) distinta. La interconexión de redes de doble vía se da también en mercados atendidos por dos o más redes. Este trabajo se enfocará en el problema de interconexión de redes similares que compiten en un mismo mercado, ofreciendo servicios de llamadas locales. En este caso, las redes utilizan la infraestructura de sus pares como insumo para terminar sus llamadas, a la vez que compiten en participación de mercado y en generación de ingresos por terminación de llamadas.

El tratamiento económico formal del problema de interconexión de redes similares comienzó con el trabajo seminal de Jean-Jacques Laffont, Patric Rey y Jean Tirole [LRT98a], [LRT98b], y Mark Armstrong [Arm98]. Ambos trabajos motivaron el surgimiento de una creciente literatura sobre el tema que expande o modifica el tratamiento original. En este reporte, he puesto atención especial en temas de discusión reciente: interconexión de redes cuando éstas enfrentan a consumidores con demandas heterogéneas en un contexto de información asimétrica; e interconexión de redes cuando las redes utilizan prácticas de discriminación de precios por destino de llamada.[1] Adicionalmente, presento un modelo de interconexión de redes de forma reducida expuesto recientemente por Stefan Buehler y Armin Schumtzler [BS05], y realizo un ejercicio de estática comparativa para el caso peruano sobre la base de este modelo reducido.

La segunda sección de este reporte expone el trabajo seminal en acceso a redes de doble vía desarrollado por Laffont, Rey y Tirole [LRT98a]. La presentación del modelo base de interconexión la realizo en términos algo formales. No obstante, he tratado de proporcionar intuición económica detrás de dos resultados importantes: la posibilidad del uso de cargos de interconexión como instrumento de colusión en un esquema de precios lineales, y la neutralidad de los beneficios frente al cargo de interconexión en un esquema de precios no lineales.

En conjunto, ambos resultados son sorprendentes por dos razones. Primero porque son resultados opuestos. Bajo precios lineales, Laffont, Rey y Tirole muestran que las redes pueden hacer uso del cargo de interconexión para aumentar los costos de sus competidores, aumentando los beneficios de las empresas en la industria. Aquí, el cargo de interconexión recíproco sirve como elemento de colusión tácita. Bajo precios no lineales, uno tiene que los beneficios de las redes son independientes de los cargos de interconexión. En este caso, las redes no tienen ningún incentivo para fijar

[1] Revisiones bibliográficas más extensas so las de Armstrong [Arm02] e Ingo Vogelsang [Vog03].

un cargo recíproco diferente del costo marginal. Segundo porque, a pesar de que las redes utilizan extensivamente políticas de precios no lineales, existe evidencia contraria al resultado esperado de fijación del cargo de interconexión igual al costo marginal de interconexión. Por ejemplo, Laffont, Rey y Tirole mencionan que "... en medio de las repercusiones de disputas agrias entre incumbentes y entrantes, es ampliamente percibido que acuerdos de interconexión satisfactorios, libremente negociados, no han de lograrse fácilmente." [LRT98a] p.2.

Para reconciliar teoría con evidencia empírica, la investigación económica ha estado concentrada en extender el modelo base de interconexión de redes o relajar alguno de sus supuestos. En las secciones tres y cuatro de este reporte presentaré algunas de las contribuciones recientes más resaltantes. El tema de la sección tres es la presencia de información asimétrica sobre el tipo de demanda que enfrentan las redes. Esto es, los consumidores de servicios de telecomunicaciones tienen demandas heterogéneas y las redes tienen información incompleta sobre el tipo exacto de cada consumidor. Las extensiones al modelo base expuestas en la sección cuatro giran en torno a la idea de que las redes pueden discriminar precios sobre la base del destino de las llamadas que realizan sus consumidores. En la sección cinco hago uso de un modelo de forma reducida, similar al presentado por Buehler y Schumtzler [BS05], para explorar los supuestos detrás de algunos de los resultados más importantes de la literatura de interconexión de redes. Adicionalmente, en esta parte presento un ejercicio de estática comparativa para el caso peruano. Las conclusiones de esta revisión de literatura son presentadas en la sección final.

2 El modelo base de interconexión de redes

Laffont, Rey y Tirole [LRT98a] presentan un modelo de interconexión de redes (o acceso a doble vía), donde dos redes de telecomunicaciones, #1 y #2, compiten a la Hotelling en un mercado de consumidores distribuidos uniformemente en el intervalo $[0, 1]$ (véase también el trabajo de Armstrong [Arm98]).[2] Las redes están localizadas en extremos opuestos del intervalo unitario, y ofrecen un producto diferenciado horizontalmente, en la medida

[2]Si bien la competencia a la Hotelling permite estudiar mercados de productos diferenciados, no es del todo claro que las múltiples posibilidades de diferenciación entre servicios de telecomunicaciones sean capturadas por una sola dimensión horizontal. En todo caso, como menciona Vogelsang, [Vog03], el modelo de diferenciación a la Hotelling es, a la fecha, *the only game in town*.

que los consumidores asumen los costos de transporte de llegar a una de las redes. Supuestos importantes del modelo base son (i) la simetría de las redes en estructura de costos y en tamaño; (ii) la homegeneidad de los consumidores en términos de preferencias (o equivalentemente en términos de demanda por llamadas); (iii) la participación total de los consumidores, esto es, hay penetración plena en el sentido que cada consumidor está conectado a una de las redes; (iv) asociado a este último, la cobertura completa de ambas redes, es decir, no hay espacio en el intervalo que no sea alcanzado por al menos una de las redes; (v) la existencia de patrones de llamadas balanceados; (vi) la inexistencia de externalidades de redes y/o externalidades de llamadas.

Externalidad de llamadas se refiere a la utilidad que un consumidor puede reportar al recibir una llamada. El modelo base supone que los individuos derivan un beneficio de estar conectados a una red, pero este beneficio no depende del número de llamadas que se reciben, únicamente del hecho de estar comunicado mediante una red. El supuesto de patrón de llamadas balanceado requiere una explicación adicional. Este supuesto indica que el porcentaje de llamadas originadas y terminadas en una red (el porcentaje de llamadas *on-net*) es igual a la participación de mercado de esta red. Esto es, ningún consumidor tiene un sesgo específico en las llamadas realizadas. Con precios por llamadas iguales, un patrón de llamadas balanceado implica que el tráfico neto entre redes está balanceado, aún cuando las participaciones de mercado sean distintas. Bajo un patrón de llamadas balanceado, la única posibilidad de tráfico neto positivo (negativo) es mediante precios relativos mayores (menores).

La estructura de costos fijos y marginales de las redes #1 y #2 es como sigue. Exite un costo fijo por atención de usuario (por ejemplo, costos de facturación), denotado por f. La red $\#n = 1, 2$ incurre en un costo marginal por originación y por terminación de llamada, denotado c_0, y un costo marginal por conexión intra-red, denotado c_1. El costo total de originar y terminar una llamada dentro de la propia red $\#n$ es entonces $c = 2c_0 + c_1$. El cargo de interconexión en el modelo base se asume recíproco. Esto es, cada firma paga un monto igual a ζ por utilizar la red del competidor para terminar una llamada. Noten que este cargo de interconexión introduce una diferencia entre el costo social y el costo privado de llamadas fuera de red. Esto es, aun cuando el costo social de una llamada fuera de red (llamada *off-net*) es igual al costo de una llamada dentro de red (llamada *on-net*), el costo privado de una llamada *off-net* es $\hat{c} = c + (\zeta - c_0)$.

El modelo base supone que el excedente fijo de estar conectado a una red,

v_0, es lo suficientemente grande como para que las redes tengan penetración total, en el sentido que todos los consumidores, en equilibrio, están conectados a una red de telecomunicaciones. Evidentemente, este supuesto es restrictivo. Un modelo más detallado considería dos o más niveles de excedente fijo (o dos o más niveles de ingreso), para analizar las restricciones de participación explícitamente, en tanto éstas pueden tener implicancias sobre el cargo de interconexión óptimo desde un punto de vista social. Pero por el momento asumiremos que la penetración de redes es total.

La estructura de la demanda debe tener en cuenta la posibilidad de diferenciación de productos a la Hotelling. Esto se representa por un costo de transporte σ que cada consumidor incurre para llegar a su red preferida. Los consumidores están localizados uniformemente en el intervalo $[0, 1]$. En lo que sigue, la letra x representa localización del consumidor en el intervalo unitario. Así, un consumidor localizado en $x \in [0, 1]$, cuyo ingreso es y, tiene una utilidad de conectarse a la red $\#n$ y realizar q llamadas que viene expresada por:

$$y + v_0 + u(q) - \sigma|x - x_n| \ ,$$

donde x_n es la localización de la red $\#n$ y $u : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ es una función de utilidad generada por las llamadas realizadas, que asumimos bien comportada. Noten que uno puede intepretar σ como un parámetro de sustituibilidad entre las redes. Un mayor σ indica un grado menor de sustitución entre redes. Noten asimismo que no existe externalidades por llamadas recibidas. Esto es, un consumidor no reporta utilidad variable alguna por la cantidad de llamadas recibidas.

En este tipo de modelos, conviene más trabajar con funciones de utilidad indirecta que expresan el beneficio neto variable de llamadas. Así, dado un precio por llamada igual a p, definimos el beneficio neto variable v de un consumidor situado en cualquier punto en el intervalo $[0, 1]$ como sigue:

$$v(p) = \max_q \ u(q) - pq \ . \tag{1}$$

La decisión de a que red pertenecer puede entonces modelarse en base a las transferencias de beneficio neto que las redes hacen a sus consumidores.[3] Esto es típico de los modelos de competencia a la Hotelling. Para precios p_1 y p_2 fijados por las rede $\#1$ y $\#2$, respectivamente, la participación de

[3]Noten que los supuestos de penetración total y cobertura total son importante. La utilidad de estar conectado a una red es lo suficientemente grande como para todos los consumidores en el intervalo $[0, 1]$ elijan estar conectados a una red.

mercado de la red #1 es denotada $\tilde{x}$. Un consumidor localizado en $\tilde{x}$ es indiferente entre suscribirse a la red #1 y suscribirse a la red #2 si y solo si

$$v(p_1) - \sigma\tilde{x} = v(p_2) - \sigma(1 - \tilde{x}) \ .$$

De esta expresión uno obtiene que, bajo una estructura de precios lineales y con precios unitarios p_1 y p_2, la participación de mercado de la red #1 es igual a

$$\tilde{x}(p_1, p_2) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\sigma}[v(p_1) - v(p_2)] \ . \tag{2}$$

Noten que $\tilde{x}$ depende de las transferencias de beneficio de las redes hacia los consumidores. Bajo un esquema de precios lineales, estas transferencias dependen directamente de los precios que fijan las redes. Dado que las redes tienen cobertura y penetración plena, la participación de la red #2 es igual a $1 - \tilde{x}$. La Figura 1 representa la demanda potencial enfrentada por cada firma.

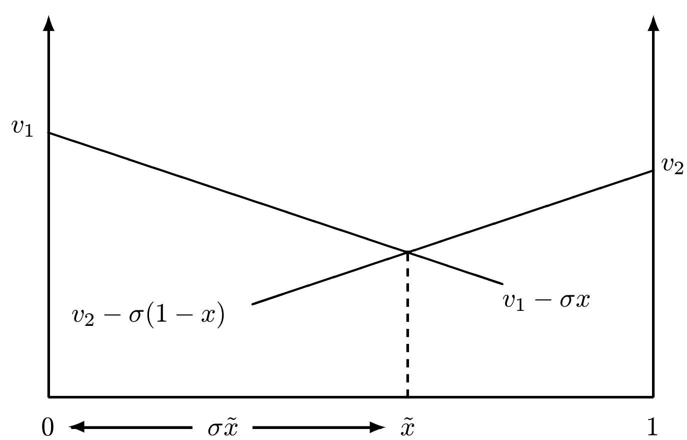

Figura 1

Antes de analizar el problema de toma de decisiones de las redes de telecomunicaciones, es conveniente determinar el precio por llamada que maximiza el bienestar social. Laffont, Rey y Tirole [LRT98a] calculan un precio Ramsey que maximiza el bienestar de los consumidores, sujeto a la condición de beneficios mínimos de las redes (i.e., las redes deben al menos recuperar costos fijos). Este precio es establecido como el precio p^R mínimo que satisface la restricción de beneficios no negativos de las redes: $(p^R - c)q(p^R) = f$. Noten que el costo marginal social de las llamadas es $c = 2c_0 + c_1$.

