

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



**EFFECTOS DEL CICLO TECNOLÓGICO EN EL ACCESO A SERVICIOS DE
BANDA ANCHA Y EN EL BIENESTAR DEL CONSUMIDOR EN UN MODELO
DE DIFERENCIACIÓN EN CALIDAD**

Tesis para optar el grado de Magíster en Economía que presenta

Magno Yoel Ríos Arroyo

Dirigida por

MSc. JORGE TRELLES CASSINELLI

San Miguel, 2015

La tesis

EFFECTOS DEL CICLO TECNOLÓGICO EN EL ACCESO A SERVICIOS DE BANDA ANCHA Y EN EL BIENESTAR DEL CONSUMIDOR EN UN MODELO DE DIFERENCIACIÓN EN CALIDAD

ha sido aprobada

MSc. Sergio Cifuentes Castañeda

MSc. Jorge Trelles Cassinelli

MSc. Claudia Barriga Choy

En memoria de mi padre Rubén y dedicado a mi hijo Esteban.



AGRADECIMIENTOS

Con especial gratitud a mi asesor Jorge Trelles, por sus acertados consejos, su férrea guía y su enorme compromiso con el proyecto. Particularmente, debo agradecerle por el tiempo que dedicó en discutir y analizar el modelo económico de esta tesis, lo cual fue muy importante para definir la orientación de la investigación.

También debo agradecer al ingeniero Jorge Tafur, cuya ayuda ha sido esencial para profundizar adecuadamente en los aspectos tecnológicos vinculados con la provisión del servicio de banda ancha.



TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE ILUSTRACIONES	7
TABLA DE CUADROS	10
RESUMEN EJECUTIVO	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO 1	16
ASPECTOS TECNOLÓGICOS EN LA PROVISIÓN DE INTERNET DE BANDA ANCHA	16
1. El servicio de Internet y su tecnología.....	16
2. Efecto del internet en las redes alámbricas de acceso	18
3. La tecnología de la banda ancha en las redes alámbricas.....	19
a. La familia de estándares DOCSIS.....	21
b. La familia de estándares xDSL	24
c. Comparación entre cable módem y xDSL.....	25
4. Futuras perspectivas tecnológicas.....	27
CAPÍTULO 2	29
COMPETENCIA INTERMODAL Y DIFERENCIACIÓN VERTICAL.....	29
1. Análisis institucional de la competencia intermodal	29
2. Análisis Económico de la Competencia Intermodal	30
a. Compatibilidad y Externalidades en Katz y Shapiro (1985).....	31
b. Competencia en Calidad y Variedad en Neven y Thisse (1989)	33
c. Competencia en Facilidades en Bourreau y Dogan (2002).....	37
d. Innovación y Diferenciación Vertical en Filippini y Vergari (2012).....	40
3. Síntesis de la revisión teórica	41
CAPÍTULO 3	43
MODELO DE COMPETENCIA DUOPÓLICA EN BANDA ANCHA	43
1. Modelo base de diferenciación en calidad.....	43
a. La demanda en el servicio de banda ancha fija	43
b. Costos de Producción de la Empresa Entrante.....	45
c. Análisis del equilibrio del mercado	46
2. Análisis de la innovación tecnológica en el servicio de banda ancha.....	48
a. El Ciclo tecnológico del mercado de banda ancha	48

b.	Diferenciación de la calidad e innovación tecnológica	49
c.	El precio de la innovación	50
3.	Hipótesis.....	51
4.	Metodología.....	52
CAPÍTULO 4		58
ANÁLISIS CONTRAFACTUAL DEL DESARROLLO DE CABLE MÓDEM EN PERÚ Y CHILE		58
1.	Mercado de Banda ancha fija en Chile y Perú.....	58
a.	Infraestructura de redes alámbricas de telecomunicaciones	58
b.	Concentración de Mercado.....	63
2.	Calibración de los Parámetros.....	65
a.	El ciclo tecnológico.....	65
b.	Diferenciación de la Calidad	68
c.	Precio de la Innovación (z).....	69
d.	El costo de capital	70
e.	Resumen de la calibración de parámetros.....	70
3.	Análisis contrafactual	71
a.	Porcentaje de Suscriptores de equilibrio	71
b.	Contrastación de hipótesis.....	75
CONCLUSIONES.....		82
BIBLIOGRAFÍA.....		86
ANEXOS.....		88
Anexo N° 01: Modelo de Competencia con Diferenciación de Calidad en Banda Ancha ..		88
Anexo N° 02: Análisis de sensibilidad.....		93
Anexo N° 03: Estado del Servicio de Banda Ancha Fija en el Perú.....		122
Anexo N° 04: Evolución de los accesos xDSL y Cable Módem en otros países		126
Anexo N° 05: Beneficios de las empresas en la calibración para Perú y Chile.....		131
Anexo N° 06: indicadores de precios de equilibrio de las empresas en la calibración para Perú y Chile		132
Anexo N° 07: Porcentaje de no atendidos en la calibración para Perú y Chile.....		133
Anexo N° 08: Porcentaje de atendidos en la calibración para Perú y Chile		134
GLOSARIO.....		135