2.1 Tarifas lineales

Cuando las redes compiten a la Hotelling utilizando tarifas lineales, el modelo base de interconexión de redes establece la posibilidad de que el cargo recíproco de interconexión sea utilizado como instrumento colusivo. Esto es, bajo un esquema de precios lineales, las redes pueden aumentar el cargo de interconexión que se cobran mutuamente para aumentar sus costos marginales, lo que empuja al precio de llamadas y a los beneficios de las redes a la alza. Dado que las éstas generan ingresos por tráfico neto de llamadas entre redes, la competencia en base a precios se suaviza. Esto es lo que permite el efecto colusivo del cargo de interconexión. Para ver este resultado formalmente, fijaré la atención en la red #1. Esto es sin pérdida de generalidad, en tanto estamos a la búsqueda de un equilibrio simétrico.[4]

El programa de maximización de la red #1 es el siguiente:

$$\max_{p_1} \ \tilde{x}(p_1,p_2)\Big\{\big[p_1 - c - [1-\tilde{x}(p_1,p_2)](\zeta - c_0)\big]q(p_1) - f\Big\} \\ + \tilde{x}(p_1,p_2)[1-\tilde{x}(p_1,p_2)](\zeta - c_0)q(p_2)\ . \tag{3}$$

Equivalentemente, uno puede escribir el programa de la red #1 como sigue:

$$\max_{p_1} \ \tilde{x}(p_1,p_2)\big\{[p_1 - c]q(p_1) - f\big\} \\ + \tilde{x}(p_1,p_2)[1-\tilde{x}(p_1,p_2)](\zeta - c_0)\big\{q(p_2) - q(p_1)\big\}$$

El primer término de esta expresión es el beneficio neto de la red #1 generado por las llamadas que produce. El segundo es el ingreso neto (o gasto neto) generado por el tráfico de llamadas entre redes. Noten que

[4] Podría haber, en principio, equilibrios asimétricos. Sin embargo, Laffont, Rey y Tirole muestran que en el modelo base con precios lineales, el equilibrio simétrico es el único equilibrio estable.

esta expresión pone de manifiesto un *trade-off* fundamental. Si la red #1 reduce su precio para capturar mayor participación de mercado, efectivamente generará un déficit por interconexión. Si $\zeta - c_0 > 0$, entonces este déficit de interconexión se traduce en un pago neto a la red #2. Las redes toman en cuenta estos efectos contrapuestos cuando optimizan sus beneficios en precios.

En un equilibrio simétrico, $p_1 = p_2 = p^*$, $q(p_1) = q(p_2) = q^*$ y $\tilde{x} = 1 - \tilde{x} = \frac{1}{2}$. Las condiciones de primer order del programa de la red #1 implican que el precio de equilibrio satisface la siguiente expresión:

$$\frac{q^* + \left[p^* - c - \frac{\zeta - c_0}{2}\right] q'}{q^*} = \frac{1}{\sigma}\left[(p^* - c)q^* - f\right] \tag{4}$$

El término de la izquierda es el beneficio marginal promedio de una variación del precio cobrado por la red #1. En equilibrio, este beneficio marginal es positivo, siempre y cuando el precio de equilibrio sea mayor al precio Ramsey. Dos cosas deben resaltarse. Primero, el costo marginal que la red #1 soporta no es el costo marginal social de una llamada, c, sino es $c + \frac{\zeta - c_0}{2}$. Esto es, el costo marginal promedio tiene en cuenta el costo incurrido por tráfico de llamadas. Segundo, la diferencia entre este resultado y el resultado de monopolio tradicional tiene que ver con el efecto del precio de equilibrio en la participación de mercado. Un aumento en el precio por llamada aumenta el beneficio marginal por consumidor, pero reduce el número de suscriptores. A mayor beneficio marginal por consumidor, menos dispuestas estarán las redes a perder participación de mercado. Sin embargo, como las cuotas de mercado están determinadas por los precios de las redes, una reducción en el precio cobrado por la red #1 genera un tráfico saliente neto. Este efecto suaviza la competencia entre las redes. Laffont, Rey y Tirole demuestran el siguiente resultado.[5]

Proposición 1. *Sea $\sigma > \epsilon$ fijo y sea el cargo de interconexión ζ tal que $|\zeta - c_0| < \delta$. Entonces existe un equilibrio único y simétrico, caracterizado por $p_1 = p_2 = p^*$, donde p^* es tal que satisface la expresión (4).*

La existencia (y estabilidad) de precios de equilibrio que satisfagan la expresión (4) no es un tema trivial. En principio, depende de los valores de costos de transporte (o, equivalentemente, factor de sustituibilidad entre

[5] He dejado sin especificar las cotas en éste y los demás resultados para simplifica la exposición.

productos) y también del cargo de interconexión. Si ζ es muy grande o σ muy pequenõ, no existe un precio tal que cumpla con la condición (4). Puesto de otra manera, si la diferenciación de productos es mínima (si la sustituibilidad de los productos es muy alta) o el cargo de interconexión es muy elevado, las redes tienen fuertes incentivos para capturar todo el mercado. Este comportamiento no puede converger a un equilibrio.

El precio de equilibrio p^* puede ser entendido como un precio parametrizado $p^*(\zeta)$. Uno puede mostrar que, mientras $p^*(\zeta)$ exista, éste varía positivamente con el cargo de interconexión. Explícitamente, de (4) uno obtiene

$$\psi(p^*(\zeta),\zeta) = \frac{q + \left[p^*(\zeta) - c - \frac{\zeta - c_0}{2}\right] q'}{q} - \frac{1}{\sigma}\left[(p^*(\zeta) - c)q - f\right] = 0 \ .$$

Entonces, usando el teorema de la función implícita,

$$\frac{\partial p^*(\zeta)}{\partial \zeta} = -\frac{\partial \psi / \partial \zeta}{\partial \psi / \partial p^*} = \frac{q'/2}{(q' - q)/\sigma} > 0 \ .$$

Con un argumento similar, Laffont, Rey y Tirole prueban la posibilidad de que el cargo de interconexión cumpla un rol colusivo. Las redes fijarían cargos de interconexión mayores al costo marginal de interconexión, en tanto esto les permite aumentar el precio de equilibrio.

Proposición 2. *El cargo de interconexión ζ es un instrumento de colusión tácita. En tanto el precio de equilibrio $p^*(\zeta)$ exista y sea simétrico para las redes, este precio se incrementa con ζ.*

La lógica económica detrás de este resultado no es difícil de asimilar. Un cargo de interconexión más alto incrementa los costos marginales de las empresas, y ello empuja los precios a la alza y con ello los beneficios de servir a un consumidor adicional. En principio, una red podría estar tentada a reducir sus precios para capturar mayor participación de mercado. Sin embargo, la reducción de precios tiene una consecuencia adicional: genera déficit de tráfico. Este efecto suaviza la competencia en precios, y permite que el cargo de interconexión cumpla un rol colusivo. Como veremos a continuación, esencial para este resultado es el que las redes tienen un solo instrumento, el precio, para satisfacer dos objetivos, generar excedente económico y capturar participación de mercado. Eventualmente, uno espera que el resultado colusivo se altere si las redes tienen más de un instrumento.

Laffont, Rey y Tirole también muestran que para parámetros que garanticen la existencia de un equilibrio simétrico, en general el precio de llamadas que imponen las redes es mayor al precio Ramsey, $p^* > p^R$, pero tiende a éste cuando la diferenciación de productos tiende a cero. Por otro lado, si un planificador benevolente puede fijar el cargo de interconexión recíproco (por ejemplo, si la autoridad regulatoria tiene competencia en la fijación de cargos de interconexión), entonces podría aproximar el precio Ramsey fijando un cargo menor al costo marginal. Un cargo de interconexión menor al costo marginal compensa el poder de mercado que tienen las redes en el mercado de llamadas, pues funciona como un subsidio al insumo que la red $\#n$ utiliza para terminar sus llamadas en la red $\#m$.

2.2 Tarifas no lineales

Podemos, sin pérdida de generalidad, restringir el uso de tarifas no lineales a tarifas en dos partes. Este tipo de política de precios es ampliamente usado en la industria de telecomunicaciones. Típicamente, una red $\#n = 1, 2$ ofrece un paquete compuesto por un precio unitario por servicio, p_n, y una renta fija, F_n. Con tarifas a dos partes, uno debe ajustar la utilidad indirecta del consumidor para tomar en cuenta el componente de renta fija. Como hicimos en el caso de tarifas lineales, podemos calcular la cuota de mercado de la red $\#n$ a partir de las transferencias de beneficio neto de las redes a sus suscriptores. Para un paquete $T_n = \{p_n, F_n\}$, este beneficio neto es:

$$w_n = v(p_n) - F_n \quad (n = 1, 2) \ .$$

La participación de mercado de la red $\#1$ es entonces $\tilde{x}(w_1, w_2) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\sigma}[w_1 - w_2]$. Noten que $\tilde{x}$ está en términos de las transferencias netas a los consumidores. Esto es porque el programa de optimización de las redes puede expresarse en términos del precio unitario y del beneficio neto transferido a sus consumidores. Esto es, las variables de decisión de la red $\#n$ son el precio unitario p_n y las transferencias netas w_n. A partir de estas dos variables se determina la renta fija cobrada. Así, el programa de la red $\#1$ es:

$$\max_{p_1, w_1} \ \tilde{x}(w_1, w_2)\Big\{\big[p_1 - c - [1 - \tilde{x}(w_1, w_2)](\zeta - c_0)\big]q(p_1) + [v(p_1) - w_1 - f]\Big\} \\ + \tilde{x}(w_1, w_2)[1 - \tilde{x}(w_1, w_2)](\zeta - c_0)q(p_2) \ . \quad (5)$$

La solución de este programa no es complicada si se omite el problema (no trivial) de existencia de soluciones. Para parámetros que aseguran la existencia y unicidad de un equilibrio simétrico,[6] uno puede derivar los precios unitarios y las transferencias directamente de las condiciones de primer orden. Cada red tiene una cuota de mercado igual a un medio, en un equilibrio simétrico. El precio unitario por uso del servicio (medido en minutos por llamada) de la red #1 viene dado por $p_1^* = c + \frac{1}{2}(\zeta - c_0)$. Noten que este precio no es igual al costo marginal de la industria, c. Por el contrario, es igual al costo marginal percibido por la red #1. Aquí, el costo neto de interconexión es multiplicado por la participación de mercado de la red #2. En el caso de tarifas no lineales, el precio unitario solo sirve para crear excedente económico, y no tiene influencia en la determinación de cuotas de mercado. La maximización del excedente económico se logra con una *receta* típica, precio igual a costo marginal.

Por otro lado, la renta fija óptima de la red #1 está determinada por el costo marginal de añadir un consumidor nuevo a la red, neto del ingreso (o gasto) por interconexión que este consumidor genera, más un excedente que refleja el poder de mercado de las redes debido a la diferenciación de productos. Este resultado es formalizado en la siguiente proposición.

Proposición 3. *Sea $\sigma > \epsilon$ fijo y sea el cargo de interconexión ζ tal que $|\zeta - c_0| < \delta$. Entonces existe un equilibrio simétrico cuando las redes utilizan tarifas en dos partes. Este equilibrio es único y viene caracterizado por:*

$$p_1^* = p_2^* = p^* = c + \frac{1}{2}(\zeta - c_0) \ , \tag{6}$$

$$F_1^* = F^* = f - (\zeta - c_0)\frac{q(p^*)}{2} + \sigma \ . \tag{7}$$

En este caso el beneficio neto de cada red es igual a $\Pi^* = \frac{\sigma}{2}$, el beneficio Hotelling estándar bajo demandas unitarias, y es independiente del cargo de interconexión.

La intuición económica detrás de este resultado de neutralidad de los cargos de interconexión es en realidad clara. Bajo esquemas de tarifas no lineales, hay dos instrumentos que sirven a dos propósitos. El precio unitario es usado para crear excedente económico, mientras que la renta fija determina la participación de mercado. Nuevamente tenemos que el tráfico neto de llamadas entre redes no depende de la participación de

[6] Esto es, para valores de ζ cercanos a c_0, y/o para costos de transporte o parámetros de diferenciación alejados de cero.

mercado de las redes, sino únicamente de los precios unitarios relativos. Este efecto es una consecuencia del supuesto de llamadas balanceadas. Las redes no tienen incentivos para suavizar la competencia en precios, en tanto precios simétricos garantizan que el déficit de interconexión sea cero y no afectan sus cuotas de mercado. Un precio por encima del costo marginal que enfrentan las redes implica excedente económico perdido.

A diferencia de la situación en la que las empresas usan precios lineales (donde los precios afectan el tamaño efectivo de mercado), aquí las redes usan la renta fija para influir en la participación de mercado. Como resultado de esto, los beneficios de las redes son independientes de los cargos de interconexión. Un aumento en el cargo de interconexión ζ se traslada a precios unitarios. Esto hace más atractivo añadir un consumidor nuevo a la red $\#n$. Esta red está entonces tentada a incrementar su participación de mercado (o al menos mantener su participación de mercado). Para ello, reduce la renta fija cobrada a sus suscriptores y, al hacerlo, cancela el efecto positivo de aumentar el precio unitario de las llamadas.

En principio, las redes no tienen incentivos para fijar cargos de interconexión diferentes del costo marginal de originación de llamada, c_0. Uno espera entonces que redes simétricas acuerden cargos recíprocos orientados a costos. No obstante, hay evidencia que sugiere que esta conclusión no es práctica común en la industria de telecomunicaciones. Una posible solución a esta paradoja es el que las redes que compiten en un mercado no son, necesariamente, simétricas.

2.3 Interconexión de redes asimétricas

Michael Carter y Julian Wright [CW03] y Martin Peizt [Pei05] consideran la posibilidad de competencia entre redes de telecomunicaciones asimétricas. En ambos trabajos la asimetría no está generada por estructuras de costos distintas, sino por la existencia de una ventaja inicial de una red sobre su competidor. Por ejemplo, una de ellas puede gozar de lealtad de marca. La motivación de este tipo de modelos es la competencia entre una red incumbente que enfrenta a un potencial entrante. El incumbente tiene un producto conocido (y apreciado) por sus consumidores. Aun cuando la red entrante invierte lo suficiente para lograr cobertura total y poder servir a todo el mercado, la lealtad de marca le permite a la red incumbente tener, en equilibrio, un número de usuarios mayor.

Ambos modelos consideran dos redes con cobertura total compitiendo por un mercado de productos diferenciados a la Hotelling. Supuestos mantenidos respecto al modelo base de las secciones anteriores son el de demanda homogénea, la estructura de costos simétrica, y el patrón de llamadas balanceado. La diferencia principal de estos modelos con el modelo base es que la red incumbente tiene una ventaja a priori debido a una lealtad de marca. En términos más formales, el beneficio de estar conectado a la red incumbente #1 es mayor al beneficio de estar conectado a la red del entrante #2: $v_0^1 > v_0^2$.

Carter y Wright [CW03] analizan el caso de competencia bajo cargos de interconexión recíprocos. En equilibrio, la red dominante tiene incentivos para fijar el cargo de interconexión ζ igual al costo marginal percibido, aun en el caso de tarifas no lineales. Este resultado depende crucialmente de la presencia de asimetría de redes. En equilibrio, la red incumbente tiene mayor participación de mercado. Recuerden que bajo esquemas no lineales, el precio de equilibrio es igual al costo marginal percibido por cada red, que depende de la participación de mercado de la red competidora. Esto hace que el precio de equilibrio de la empresa incumbente sea menor al precio de equilibrio de la red entrante. Así, la red incumbente tiene flujo neto de llamadas positivo. Con un cargo superior al costo marginal de interconexión, el flujo de llamadas se traduce en un déficit por interconexión.

Peitz [Pei05] extiende el modelo de Carter y Wright para permitir la fijación, por parte de la autoridad regulatoria, de cargos asimétricos. En este sentido, el análisis de Peitz considera explícitamente el impacto de los cargos de interconexión en el beneficio de los consumidores. La red $\#n$ fija un cargo de interconexión igual a ζ_n. El equilibrio en precios es similar al anterior. Bajo precios no lineales, las redes fijan precios iguales al costo marginal percibido. Noten que el tener cargos de interconexión distintos crea una diferencia adicional entre los precios unitarios de las redes.

$$p_1^* = c + \tilde{x}_2(\zeta_2 - c_0) \ , \quad p_2^* = c + \tilde{x}_1(\zeta_1 - c_0) \ .$$

En equilibrio, la red incumbente tiene mayor participación de mercado. En este caso, fijar un cargo igual a costo marginal de interconexión, $\zeta_1 = c_0$, le permite a la red incumbente tener un déficit de acceso igual a cero. Sin embargo, establecer un cargo de interconexión $\zeta_2 \geq c_0$ para la red entrante tiene efectos positivos sobre la competencia, en tanto compensa el diferencial de precios de la red incumbente. Adicionalmente, esta política aumenta el excedente de los consumidores, en tanto aumenta la competencia entre las redes.

3 Demandas heterogéneas

Es difícil sostener que todos usuarios de servicios de telecomunicaciones tienen la misma valoración marginal por llamadas. Por el contrario, uno espera que distintos individuos tengan, independientemente de donde están situados en el intervalo $[0, 1]$, distintas preferencias. Asimetrías de información debido a la heterogeneidad en la demanda por llamadas podrían, en principio, anular el resultado de neutralidad bajo precios no lineales. El trabajo de Wounter Dessein [Des03] explora esta posibilidad utilizando un modelo de escrutineo donde los consumidores tienen dos posibles valoraciones marginales por llamadas.[7] Jong-Hee Hahn [Hah04] desarrolla, independientemente de Dessein, un modelo de interconexión de redes con demandas heterogéneas, considerando un continuo de posibles valoraciones marginales por llamadas. En la terminología usada en modelos de agencia, Hahn [Hah04] presenta un modelo de escrutinio con un espacio de valoraciones marginales continuo. Sus resultados son similares a los obtenidos en el caso discreto utilizado por Dessein [Des03], que expongo a continuación.

3.1 Demandas heterogéneas y precios no lineales

Dessein [Des03] mantiene la estructura de oferta del modelo base de interconexión de redes, donde dos redes de telecomunicaciones con costos similares compiten por un mercado de productos diferenciados a la Hotelling. Las modificaciones están en la estructura de la demanda.

En esta economía, existen dos tipos de usuarios: de bajo consumo ($i = L$), y de alto consumo ($i = H$). Las redes tienen información incompleta acerca del tipo los consumidores. Un usuario es de bajo consumo con probabilidad $\mu \in [0, 1]$. La probabilidad que tiene un usuario de ser de bajo consumo es independiente de la localización del mismo. Esto es, el espacio vertical de tipos, que afecta las valoraciones de llamadas, es independiente del espacio horizontal, que introduce diferenciación de productos en base a la localización de los consumidores en el intervalo $[0, 1]$. Como es usual, uno puede interpretar μ como el porcentaje de usuarios de bajo consumo y $1 - \mu$ como el porcentaje de usuarios de alto consumo.

Cada usuario de tipo $i = L, H$ obtiene un excedente bruto $u_i(q)$ por el número q de llamadas realizadas (o la cantidad de minutos utilizados),

[7] Véase también la versión documento de trabajo en [Des00].

donde $u_i(q) = k_i u(q)$.[8] El parámetro k_i recoje la heterogeneidad de los usuarios. Para una cantidad de llamadas q, los usuarios de bajo consumo tienen una utilidad marginal menor que los usuarios de alto consumo: $k_L < k_H$. Entonces, dados ingreso y y consumo telefónico q, un consumidor de tipo $i = L, H$ situado en $x \in [0,1]$ deriva un excedente de unirse a la red $\#n$ determinado por

$$y + v_0 + u_i(q) - \sigma|x - x_n| \ ,$$

donde, al igual que en el modelo base, v_0 representa el excedente fijo de estar conectado a cualquiera de las redes y σ es el costo de transporte o parámetro de diferenciación.

El supuesto de patrón de llamadas balanceadas es ahora un poco más restrictivo, en tanto tenemos dos tipos de consumidores, y cada uno puede tener un patrón de llamadas particular. Por ejemplo, los usuarios de alto consumo pueden estar más inclinados a hacer llamadas a usuarios de bajo consumo, lo cual crearía un desbalance. Sea l la fracción de llamadas terminadas en usuarios de bajo consumo. Con este término, uno puede definir un patrón de llamadas específico. En [Des03], Dessein mantiene el supuesto de llamadas balanceadas.[9] Un patrón de llamadas es balanceado si, dados precios de llamadas iguales entre usuarios y entre firmas, cada tipo de usuario llama tanto como es llamado. Esto es, un patrón de llamadas es balanceado si y solo si si $l = \frac{\mu k_L}{\mu k_L + (1-\mu) k_H}$.

Dessein asume que las redes utilizan tarifas no lineales. Como hemos visto, una tarifa no lineal está compuesta por un precio unitario y una renta fija de suscripción. Alternativamente, uno puede modelar tarifas no lineales como canastas compuestas por cantidad de llamadas otorgadas a los usuarios, y transferencias monetarias que los usuarios pagan a las redes. Esto está más a tono con los modelos estándar de agencia. Noten que las redes especifícan un par (q, t) para cada tipo de usuario. Así, la canasta o paquete tarifario ofrecido por la red $\#n$ es denotado $\{(q_{L,n}, t_{L,n}), (q_{H,n}, t_{H,n})\}$, donde $t_{i,n}$ representa el pago fijo del tipo i a la red $\#n$ a cambio de una cantidad de llamadas $q_{i,n}$. Bajo tarifas no lineales, el excedente variable neto del consumidor de tipo $i = L, H$ que opta por la red $\#n = 1, 2$, está

[8] Dessein utiliza la especificación funcional particular para el excedente bruto del consumidor usada también por Laffont, Rey y Tirole [LRT98a]. No es esencial para los resultados más generales.

[9] En un trabajo posterior, Dessein generaliza su modelo para considerar patrones de llamada no balanceados. Véase [Des04].

dado por:

$$w_{i,n} = u_i(q_{i,n}) - t_{i,n} \ .$$

Las participaciones de mercado de las redes siguen siendo determinadas a la Hotelling: el usuario marginal de tipo $i = L, H$, situado en $\tilde{x}_i$ es indiferente entre las redes #1 y #2 si y sólo si $w_{i,1} - \sigma\tilde{x}_i = w_{i,2} - \sigma(1-\tilde{x}_i)$. Bajo esta notación, $\tilde{x}_i$ es entonces la participación de mercado de la red #1 en el segmento de usuarios del tipo $i = L, H$. Así,

$$\tilde{x}_i = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\sigma}[w_{i,1} - w_{i,2}] \ . \tag{8}$$

Como es de esperarse, la participación de mercado de las redes depende del excedente neto que ellas transfieren a los consumidores. Uno puede entonces transformar el análisis de las canastas óptimas usando como variables de decisión de las redes a la cantidad de llamadas y al excedente neto que las redes ceden a sus consumidores. La primer variable crea excedente económico, la segunda determina la participación de mercado de las redes.