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa Geográfico de ARPANET – Octubre 1980	17
Ilustración 2: NSF Backbone – Marzo 1986.....	18
Ilustración 3: Partes de un Cable Coaxial	20
Ilustración 4: Red HFC-CATV	21
Ilustración 5: <i>Headend</i> y Conexión a Internet.....	22
Ilustración 6: Última Milla de la Red de HFC-CATV	23
Ilustración 7: Sistema DOCSIS 2.0.....	24
Ilustración 8: Diseño Básico de una red xDSL	25
Ilustración 9: Equilibrios de mercado bajo expectativas en externalidades de red.....	32
Ilustración 10: Demanda del bien 1 con dominancia vertical	35
Ilustración 11: Diagrama de los períodos de adopción tecnológica	39
Ilustración 12: El parámetro de los Ciclos Tecnológicos (<i>st</i>)	49
Ilustración 13: Diferenciación de la calidad (ψ)	50
Ilustración 14: Precio <i>z</i> para las mejoras tecnológicas (<i>a</i>).....	51
Ilustración 15: Rangos de variación de los parámetros del modelo.....	54
Ilustración 16: Escenario 1 Sensibilidad de las Suscripciones	55
Ilustración 17: Escenario 2 – Sensibilidad de las Suscripciones	55
Ilustración 18: Escenario 3 – Sensibilidad de las Suscripciones	56
Ilustración 19: Infraestructura de redes alámbricas en Chile y Perú.....	59
Ilustración 20: Suscriptores de Banda Ancha Fija.....	60
Ilustración 21: Porcentaje de adecuación a banda ancha de las redes alámbricas.....	61
Ilustración 22: Redes alámbricas y banda ancha en Chile (2006-2014).....	62
Ilustración 23: Redes alámbricas y banda ancha en Perú (2006-2014).....	62
Ilustración 24: Cuotas de Mercado del servicio de Televisión de paga –Diciembre 2013..	63
Ilustración 25: Cuotas de Mercado del servicio de Telefonía Fija –Diciembre 2013.....	64
Ilustración 26: Cuotas de Mercado del servicio de Banda Ancha -2013	65
Ilustración 27: Ratio de velocidad teórica de bajada DOCSIS/xDSL-Ciclo Tecnológico	66
Ilustración 28: Precio por Mbps en Banda Ancha de Cable Módem.....	69
Ilustración 29: Principales funciones en Chile y Perú.....	71
Ilustración 30: Escenario 1	72
Ilustración 31: Escenario 2.....	73
Ilustración 32: Escenario 3 – Liderazgo de la empresa incumbente.....	74
Ilustración 33: Perú y Chile - Hogares con PC	75
Ilustración 34: Chile - Suscripciones de internet como porcentaje de hogares con PC.....	76
Ilustración 35: Chile – Resultados de la calibración	77
Ilustración 36: Perú - Suscripciones de internet como porcentaje de hogares con PC	78
Ilustración 37: Perú – Resultados de la calibración	78
Ilustración 38: Porcentaje de Atendidos	80
Ilustración 39: Porcentaje de hogares atendidos	81