Recuerden que l denota el porcentaje de llamadas recibidas por los usuarios de bajo consumo, independientemente del origen de las llamadas. El porcentaje de llamadas entrantes de la red #1 está dado por $\tilde{x} = l\tilde{x}_L + (1-l)\tilde{x}_H$, donde el primer término de la mano derecha de esta igualdad indica el porcentaje de llamadas hacia los usuarios de bajo consumo capturadas por la red #1, y el segundo término indica el porcentaje de llamadas hacia los usuarios de alto consumo capturadas por la red #1. Con lo desarrollado hasta el momento, puedo escribir el beneficio económico de la red #1 como:

$$\begin{aligned}
\Pi_1 \quad = \quad & \mu\tilde{x}_L\Big\{t_{L,1} - \big[c + (1-\tilde{x})(\zeta - c_0)\big]q_{L,1} - f\Big\} \\
& + (1-\mu)\tilde{x}_H\Big\{t_{H,1} - \big[c + (1-\tilde{x})(\zeta - c_0)\big]q_{H,1} - f\Big\} \\
& + \big[\mu(1-\tilde{x}_L)q_{L,2} + (1-\mu)(1-\tilde{x}_H)q_{H,2}\big]\tilde{x}(\zeta - c_0) \quad .
\end{aligned}$$

Este beneficio puede ser expresado como $\Pi_1 = R_1 + A_1$, donde R_1 es el beneficio neto para la red #1 por concepto de ventas directas a sus subscriptores, y A_1 es el ingreso neto por interconección.

$$\begin{aligned}
R_1 \quad &= \quad \mu\tilde{x}_L\,[t_{L,1} - cq_{L,1} - f] + (1-\mu)\tilde{x}_H\,[t_{H,1} - cq_{H,1} - f] \\
A_1 \quad &= \quad [\mu(1-\tilde{x}_L)q_{L,2} + (1-\mu)(1-\tilde{x}_H)q_{H,2}]\,\tilde{x}(\zeta - c_0) \\
& \quad\quad - [\mu\tilde{x}_L q_{L,1} + (1-\mu)\tilde{x}_H q_{H,1}]\,(1-\tilde{x})(\zeta - c_0) \quad .
\end{aligned}$$

Dado el supuesto de patrón de llamadas balanceado, si el precio por llamada es el mismo entre consumidores y entre empresas, entonces el ingreso neto por interconección de ambas empresas es nulo. Esto es, si el precio por uso es igual para todos los consumidores, para cualquier red, entonces $A_1 = A_2 = 0$, independientemente de de las participaciones en cada segmento de mercado, $\tilde{x}_L$ o $\tilde{x}_H$. Las empresas pueden competir tanto en renta fija como en precios. Una pregunta natural es si la competencia en un mercado con dos segmentos e información asimétrica sostiene el resultado de neutralidad de Laffont, Rey y Tirole [LRT98a]. Empezaré exponiendo el análsis de competencia a la Hotelling con demandas heterogéneas para el caso de información completa.

3.2 Discriminación explícita entre consumidores

En esta subsección analizo el caso en el que las redes pueden discriminar entre sus consumidores explícitamente. Esto es, las redes conocen de qué tipo es cada consumidor, y asignan canastas específicas de acuerdo al tipo de usuario que enfrentan. De la definición de excedentes netos variables uno puede obtener una expresión para $t_{i,n}$ en términos de $q_{i,n}$ y $w_{i,n}$. Esto es, $t_{i,n} = u_i(q_{i,n}) - w_{i,n}$. Como mencioné anteriormente, es conveniente modelar la decisión de las redes en términos de canastas compuestas por $\{(q_{L,n}, w_{L,n}), (q_{H,n}, w_{H,n})\}$, para $\#n = 1, 2$. Los beneficios de la red $\#1$ pueden ser reescritos como sigue:

$$\begin{aligned}
\Pi_1 \quad = \quad & \mu\tilde{x}_L\Big\{u(q_{L,1}) - w_{L,1} - \big[c + (1-\tilde{x})(\zeta - c_0)\big]q_{L,1} - f\Big\} \\
& + (1-\mu)\tilde{x}_H\Big\{u(q_{L,2}) - w_{L,2} - \big[c + (1-\tilde{x})(\zeta - c_0)\big]q_{H,1} - f\Big\} \\
& + \big[\mu(1-\tilde{x}_L)q_{L,2} + (1-\mu)(1-\tilde{x}_H)q_{H,2}\big]\tilde{x}(\zeta - c_0) \quad .
\end{aligned}$$

Ya hemos visto que cuando el cargo de interconexión ζ no está demasiado alejado del costo marginal c_0, existe un equilibrio simétrico y único en el caso de demandas homogéneas [LRT98a]. Usando un argumento similar se puede demostrar la existencia de un equilibrio simétrico y único en el caso de mercados segmentados [Des00], [Des03]. Las condiciones de primer orden (FOC) de los beneficios de la red $\#1$ respecto a $q_{L,1}$ dan como resultado,

$$k_L u'(q_{L,1}) = c + (1-\tilde{x})(\zeta - c_0) \ . \tag{9}$$

El lado izquierdo de (9) es el ingreso marginal por llamadas de los usuarios de bajo consumo. El lado derecho de (9) es el costo marginal percibido por la red #1. Este es el resultado conocido derivado inicialmente por Laffont, Rey y Tirole [LRT98a]. Cuando las redes de telecomunicaciones utilizan tarifas no lineales, el precio es usado para crear excedente. La racionalidad económica estándar se aplica, por lo que tenemos que el ingreso marginal es igual al costo marginal. Las condiciones de primer orden respecto a $q_{H,1}$ generan los mismos resultados: $k_H u'(q_{H,1}) = c + (1-\tilde{x})(\zeta - c_0)$. En ambos casos, las cantidades de equilibrio ofrecidas por la red #1 a cada tipo de usuario corresponden a las que se hubiera obtenido imponiendo un precio unitario igual al costo marginal percibido por la red #1, $c + (1-\tilde{x})(\zeta - c_0)$.

En un equilibrio simétrico las cuotas de mercado de las redes son iguales: $\tilde{x} = 1/2$. Así, las cantidades óptimas ofrecidas por la red #1 son iguales a las cantidades óptimas ofrecidas por la red #2. Denotando estas cantidades óptimas por $(\hat{q}_L, \hat{q}_H)$, ellas están dadas por:

$$\hat{q}_L = k_L q\left(c + \frac{\zeta - c_0}{2}\right) \; < \; \hat{q}_H = k_H q\left(c + \frac{\zeta - c_0}{2}\right) \; . \tag{10}$$

En un equilibrio simétrico, el tráfico neto entre redes es cero. Adicionalmente, $\frac{\partial \tilde{x}_i}{\partial w_{i,1}} = \frac{1}{\sigma}$. Teniendo esto en cuenta, las condiciones de primer orden de los beneficios de la red #1 respecto a $w_{i,1}$ implican que, $w_{i,1} = \hat{w}_i = u_i(\hat{q}_i) - c\hat{q}_i - f - \sigma$, para $i = L, H$. Noten que esto último indica que las redes traspasan el excedente económico generado por las llamadas a sus usuarios, neto del término relevante a la diferenciación de producto (que otorga a las redes cierto margen de beneficio). Las transferencias monetarias de los usuarios a la red #1 son iguales a las transferencias monetarias a la red #2, $\hat{t}_{i,1} = \hat{t}_{i,2} = \hat{t}_i$, y están determinadas por $\hat{t}_i = u_i(\hat{q}_i) - \hat{w}_i$. Así, las transferencias monetarias especificadas en los paquetes tarifarios óptimos para los usuarios de bajo consumo y alto consumo están dadas por:

$$\hat{t}_L = \sigma + f + c\hat{q}_L \; < \; \hat{t}_H = \sigma + f + c\hat{q}_H \; . \tag{11}$$

Siguiendo un argumento similar al expuesto, Dessein [Des03] obtiene el siguiente resultado.

Proposición 4. *Si las redes pueden ejercer discriminación de precios explícita, en el equilibrio simétrico bajo tarifas no lineales los beneficios de las redes son independientes de los cargos de interconexión, y ascienden a* $\Pi_1 = \Pi_2 = \frac{1}{4\sigma}$. *Las redes ofrecen paquetes tarifarios* $\{(\hat{q}_L, \hat{t}_L), (\hat{q}_H, \hat{t}_H)\}$ *dados* *por las ecuaciones (10) y (11). Las redes se dividen equitativamente el mercado, y el precio unitario por llamada es igual al costo marginal percibido,* $c + \frac{1}{2}(\zeta - c_0)$.

Este equilibro en el caso de discriminación explícita de precios puede ser implementado por una tarifa a dos partes ofrecida por ambas redes, donde el precio por llamada es igual para ambos tipos de consumidores:

$$\begin{aligned} \hat{p}_L = \hat{p}_H = \hat{p} &= c + \frac{\zeta - c_0}{2} \ , \\ \hat{F}_L &= \sigma + f - \frac{\zeta - c_0}{2}\hat{q}_L \ , \\ \hat{F}_H &= \sigma + f - \frac{\zeta - c_0}{2}\hat{q}_H \ . \end{aligned}$$

Una reducción en el cargo de interconexión ζ en este contexto genera una reducción en el precio de los servicios finales (precio por llamada). El efecto sobre la renta fija es, sin embargo, menos evidente. Como se verá más adelante, el efecto neto sobre la renta fija depende de los parámetros del modelo.

3.3 Discriminación implícita entre consumidores

Los resultados hasta ahora presentados pueden ser resumidos en las siguientes líneas. Con demanda homogénea [LRT98a], [Arm98], o con demandas heterogéneas y discriminación de precios explícita [Des00], [Des03], la política de precios debe servir dos metas: (1) creación de excedente económico (eficiencia); (2) extracción del excedente económico. Si existe un solo instrumento (esto es, precios lineales), un cargo de interconexión alto ayuda a suavizar la competencia en el mercado de llamadas, incrementando los beneficios de las redes. Sin embargo, cuando se contemplan sistemas de precios no lineales (paquetes del tipo $\{q, t\}$ o tarifas a dos partes) las redes tienen dos instrumentos: (1) cantidades; (2) transferencias monetarias. Cada uno de estos instrumentos cumple un objetivo. El primero, creación de excedente económico. El segundo, extracción del excedente. El cargo de interconexión, en este caso, no afecta los beneficios de las redes, pues la competencia por usuarios vuelve a ser feroz.

Con discriminación de precios implícita, los esquemas tarifarios de las redes tienen tres objetivos: (1) creación de excedente económico; (2) extracción del excedente; (3) discriminación implícita entre consumidores de distintos tipos. En este caso, las empresas tienen tres objetivos y solamente dos instrumentos. Así, uno debe estudiar la posibilidad de que el cargo de interconexión vuelva a servir como instrumento colusivo.

En un contexto de información asimétrica, el principio de revelación permite restringir el diseño de mecanismos óptimos a mecanismos directos, donde las redes #1 y #2 ofrecen los paquetes $\{(q_{L,1}, t_{L,1}), (q_{H,1}, t_{H,1})\}$ y $\{(q_{L,2}, t_{L,2}), (q_{H,2}, t_{H,2})\}$. Obviamente, en el caso de discriminación de precios implícita, el diseño de mecanismos óptimos debe tomar en cuenta las restricciones de compatibilidad de incentivos (IC). Cada usuario debe preferir el paquete diseñado para su tipo. Las restricciones de incentivos están dadas, para el caso de la red $\#n$, por:

$$\begin{aligned} w_{L,n} = u_L(q_{L,n}) - t_{L,n} &\geq u_L(q_{H,n}) - t_{H,n} \quad (IC - L) \\ w_{H,n} = u_H(q_{H,n}) - t_{H,n} &\geq u_H(q_{L,n}) - t_{L,n} \quad (IC - H) \end{aligned}$$

Volvamos al contexto de discriminación explícita de precios. Si el cargo de interconexión es fijado a costos marginales ($\zeta = c_0$), del análisis de la sección anterior se deduce que, para ambas redes:

$$\begin{aligned} \hat{q}_L = k_L q(c) \quad &, \quad \hat{q}_H = k_H q(c) \\ \hat{t}_L = \sigma + c\hat{q}_L + f \quad &, \quad \hat{t}_H = \sigma + c\hat{q}_H + f \\ \pi = \sigma \quad &, \quad \Pi = \frac{\sigma}{2} \quad , \end{aligned}$$

donde π es el beneficio por usuario, para cualquier tipo de usuario ($\pi = \hat{t}_L - c\hat{q}_L - f = \hat{t}_H - c\hat{q}_H - f = \sigma$), y Π es el beneficio total de cada red ($\Pi_1 = \Pi_2 = \Pi$). Dessein [Des00] muestra que este resultado es implementable (esto es, satisface las restricciones de compatibilidad de incentivos), en un contexto de discriminación implícita de precios, por un paquete único compuesto por una tarifa a dos partes $\{p^*, F^*\}$, que ambas redes ofrecen a sus suscriptores y que corresponde al paquete óptimo en el contexto de discriminación explícita de precios, para $\zeta = c_0$.

Proposición 5. *Bajo un contexto de discriminación implícita de precios, si $\zeta = c_0$ entonces el resultado obtenido bajo discriminación explícita de precios puede ser implementado mediante una tarifa única a dos partes, $\{p^*, F^*\}$, dada por*

$$p^* = c \quad , \quad F^* = \sigma + f \quad . \tag{12}$$

Uno puede mostrar que para ζ distinto de c_0, el resultado de discriminación explícita de precios, $\{(\hat{q}_L, \hat{t}_L), (\hat{q}_H, \hat{t}_H)\}$, no es implementable. Si $\zeta > c_0$, los usuarios de bajo consumo optarán por la canasta diseñada para los usuarios de alto consumo. Si $\zeta < c_0$, los usuarios de alto consumo son los que optán por la canasta diseñada para usuarios de bajo consumo. En cualquiera de estos casos, las redes deben construir un mecanismo de autoselección que sea compatible con los incentivos de los usuarios, dado el contexto de información asimétrica.

Un contrato óptimo para la red #1 es un contrato $\{(q^*_{L,1}, t^*_{L,1}), (q^*_{H,1}, t^*_{H,1})\}$ que maximiza los beneficios de la red #1 teniendo en cuenta las restricciones de compatibilidad de incentivos. Dessein se limita a analizar equilibrios simétricos (cuya existencia se puede mostrar siguiendo los argumentos expuestos por Laffont, Rey y Tirole [LRT98a]). En un equilibrio simétrico, el contrato óptimo ofrecido por la red #1 es igual al contrato óptimo ofrecido por la red #2. El contrato óptimo de la red #1 resuelve entonces el siguiente programa.

$$
\begin{aligned}
\max_{\{q_{i,1}, w_{i,1}\}_{i=L,H}} \quad & \mu \tilde{x}_L \left[u_L(q_{L,1}) - w_{L,1} - c q_{L,1} - f \right] \\
& + (1-\mu) \tilde{x}_H \left[u_H(q_{H,1}) - w_{H,1} - c q_{H,1} - f \right] \\
& + A_1 \\
\text{sujeto a} \quad & \\
& w_{H,1} = u_H(q_{H,1}) - t_{H,1} \geq u_H(q_{L,1}) - t_{L,1} \qquad (IC - H) \\
& w_{L,1} = u_L(q_{L,1}) - t_{L,1} \geq u_L(q_{H,1}) - t_{H,1} \qquad (IC - L)
\end{aligned}
$$

Sean λ_H y λ_L los multiplicadores de las restricciones $IC-H$ e $IC-L$. Si $\zeta > c_0$ y $k_H - k_L$ no son muy grandes, se sigue que la restricción de incentivos de los individuos de bajo consumo, L, está satisfecha con igualdad ($\lambda_L > 0$). Esto es, las redes deben distorsionar el consumo de los individuos de alto consumo, para evitar desviaciones de los individuos de bajo consumo. Por otro lado, los individuos de alto consumo no están tentados a pretender ser individuos de bajo consumo ($\lambda_H = 0$), por lo que no hay necesidad de distorsionar la canasta ofrecida al tipo L. Este resultado es en realidad inverso al resultado obtenido en un modelo estándar de agencia, donde uno llega al resultado de no distorsión al individuo de alto consumo. Aquí, el individuo de alto consumo no es tan atractivo para las redes, pues genera tráfico saliente. Las condiciones de primer orden con respecto a $q_{i,1}, w_{i,1}$,

$i = L, H$ dan como resultado las cantidades y transferencias de equilibrio simétrico (he omitido el subíndice de las redes):

$$q_L^* = \hat{q}_L = k_L q \left(c + \frac{\zeta - c_0}{2} \right) \quad , \tag{13}$$

$$q_H^* > \hat{q}_H \quad , \tag{14}$$

$$t_L^* = \hat{t}_L - \lambda_L \frac{2\sigma}{\mu} < \hat{t}_L \quad , \tag{15}$$

$$t_H^* = \hat{t}_H + c(q_H^* - \hat{q}_H) + \lambda_L \frac{2\sigma}{1-\mu} > \hat{t}_H \; . \tag{16}$$

Tenemos entonces el siguiente resultado.[10]

Proposición 6. *En un contexto de información asimétrica donde las redes ejercen discriminación de precios implícita, para* $|\zeta - c_0| < \delta$ *y* $k_H - k_L < \gamma$*, existe un equilibrio simétrico donde las redes fijan paquetes diferenciados para cada tipo de consumidor. Los paquetes óptimos* $\{(q_L^*, t_L^*), (q_H^*, t_H^*)\}$ *están caracterizados por las ecuaciones (13)-(16). El beneficio económico de las redes es independiente del cargo de interconexión, y asciende a* $\Pi^* = \frac{\sigma}{2}$*, el beneficio Hotelling estándar bajo demandas unitarias.*

Noten que no hay distorsión en la cantidad de equilibrio diseñada para el usuario de bajo consumo, pero hay una distorsión hacia arriba en la cantidad de equilibrio diseñada para el usuario de alto consumo. Esto en realidad hace a la canasta destinada a usuarios de alto consumo menos atractiva, a ojos de usuarios de bajo consumo. Las transferencias de equilibrio están distorsionadas hacia abajo en el caso del usuario de bajo consumo y hacia arriba en el caso de usuario de alto consumo.

La información asimétrica presente en el caso de discriminación implícita de precios crea distorsión en las candidades de equilibrio ofrecidas a los usuarios de alto consumo, pero no altera las cantidades de equilibrio ofrecidas a los usuarios de bajo consumo. Esto aparece como opuesto al resultado estándar de selección adversa, donde un monopolista que enfrenta consumidores con demandas heterogéneas distorsiona la cantidad de equilibrio de los consumidores con menor demanda. Sin embargo, en el modelo de interconexión de redes, la distorsión para los usuarios de alto consumo es para

[10] Nuevamente, he omitido a propósito las cotas de los parámetros para darle fluidez al texto.

arriba. La racionalidad económica es similar: se diseña un menú de canastas para evitar que los usuarios se desvién. En este caso, las redes quieren evitar que los usuarios de bajo consumo se desvíen.

3.4 Implementación con tarifas a dos partes

La implementación del equilibrio simétrico $\{(q_L^*, t_L^*), (q_H^*, t_H^*)\}$ puede tomar la forma de un esquema tarifario con dos componentes, una renta fija F_i^* y un precio por llamada p_i^*, para $i = L, H$. En el caso concreto de funciones de utilidad que generan demandas con elasticidades constantes, $u(q) = \frac{q^{1-(1/\eta)}}{1-(1/\eta)}$, tenemos:

$$\begin{aligned}
p_L^* &= c + \frac{\zeta - c_0}{2} \ , \\
p_H^* &= \frac{c + \frac{\zeta - c_0}{2}}{1 + \frac{2\lambda_L}{1-\mu}\frac{k_H^{1/\eta} - k_L^{1/\eta}}{k_H^{1/\eta}}} \ < \ p_L^* \ , \\
F_L^* &= \sigma + f - \frac{\zeta - c_0}{2} k_L q(p_L^*) - \lambda_L \frac{2\sigma}{\mu} \ , \\
F_H^* &= \sigma + f - (p_H^* - c) k_H q(p_H^*) + \lambda_L \frac{2\sigma}{1-\mu} \ > \ F_L^* \ .
\end{aligned}$$

Un movimiento en el cargo de interconexión afecta directamente ambos precios de equilibrio. El impacto sobre las rentas fijas es menos obvio. Para ambas rentas de equilibrio, hay un efecto directo por efecto costos. Exite un efecto adicional, debido al impacto del movimiento de precios en las cantidades de consumo de equilibrio. Este movimiento es inverso, y contrapesa el movimiento directo por costos.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial p_L^*}{\partial \zeta} &= \frac{1}{2} \ , \\
\frac{\partial F_L^*}{\partial \zeta} &= \frac{1}{2} k_L \left(c + \frac{\zeta - c_0}{2} \right)^{-\eta} \left[\frac{\zeta - c_0}{2} \eta \left(c + \frac{\zeta - c_0}{2} \right)^{-1} - 1 \right] \ .
\end{aligned}$$

De la misma forma para (p_H^*, F_H^*),

$$\frac{\partial p_H^*}{\partial \zeta} = \frac{1}{2} \frac{1}{1 + \frac{2\lambda_L}{1-\mu} \frac{k_H^{1/\eta} - k_L^{1/\eta}}{k_H^{1/\eta}}} < \frac{1}{2} ,$$

$$\frac{\partial F_H^*}{\partial \zeta} = k_H (p_H^*)^{-\eta} \frac{\partial p_H^*}{\partial \zeta} \left[\frac{p_H^* - c}{p_H^*} k_H \eta - 1 \right] .$$

Tenemos entonces que $\frac{\partial F_L^*}{\partial \zeta} \leq 0$ si y solo si $\frac{\zeta - c_0}{2}(\eta - 1) \leq c$, y $\frac{\partial F_H^*}{\partial \zeta} \leq 0$ si y solo si $p_H^*(k_H \eta - 1) \leq c k_H \eta$. La intuición económica es la siguiente. Una reducción en el cargo recíproco de interconexión ζ reduce los costos marginales percibidos de ambas redes. Aún en el caso de demandas heterogéneas, un equilibrio simétrico implica que el tamaño de mercado de las redes es igual. Una reducción en el precio por llamada para los usuarios de tipo s implica un flujo neto de llamadas negativo. Para compensar esta reducción en los ingresos, las redes incrementan la renta fija de los usuarios de tipo s. Las rentas fijas no afectan la cantidad de llamadas pero si la decisión de pertenecer a una red u otra. En equilibrio, las rentas fijas se ajustan de tal manera que las participaciones de mercado son iguales, para ambos tipos de consumidores.

Del análisis se deduce que la modificación del cargo de interconexión tiene un efecto directo sobre el precio de las llamadas. Este efecto no es en absoluto ambigüo. Una reducción en el cargo de interconexión reduce el precio por llamada. El efecto sobre las rentas fijas depende, sin embargo, de los parámetros del modelo (e.g. costos, elasticidades de demanda). Aún cuando el efecto sobre las rentas fijas sea inverso, no se puede concluir que la reducción en el cargo de interconexión reduzca el excedente de los consumidores. De hecho, puede argüirse que el excedente de los consumidores aumenta. El beneficio de las redes no depende del cargo de interconexión. Una reducción en el cargo reduce el precio y aumenta la cantidad de llamadas en equilibrio. Esta creación de excedente económico no es capturada por las empresas. Son los consumidores los que capturan el excedente económico creado.

4 Discriminación de precios

Las redes de telecomunicaciones utilizan cada vez más frecuentemente esquemas de precios complejos, no solo en tanto los esquemas contemplan precios no lineales, sino porque las políticas tarifarias contemplan discriminación de precios por destino de llamada. Esto es, una red de telecomunicaciones diferencia entre precios por llamadas originadas y terminadas dentro de la propia red (llamadas *on-net*), y precios por llamadas terminadas en la red competidora (llamadas *off-net*).

La discriminación de precios introduce una distorsión adicional al mecanismo de mercado, en tanto crea una externalidad de red artificial. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, la introducción de discriminación de precios por destino de llamada incentiva la competencia en el mercado minorista, lo cual incrementa el bienestar social. No es immediato concluir entonces que la discriminación de precios es perjudicial para el bienestar.

4.1 Discriminación de precios en redes simétricas

Laffont, Rey y Tirole [LRT98b] presentan el primer modelo de discriminación de precios por destino de llamadas. Este trabajo es complementario a su artículo original de interconexión de redes [LRT98a]. En el modelo de discriminación de precios, la red $\#n$ cobra un precio por llamadas cuyo origen y destino es la red $\#n$ (llamadas *on-net*) y un precio (posiblemente) diferente por llamadas que se originan en la red $\#n$ y terminan en la red $\#m$ (llamadas *off-net*). Laffont, Rey y Tirole [LRT98b] mantienen los supuestos de redes simétricas en costos, cobertura y participación plenas, demanda homogénea, y tráfico de llamadas balanceado. En este caso, el patrón de llamadas balanceado es un supuesto más restrictivo que en el caso de no discriminación de precios. Esto porque el supuesto de tráfico balanceado requiere que consumidores que frecuentemente se llaman no coordinen su pertenencia a la misma red. Laffont, Rey y Tirole consideran discriminación de precios bajo el esquema de precios lineales y bajo el esquema de precios no lineales.

Bajo un esquema de precios lineales, donde p_n denota el precio *on-net* y $\hat{p}_n$ denota el precio *off-net* de la firma $\#n$, la utilidad indirecta de un consumidor afiliado a la red $\#n$ depende explícitamente de la participación de mercado de las redes. Esto es, la discriminación de precios crea una externalidad de red artificial. Para ver esto, sea $v(p_n) \equiv \max_q\{u(q) - p_n q\}$ la utilidad indirecta del consumo de llamadas *on-net* y $v(\hat{p}_n) \equiv \max_q\{u(q) - \hat{p}_n q\}$ la utilidad indirecta del consumo de llamadas *off-net*. Entonces, para participaciones de mercado $(\tilde{x}, 1-\tilde{x})$, la utilidad indirecta de un consumidor asociado a la red $\#1$ está dado por la expresión:

$$w(p_1, \hat{p}_1) \equiv \tilde{x} v(p_1) + (1 - \tilde{x}) v(\hat{p}_1) \; .$$

Si $p_1 < \hat{p}_1$, entonces un consumidor asociado a la red #1 está mejor cuanto más sea la participación de mercado de la red #1. Esto crea la externalidad de red, y permite que las empresas utilizen la discriminación de precios como mecanismo para compensar a sus suscriptores.

La determinación de la ubicación del consumidor marginal indiferente entre ambas redes es estándar. El consumidor marginal indiferente se ubica en $\tilde{x} \in [0, 1]$, donde $\tilde{x}$ es tal que $w(p_1, \hat{p}_1) - \sigma \tilde{x} = w(p_2, \hat{p}_2) - \sigma(1 - \tilde{x})$, o equivalentemente, $\tilde{x} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\sigma} [w(p_1, \hat{p}_1) - w(p_2, \hat{p}_2)]$. Recuerden que existe participación plena. Entonces la cuota de mercado de la empresa #1 es igual a $\tilde{x}$. Las expresiones de arriba permiten encontrar una relación para la participación de mercado de la empresa #1.

$$\tilde{x} = \frac{\frac{1}{2} + \frac{1}{2\sigma} [v(\hat{p}_1) - v(p_2)]}{\left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{2\sigma} [v(\hat{p}_1) - v(p_2)] \right\} + \left\{ \frac{1}{2} + \frac{1}{2\sigma} [v(\hat{p}_2) - v(p_1)] \right\}} \; .$$

Esta expresión permite comprender el efecto de la discriminación de precios sobre la competencia en el mercado final. Noten que un incremento en el precio de llamadas *off-net* tiene un impacto solamente marginal sobre la participación de mercado de la red #1. Por el contrario, el precio de llamadas *on-net* afecta negativamente su cuota. Así, cada red está más dispuesta a incrementar su participación de mercado reduciendo el precio de llamadas *on-net*, y al mismo tiempo aumentando el precio de llamadas *off-net* para evitar crear un déficit de interconexión. Noten que este último mecanismo para evitar un tráfico entrante neto no existía en el caso de no discriminación. Para ver esto, supongan que el cargo de interconexión se incrementa. Intuitivamente, una red reacciona de dos formas a esta variación. Primero, aumenta el precio *off-net* para reflejar el incremento en el costo de las llamadas *off-net*. Segundo, la red tiene ahora mayores incentivos para capturar una porciíon adicional del mercado y reducir así los costos de servir a sus consumidores. Bajo precios no discriminatorios, este incentivo estaba mitigado en tanto mayor participación de mercado implicaba mayor deficit de acceso. Ahora la red puede reducir sus precios unitarios *on-net* y generar tráfico saliente neto.

Laffont, Rey y Tirole [LRT98b] examinan el problema técnico de existencia, multiplicidad y estabilidad de los equilibrios. Al igual que en el caso de tarifas no discriminatorias, este problema no es trivial. Bajo ciertas condiciones (esto es, un grado de sustituibilidad no muy elevado y/o cargos de interconexión no muy elevados), Laffont, Rey y Tirole muestran que existe un equilibrio estable donde ambas redes tienen una participación de mercado positiva.

Nótese que las implicaciones sobre el bienestar social de la discriminación de precios están sujetas a fuerzas contrapuestas. Por un lado, la discriminación de precios entre llamadas *on-net* y llamadas *off-net* no está basada en consideraciones reales de costos o de demanda. Adicionalmente, en situaciones donde una empresa incumbente con cobertura total se enfrenta a un potencial entrante con cobertura parcial, el incumbente podría hacer uso de cargos de interconexión altos para frenar el avance de la red entrante, trasladando los cargos de acceso a mayores precios de llamadas *off-net*.[11]. Por otro lado, la discriminación de precios puede incrementar la competencia en el mercado de productos finales, beneficiando a los consumidores.

Laffont, Rey y Tirole [LRT98b] analizan también el caso de discriminación de precios bajo esquemas de precios no lineales. Una canasta bajo precios no lineales usualmente está compuesta por un precio unitario por cada tipo de llamada y una renta fija mensual. Noten que no hay pérdida de generalidad si uno se restrige a analizar tarifas no lineales compuestas por una canasta de minutos para cada tipo de llamada, $(q_n, \hat{q_n})$, y una transferencia monetaria que los usuarios pagan a la red $\#n$, t_n.[12] Dada la canasta $\{q_n, \hat{q}_n, t_n\}$, el beneficio de un consumidor que accede a la red $\#n$, sin tomar en cuenta el costo de transporte, está dado por:

$$w_n = \tilde{x}_n u(q_n) + \tilde{x}_m u(\hat{q}_m) - t_m \ .$$

La interpretación de esta formulación es la siguiente. La firma $\#n$ ofrece la canasta $\{q_n, \hat{q}_n, t_n\}$ a un potencial consumidor. t_n es la renta fija que el consumidor paga por estar suscrito a la red $\#n$, mientras que q_n reprenta la cantidad de llamadas dentro de la red disponibles, y $\hat{q}_n$ representa la cantidad de llamadas fuera de la red disponibles. La participación de mercado de las empresas responde positivamente al beneficio neto que los consumidores reciben de ellas. El usuario marginal indiferente entre suscribirse a la red $\#1$ y suscribirse a la red $\#2$ está situado en $\tilde{x} \in [0, 1]$ tal que

[11] Sobre esto, véase la exposición del modelo de Hoernig más abajo

[12] He modificado la exposición de este modelo por fines prácticos. Laffont, Rey y Tirole [LRT98b] definen las canastas en términos de precios unitarios y no de cantidades. Los resultados son equivalentes, pero las rentas fijas no son comparables sin antes tomar en cuenta estos precios unitarios.

$w_1 - \sigma\tilde{x} = w_2 - \sigma(1-\tilde{x})$. La participación de mercado de la firma #1 es entonces:

$$\tilde{x} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\sigma}[w_1 - w_2] \ . \tag{17}$$

El beneficio neto de la firma #1 está expresado en función a la canasta ofrecida por este operador. Como es usual en los modelos de agencia, el beneficio también es expresado en función a las transferencias netas cedidas al consumidor. He utilizado la misma notación que [LRT98b] para denotar el costo marginal de las llamadas fuera de la red, $\hat{c} = c(1+m)$, donde $m = \frac{\zeta - c_0}{c}$. El beneficio neto de la firma #1 es entonces

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= \tilde{x}\Big[t_1 - \tilde{x}cq_1 - (1-\tilde{x})\hat{c}\hat{q}_1 - f\Big] + \tilde{x}(1-\tilde{x})cm\hat{q}_2 \qquad (18) \\ &= \tilde{x}\Big[\tilde{x}\{u(q_1) - cq_1\} + (1-\tilde{x})\{u(\hat{q}_1) - \hat{c}\hat{q}_1\} - w_1 - f\Big] + \tilde{x}(1-\tilde{x})cm\hat{q}_2 \ . \end{aligned}$$

El operador #1 maximiza sus beneficios Π_1 respecto a $\{q_1, \hat{q}_1, w_1\}$. De (18), es evidente que cualquier solución al programa del operador #1 contempla cantidades de llamadas socialmente óptimas, bajo la restricción impuesta por la discriminación de precios. Esto es, $q_1^* = \arg\max\{u(q) - cq\}$ y $\hat{q}_1^* = \arg\max\{u(q) - \hat{c}q\}$. Este resultado no es sorprendente. Con tarifas a dos partes, las redes hacen uso del precio unitario para crear valor o excedente, dado costos marginales c y $\hat{c} = c(1+m)$. El excedente máximo del consumidor está dado por $v = v(c)$ y $\hat{v} = v(\hat{c})$. Las transferencias de excedente económico al consumidor (o alternativamente, la renta fija cobrada por las redes) es usada para determinar la participación de mercado. Esto es lo que mostraré a continuación.

El beneficio neto de la red #1 en un equilibrio simétrico puede ser escrito como $\Pi_1 = \tilde{x}\big[\tilde{x}v + (1-\tilde{x})\hat{v} - w_1 - f\big] + \tilde{x}(1-\tilde{x})cm\hat{q}$. El primer término de esta expresión captura el beneficio neto que obtiene la red #1 directamente de sus subscriptores. El segundo término corresponde a los ingresos por interconexión. Usando la expresión (17) obtenemos:

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= \left[\frac{1}{4} + \frac{1}{2\sigma}(w_1 - w_2) + \left(\frac{1}{2\sigma}(w_1 - w_2)\right)^2\right] v \\ &\quad + \left[\frac{1}{4} - \left(\frac{1}{2\sigma}(w_1 - w_2)\right)^2\right]\left(\hat{v} + cm\hat{q}\right) - \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2\sigma}(w_1 - w_2)\right](w_1 + f) \ . \end{aligned}$$

Laffont, Rey y Tirole [LRT98b] muestran que el equilibrio de este problema, en términos de cantidades y transferencia neta los consumidores, es único, estable y simétrico. Las cantidades de equilibrio son $q_1^* = q_2^* = q^* = \arg\max\{u(q) - cq\}$ y $\hat{q}_1^* = \hat{q}_2^* = \hat{q}^* = \arg\max\{u(q) - \hat{c}q\}$. De las condiciones de primer orden uno obtiene:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \Pi_1}{\partial w_1} \quad = \quad & \left[\frac{1}{2\sigma} + \frac{1}{2\sigma^2}(w_1 - w_2)\right] v - \frac{1}{2\sigma^2}(w_1 - w_2)(\hat{v} + cm\hat{q}) \\ & - \frac{1}{2} - \frac{1}{2\sigma}(w_1 - w_2) - \frac{1}{2\sigma}(w_1 + f) = 0 \ .\end{aligned}$$

En un equilibrio simétrico, $w_1^* = w_2^* = w^* = v(c) - f - \sigma$. La renta fija pagada por los consumidores entonces $F_1^* = F_2^* = F^* = f + \sigma + \frac{1}{2}\left[u(q^*) - u(\hat{q}^*)\right] - v(c)$. Una implicancia interesante de la discriminación de precios es que en un equilibrio simétrico con cargos de interconexión recíprocos, la renta fija es inversa al cargo de interconexión entre redes. Un aumento en el cargo incrementa el costo de las llamadas *off-net*. Dado que las cantidades de equilibrio son eficientes, la respuesta de las redes viene por el lado de participación de mercado. Con un cargo de interconexión mayor, resulta aún más atractivo construir una base de consumidores importante, para lo cual se reduce la renta fija que pagan los suscriptores.

Con estos resultados de equilibrio, uno puede analizar la incidencia del cargo de acceso en los beneficios de las redes. Noten que $v = v(p)$ es una función valor convexa en su argumento (esto porque es el máximo de una familia de funciones convexas en el argumento). Reemplazando las variables de equilibrio en la función de beneficios de la red #1, se tiene que

$$\Pi_1^* = \frac{\sigma}{2} + \frac{1}{4}\left[v(\hat{c}) + cm\hat{q} - v(c)\right] \tag{19}$$

Por el teorema de la envolvente, de (19) se sigue que $v'(\hat{c}) = -\hat{q}^*$. La convexidad de la función valor v implica que $v(c) \geq v(\hat{c}) + (c - \hat{c})v'(\hat{c}) = v(\hat{c}) + cm\hat{q}^*$. Es claro entonces $0 \geq v(\hat{c}) + cm\hat{q}^* - v(c)$, con igualdad si y solo si $m = 0$. Esto implica que $\Pi_1^* \leq \Pi^H = \frac{\sigma}{2}$, con igualdad si y solo si $m = 0$, o equivalentemente si y solo si $\zeta = c_0$. Una implicancia de este modelo es entonces que las redes obtarían, bajo cargos simétricos, por un cargo de interconexión igual al costo marginal de interconexión bajo una política de discriminación de precios por destino de llamada y esquemas de precios no lineales.

4.2 La posibilidad de predación de precios

Steffen Hoernig [Hoe05] presenta un modelo de competencia de redes con discriminación de precios que explora la posibilidad de precios predatorios en la industria. La motivación de este trabajo es la existencia de reclamos hechos por operadores pequeños. Estos operadores argumentan el uso, por parte del operador incumbente, del diferencial de precios de llamadas *on-net* y llamadas *off-net* para inducir su salida del mercado.

Para explorar esta posibilidad, Hoernig construye un model de competencia entre redes asimétricas, en el cual el incumbente tiene una participación de mercado mayor, en equilibrio, debido a un efecto reputacional. Adicionalmente a la asimetría causada por el efecto reputación, Hoernig supone la existencia de externalidades de llamada (i.e. un individuo obtiene utilidad al ser llamado por teléfono). Con estas modificaciones al modelo base, la posibilidad de precios predatorios es explorada.

Un inconveniente de este trabajo es que no presenta una solución analítica, ni al equilibrio competitivo de Nash, ni al equilibrio predatorio de Nash, donde la firma mayor tiene como objetivo minimizar los beneficios de su rival, con la restricción de que sus propios beneficios estén por encima de un nivel predeterminado (predación limitada). Esta omisión no es a propósito: la literatura cuenta con pocas soluciones analíticas a los modelos de competencia de redes cuando las redes son asimétricas. En vez, se presentan observaciones generales basadas en simulaciones. Los principales descubrimientos del trabajo de Hoernig [Hoe05] son los siguientes.

En el juego competitivo, la estructura de precios de equilibrio implica una tarifa en dos partes donde ambas redes mantienen precios de llamadas intra-red eficientes, y precios de llamadas fuera de la red que dependen positivamente de las participaciones de mercado de cada empresa. Así, en la competencia de redes asimétricas, el diferencial de precios entre llamadas *off-net* y llamadas *on-net* es mayor para la red incumbente. Adicionalmente, en el juego competitivo las tarifas de llamadas *on-net* están por debajo del costo marginal, debido a la existencia de externalidades por llamada. Las tarifas de llamadas *off-net* están por encima del costo marginal percibido, con la firma incumbente con mayores tarifas que la firma entrante. Adicionalmente, la red incumbente establece una renta fija mayor y obtiene beneficios netos mayores.

En el juego predatorio, la estructura de precios de equilibrio del operador entrante es igual que la estructura de precios en el juego competitivo. La estructura de precios del operador incumbente especifica precios eficientes para las llamadas *on-ne* y precios de llamadas *off-net* altos, relativo al resultado del equilibrio competitivo. Este último precio depende positivamente de la participación de mercado de la red dominante. Así, con redes asimétricas, el diferencial de precios *off-net on-net* de la red dominante aumenta con la posibilidad de predación.

Los precios predatorios *on-net* de ambas firmas son iguales al precio bajo competencia. El precio predatorio de llamadas *off-net* de la red dominante es significativamente más alto que el precio bajo competencia, mientras que el precio de llamadas *off-net* de la red entrante se reduce débilmente. Por otro lado, la renta fija de ambas firmas cae, siendo la renta fija de la firma dominante eventualmente menor.

Estos resultados muestran que aún un grado limitado de comportamiento predatorio tiene consecuencias sobre la estructura de precios de equilibrio. La red dominante incrementa el precio *off-net* y reduce la renta fija que pagan sus suscriptores. Esto último está diseñado para reducir la participación de mercado de la red más pequeña. El primer efecto se da para limitar el déficit de acceso de la red dominante y para reducir la externalidad de red de los clientes de la red entrante.

5 Modelo reducido de interconexión de redes

Esta sección está basada en el trabajo de Buehler y Schmutzler [BS05], que presenta un análisis de los efectos del cargo de interconexión basado en un modelo de forma reducida. La conveniencia de utilizar modelos reducidos radica en que uno puede abstraerse de detalles y hacer ejercicios de estática comparativa de una forma sencilla. Los modelos reducidos permiten también establecer condiciones suficientes para los resultados que se obtienen.

5.1 Marco teórico

Dos redes de telecomunicaciones compiten en el mercado minorista de llamadas con productos diferenciados. El detalle del tipo de competencia no es relevante en un modelo de la forma reducida. Noten, sin embargo, que el supuesto de productos diferenciados le permite a cada empresa enfrentar una curva de demanda no horizontal. Buehler y Schmutzler [BS05] suponen que las redes tienen estructuras de costo simétrica. Como es usual, c_0 representa el costo marginal por origen/terminación de llamada, c_1 representa el costo marginal de transporte, y ζ es el cargo de interconexión simétrico entre firmas. Así, $c = 2c_0 + c_1$ es el costo marginal de llamadas *on-net* y $c + (\zeta - c_0)$ es el costo de llamadas *off-net*. Cada red tiene un costo fijo igual a f por atender a un consumidor.

Las redes emplean tarifas no lineales de la forma $T_n(q) = F_n + p_n q$. Recuerden que una de las conclusiones importantes de los modelos de interconexión de redes que emplean tarifas a dos partes es que las firmas tienen dos instrumentos. El precio minorista afecta la cantidad de llamadas que los consumidores realizan, mientras que la renta fija determina la participación de mercado de cada firma.

Para un precio p_n, sea $v(p_n)$ la utilidad neta variable para un consumidor subscrito a la red $\#n$. La utilidad neta total es denotada w_n. Noten que $w_n = v(p_n) - F_n$, por lo que el análisis puede llevarse a cabo en términos de utilidades netas transferidas de las redes a los consumidores, y precios unitarios. En este caso, las transferencias w_n cedidas por la red $\#n$ a sus subscriptores determinan su participación de mercado, mientras que el precio unitario por llamada p_n detemina la cantidad de consumo.

Sea entonces $n(w_n, w_m)$ el número de subscriptores de la red $\#n$ y $m(w_n, w_m)$ el número de subscriptores de la red $\#m$. Noten que $n(\cdot)$ y $m(\cdot)$ representan en este caso funciones cuyos argumentos son las transferencias de excedente de las redes hacia los consumidores. El consumo individual de llamadas *on-net* de un subscriptor de la red $\#n$ está dado por $d_{nn}(w_n, w_m, p_n) \equiv \widehat{d}_{nn}(n(w_n, w_m), m(w_n, w_m), p_n)$. El consumo individual de llamadas *off-net* de un subscriptor de la red $\#n$ está dado por $d_{nm}(w_n, w_m, p_n) \equiv \widehat{d}_{nm}(n(w_n, w_m), m(w_n, w_m), p_n)$.

Noten que el consumo de llamadas depende tanto del número de subscriptores de cada red como del precio por llamada. Una variación en la tranferencias ofrecida por la red $\#n$ tiene consecuencias directas sobre el número de subscriptores y consecuencias indirectas sobre la cantidad de consumo individual de llamadas dentro y fuera de la red. Éstas últimas vienen dadas por:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial d_{nn}}{\partial w_n} &= \frac{\partial \widehat{d}_{nn}}{\partial n}\frac{\partial n}{\partial w_n} + \frac{\partial \widehat{d}_{nn}}{\partial m}\frac{\partial m}{\partial w_n}\ ; \\
\frac{\partial d_{nm}}{\partial w_n} &= \frac{\partial \widehat{d}_{nm}}{\partial n}\frac{\partial n}{\partial w_n} + \frac{\partial \widehat{d}_{nm}}{\partial m}\frac{\partial m}{\partial w_n}
\end{aligned}$$

Expresiones similares son derivadas para medir el impacto de las variaciones en w_m. Es claro que para determinar el efecto de la participación de mercado de la empresa $\#n$ (o de la empresa $\#m$) sobre sus llamadas *on-net* y *off-net*, es necesario hacer supuestos adicionales sobre el patrón de llamadas. La aproximación reducida al problema de interconexión de redes permite identificar este tipo de supuestos y sus consecuencias. Con participación plena, el número de subscriptores totales es constante: $n(w_n, w_m) + m(w_n, w_m) = N$. Los supuestos sobre el patrón de llamadas afectan la composición del mercado pero no el número total de subscriptores. Con participación parcial, surge la posibilidad de que ambas redes incrementen su número de subscriptores.

Las funciones de demanda de mercado de llamadas *on-net* y llamadas *off-net* de la red $\#n$ vienen dadas por:

$$D_{nn}(w_n, w_m, p_n) = n(w_n, w_m) \cdot d_{nn}(w_n, w_m, p_n) \; ; \tag{20}$$

$$D_{nm}(w_n, w_m, p_n) = n(w_n, w_m) \cdot d_{nm}(w_n, w_m, p_n) \; . \tag{21}$$

El efecto de una variación en los precios (o en las transferencias) sobre las curvas de demanda que enfrentan las redes puede estudiarse directamente en este modelo reducido. Para ello necesitamos establecer los supuestos de comportamiento de las curvas de demanda.

5.2 Estática comparativa

El modelo de Buehler y Schmutzler [BS05] asume que las funciones $n(\cdot)$, $m(\cdot)$, $\widehat{d}_{nn}(\cdot)$ y $\widehat{d}_{nm}(\cdot)$ son funciones diferencibles. Adicionalmente, asume las siguientes propiedades:

1. $\frac{\partial n}{\partial w_n} > 0$, y $\frac{\partial n}{\partial w_m} < 0$.
2. $\frac{\partial \widehat{d}_{nn}}{\partial n} > 0$, $\frac{\partial \widehat{d}_{nn}}{\partial m} < 0$, $\frac{\partial \widehat{d}_{nm}}{\partial n} < 0$, y $\frac{\partial \widehat{d}_{nm}}{\partial m} > 0$.
3. $\frac{\partial \widehat{d}_{nn}}{\partial p_n} < 0$, y $\frac{\partial \widehat{d}_{nm}}{\partial p_n} < 0$.

Estos supuestos no contradicen la intuición económica expuesta anteriormente. El impacto de las transferencias de excedente de las redes a los consumidores sobre las funciones de demanda individual de la red $\#n$ es el siguiente:

$$\frac{\partial d_{nn}}{\partial w_n} > 0 \quad , \quad \frac{\partial d_{nn}}{\partial w_m} < 0 \; ;$$
$$\frac{\partial d_{nm}}{\partial w_n} < 0 \quad , \quad \frac{\partial d_{nm}}{\partial w_m} > 0 \; .$$

Un aumento en el excedente cedido por la red $\#n$ incrementa el número de sus subscriptores, y reduce el número de subscriptores de la red $\#m$. Esto, en conjunto aumenta la cantidad de llamadas individuales dentro de su red, y reduce la cantidad de llamadas individuales a la red de su competidor. Adicionalmente, se asume que los componentes de las funciones de demanda son separables en precios y transferencias netas. La propiedad 2 es necesaria para tener un patrón de consumo balanceado, pero no es equivalente a éste.

El beneficio de la firma $\#n$ viene dado por la siguiente ecuación de la forma reducida:

$$\begin{aligned}
\pi_n(p_n, w_n; p_m, w_m) \quad = \quad & [p_n - c]D_{nn}(w_n, w_m, p_n) \\
& + [p_n - c - (\zeta - c_0)]D_{nm}(w_n, w_m, p_n) \\
& + [a - c_0]D_{mn}(w_m, w_n, p_m) \\
& + n(w_n, w_m)[v(p_n) - w_n - f] \ .
\end{aligned}$$

Para analizar el efecto de un aumento en los cargos de interconexión en las políticas de precios de las redes, se debe tener en cuenta tres argumentos. Primero, imponer un cargo simétrico de interconexión más alto aumenta el beneficio marginal de incrementar el precio unitario. Segundo, aislando otros efectos, un mayor precio unitario incrementa el beneficio marginal de una transferencia de excedente más alta. Con precios mayores, es más atractivo ampliar la base de mercado. Noten que esto indica cierto grado de complementariedad entre los componentes de las canastas de precios no lineales. Mayores precios generan incentivos para que las empresas compitan más agresivamente en participación de mercado, lo cual hace que se incrementen las transferencias de excedente a los consumidores, o equivalentemente se reduzcan las rentas fijas pagadas por los subscriptores. Tercero, existe un efecto directo entre un cargo de interconexión más alto y las transferencias de excedente a los consumidores.

Noten que el efecto neto dependerá de la dirección y el impulso del efecto directo del cargo de interconexión sobre las transferencias a los consumidores (equivalentemente, sobre la renta fija pagada por los consumidores). El efecto indirecto indica complementariedad entre cargos de interconexión y transferencias a los consumidores: a mayor cargo, mayor es el beneficio marginal de ampliar la base de mercado, i.e. mayores son los incentivos para ceder una unidad adicional de excedente a los consumidores. El signo del efecto directo, no obstante, es más elusivo.

Buehler y Schmutzler [BS05] demuestran que las siguientes condiciones son suficientes para que el efecto neto total de un aumento en el cargo de interconexión sobre precios y transferencias finales sea positivo.

Proposición 7. *En el modelo reducido de interconexión de redes con tarifas a dos partes, supongamos que las siguientes condiciones están satisfechas para* $n = 1, 2$, $n \neq m$.

1. $\frac{\partial^2 \pi_n}{\partial a \partial p_n} \geq 0$; $\frac{\partial^2 \pi_n}{\partial a \partial w_n} \geq 0$; *y* $\frac{\partial^2 \pi_n}{\partial p_n \partial w_n} \geq 0$.
2. $\frac{\partial^2 \pi_n}{\partial p_n \partial p_m} \geq 0$; $\frac{\partial^2 \pi_n}{\partial p_n \partial w_m} \geq 0$; $\frac{\partial^2 \pi_n}{\partial w_n \partial p_m} \geq 0$; *y* $\frac{\partial^2 \pi_n}{\partial w_n \partial w_m} \geq 0$.

Entonces, los precios y transferencias de equilibrio para ambas firmas, (p_1^*, w_1^*) *y* (p_2^*, w_2^*)*, se incrementan ante una subida en el cargo de interconexión.*

Este resultado se basa en mostrar que, dadas las condiciones de la proposición, las firmas #1 y #2 participan de un juego supermodular donde las variables son complementarias unas con otras. Un aumento en el precio (o transferencia) de una firma hace que sea más rentable aumentar el precio para la otra. Dado que cada función de beneficios es supermodular en (p_n, w_n, a), el efecto de un incremento en el parámentro ζ sobre las variables (p_n, w_n) es positivo.

Dado que las rentas fijas que pagan los consumidores a las redes de telecomunicaciones están en proporción inversa de 1 a 1 a las transferencias netas de las firmas a los consumidores (recuerden, $F_n = v(p_n) - w_n$), este resultado muestra que bajo las condiciones asumidas, un aumento en el cargo de interconexión genera mayores precios por minutos pero reduce las renta fijas.

5.3 Aplicación para el caso peruano

En esta parte realizaré una breve aplicación del modelo reducido al caso peruano. En particular, supongan que las redes de telecomunicaciones #1 y #2 son empresas de telefonía móvil. Acá la interconexión de dos vías se adapta perfectamente. Ambas empresas requieren terminar un porcentaje de las llamadas originadas en sus respectivas redes, en la red de su competidor. El elemento adicional es que, en el caso peruano, el cargo de interconexión también se aplica a llamadas originadas en la red de servicio público (i.e. teléfonos públicos) y terminadas en redes móviles.

Sea $d_{sn}(w_n, w_m, ps) \equiv \widehat{d}_{sn}(n(w_n, w_m), m(w_n, w_m), p_s)$ la demanda individual de llamadas originadas en la red pública y terminada en la red de la empresa $\#n$. Noten que esta demanda individual depende, además del precio unitario p_s, del tamaño de las redes #1 y #2. Bajo un patrón de llamadas balanceado, para un precio constante, la cantidad de llamadas de la red pública terminadas en la red $\#n$ es proporcional al tamaño de la misma.

La demanda total de llamadas de la red pública a la red $\#n$ viene dada por la expresión:

$$D_{sn} = s(w_n, w_m) \cdot d_{sn}(w_n, w_m, p_s) \quad , \tag{22}$$

donde $s(w_n, w_m)$ es el número de usuarios de la red de telefonía pública. En principio, una variación en w_n altera el número de subscriptores de la red $\#n$ (y de la red $\#m$), lo cual podría alterar $s(\cdot)$ por un efecto reemplazo. Sin embargo, voy a suponer que este efecto es insignificante en lo que resta del análisis.

El beneficio de la firma $\#n$ en este contexto viene dado por la siguiente ecuación de la forma reducida:

$$\begin{aligned}
\pi_n(p_n, w_n; p_m, w_m; p_s) \quad = \quad & (p_n - c)D_{nn}(w_n, w_m, p_n) \\
& + [p_n - c - (\zeta - c_0)]D_{nm}(w_n, w_m, p_n) \\
& + (\zeta - c_0)D_{mn}(w_m, w_n, p_m) \\
& + (\zeta - c_0)D_{sn}(w_n, w_m, p_s) \\
& + n(w_n, w_m)[v(p_n) - w_n - f] \ .
\end{aligned}$$

Un aumento en los cargos de interconexión, hemos visto, genera el aumento de precios de equilibrio y de transferencias hacia los consumidores. Noten, adicionalmente, que con un tamaño de mercado fijo (i.e. penetración plena) y firmas simétricas, el aumento en las transferencias cedidas por una firma cancelan el efecto del aumento en las transferencias cedidas por la otra. Si existe penetración parcial y restringimos el análisis a equilibrios simétricos, un aumento en el cargo de interconexión tiene un impacto simétrico en las transferencias de excedente de las redes hacia sus consumidores, y eventualmente generará un crecimiento en el mercado total sin cambios en la composición de participación de las redes. Esto implica que la demanda individual de llamadas originadas en la red pública y terminadas en la red $\#n$, si algo, aumenta con un incremento del cargo de interconexión.

Dado que el efecto sobre el número de usuarios de la red pública de cualquier movimiento en w_n es insignificante, la demanda total de llamadas de teléfonos públicos hacia la red $\#n$, si algo, aumenta. Por otro lado, un aumento en el cargo de interconexión tiene un efecto directo en los beneficios de las redes. Ello implica que si los cargos de interconexión tienen un efecto no negativo en el beneficio neto de las redes, éste se verá reforzado por la presencia de llamadas de la red pública terminadas en las redes móviles.

6 Conclusiones

Este documento de trabajo ha pasado revista a los desarrollos recientes del problema de interconexión de redes de telecomunicaciones. Se ha puesto énfasis en dos temas importantes, la posibilidad de discriminación de precios basada en el destino de las llamadas y la existencia de demandas heterogéneas. He dejado de lado temas importantes, como la posibilidad de tener penetración y/o cobertura incompletas.

La conclusión general a la que uno llega, después de una revisión de la literatura sobre el tema, es que todavía no existe un modelo que sea lo suficientemente general para adaptarse a circunstancias diversas y que a la vez tenga implicancias de política definidas. Una variación en los supuestos del modelo tiene repercusiones sobre las recomendaciones de política regulatoria. Un claro ejemplo de esto es el modelo base desarrollado por Laffont, Rey y Tirole. Bajo precios lineales, el cargo de interconexión funciona como instrumento colusivo. Bajo precios no lineales, este rol colusivo desaparece y los beneficios de las empresas son independientes del cargo de interconexión. Así, es claro que las políticas regulatorias deben evaluarse a la luz de los modelos que expresen mejor una realidad particular.

Bibliografía

[Arm98] Mark Armstrong. Network interconnection in telecommunications. *Economic Journal*, 108(448):545–564, 1998.

[Arm02] Mark Armstrong. The theory of access pricing and interconnection. In *Handbook of Telecommunications Economics*, chapter 8. Elsevier Science B.V., 2002.

[BS05] Stefan Buehler and Armin Schmutzler. On the role of access charges under network competition. Mimeo: Socioeconomic Institute, University of Zurich, 2005.

[CW03] Michael Carter and Julian Wright. Asymmetric network interconnection. *Review of Industrial Organization*, 22(1):27–46, 2003.

[Des00] Wounter Dessein. Network competition in nonlinear pricing. Discussion paper FS IV 00-22: Université Libre de Bruxelles, 2000.

[Des03] Wounter Dessein. Network competition in nonlinear pricing. *RAND Journal of Economics*, 34(4):1–19, 2003.

[Des04] Wounter Dessein. Network competition with heterogeneous customers and calling patterns. *Information Economics and Policy*, 16(3):323–345, 2004.

[Hah04] Jong-Hee Hahn. Network competition and interconnection with heterogeneous subscribers. *International Journal of Industrial Organization*, 22(5):611–631, 2004.

[Hoe05] Steffen Hoernig. On-net and off-net pricing on asymmetric telecommunications networks. Mimeo: Universidade Nova de Lisboa, 2005.

[LRT98a] Jean-Jacques Laffont, Patrick Rey, and Jean Tirole. Network competition: I. overview and nondiscriminatory pricing. *RAND Journal of Economics*, 29(1):1–37, 1998.

[LRT98b] Jean-Jacques Laffont, Patrick Rey, and Jean Tirole. Network competition: Ii. price discrimination. *RAND Journal of Economics*, 29(1):38–56, 1998.

[Pei05] Martin Peitz. Asymmetric access price regulation in telecommunications markets. *European Economic Review*, 49(2):341–358, 2005.

[Vog03] Ingo Vogelsang. Price regulation of access to telecommunication networks. *Journal of Economic Literature*, 41(3):830–862, 2003.