Ilustración 40: Efecto de s_{10} en las principales funciones	94
Ilustración 41: Efecto de s_{10} en las Cantidades de la Empresa Incumbente.....	94
Ilustración 42: Efecto de s_{10} en las Cantidades de la Empresa entrante.....	95
Ilustración 43: Efecto Porcentual de una Variación de S_{10}	95
Ilustración 44: Efecto Porcentual de una Variación de S_{10} en las Cantidades	96
Ilustración 45: Efecto del parámetro de y_1	98
Ilustración 46: Efecto de y_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente....	99
Ilustración 47: Efecto de y_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa entrante.....	99
Ilustración 48: Efecto y_1 en el Excedente del Consumidor	100
Ilustración 49: Efecto de y_1 en las principales funciones.....	100
Ilustración 50: Efecto de y_1 en las cantidades	101
Ilustración 51: Efecto de om_1 en el Ciclo Tecnológico.....	103
Ilustración 52: Efecto de om_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente	103
Ilustración 53: Efecto de om_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa entrante	104
Ilustración 54: Efecto de om_1 en las principales funciones.....	104
Ilustración 55: Efecto de om_1 en las cantidades	105
Ilustración 56: Efecto ϕ_1 en el ciclo tecnológico.....	106
Ilustración 57: Efecto de ϕ_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente	107
Ilustración 58: Efecto de ϕ_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa entrante	107
Ilustración 59: Efecto de ϕ_1 en las principales funciones	108
Ilustración 60: Efecto de ϕ_1 en las cantidades	108
Ilustración 61: Efecto de z_0 en los Costos	109
Ilustración 62: Efecto de z_0 en las Cantidades de Equilibrio de la empresa entrante	110
Ilustración 63: Efecto de z_0 en las Cantidades de Equilibrio de la empresa incumbente	110
Ilustración 64: Efecto de z_0 en las principales funciones.....	111
Ilustración 65: Efecto de z_0 en las cantidades	111
Ilustración 66: Efecto de b en los Costos	112
Ilustración 67: Efecto de b en las principales funciones.....	113
Ilustración 68: Efecto de b en las cantidades	113
Ilustración 69: Efecto de d en los Costos	114
Ilustración 70: Efecto de d en las principales funciones.....	115
Ilustración 71: Efecto de d en las cantidades	115
Ilustración 72; Efecto de r en los Costos	116
Ilustración 73: Cantidades de equilibrio y parámetro r	117
Ilustración 74: Efecto de r en las principales funciones	117
Ilustración 75: Efecto de r en las cantidades	118
Ilustración 76: Efecto de ψ en las principales funciones.....	118
Ilustración 77: Efecto de ψ_0 en las cantidades	119
Ilustración 78: Efecto de τ en las principales funciones	119
Ilustración 79: Efecto de τ en las cantidades	120

Ilustración 80: Efecto de w en las principales funciones	120
Ilustración 81: Efecto de w en las cantidades.....	121
Ilustración 82: Infraestructura de Redes Fijas en el Perú	122
Ilustración 83: Adopción del Sistema ADSL.....	123
Ilustración 84: Adopción del Sistema DOCSIS.....	123
Ilustración 85: Accesos de Banda Ancha por Tecnología	124
Ilustración 86: Disponibilidad a pagar por el servicio de internet fijo 2013.....	125
Ilustración 87: Muestra de países – Evolución de redes de banda ancha fija.....	126
Ilustración 88: Estimación de los beneficios	131
Ilustración 89: Estimación de los precios.....	132
Ilustración 90: Estimación de no atendidos.....	133
Ilustración 91: Estimación de atendidos	134



TABLA DE CUADROS

Cuadro N° 1: Cuadro Resumen de las Diferencias entre ADSL y HFC-Cable Módem	27
Cuadro N° 2: Parámetros del Modelo	52
Cuadro N° 3: Sensibilidad en las Principales Ecuaciones	53
Cuadro N° 4: Evolución de la velocidad de acceso a banda ancha.....	66
Cuadro N° 5: Especificación de Parámetros del Ciclo Tecnológico.....	68
Cuadro N° 6: Diferenciación de la Calidad (dic 2013)	68
Cuadro N° 7: Especificación de Parámetros de la Diferenciación	69
Cuadro N° 8: Especificación de Parámetros de z.....	70
Cuadro N° 9: valores para s10.....	93
Cuadro N° 10: Valores para y1	97
Cuadro N° 11: Resultados de las Simulaciones.....	97
Cuadro N° 12: Datos para el análisis de om1	102
Cuadro N° 16: Resultados del Análisis de om1.....	102
Cuadro N° 14: Datos para el análisis de phi1.....	105
Cuadro N° 15: Resultados del análisis de phi1	106

RESUMEN EJECUTIVO

La provisión de banda ancha requiere de la adopción de nuevas tecnologías, del xDLS para la red de telefonía fija, y de Cable Módem para la red de cable coaxial. Actualmente, en el Perú, este proceso de adaptación ha alcanzado el 65% de la red de telefonía, y el 26% de la red de cable coaxial. En contraste, en Chile el nivel de adaptación se encuentra en 80% y 65%, respectivamente.

Esta diferencia en el proceso de adopción es analizada, en este trabajo de tesis, mediante un modelo de competencia en calidad con ciclos tecnológicos, el cual ha sido calibrado para los casos peruano y chileno. Como resultado, se ha encontrado que cuando se asigna al Perú un mayor rezago tecnológico derivado de su menor desarrollo económico, y un menor grado diferenciación en calidad, la calibración reproduce resultados semejantes a los observados en la realidad.

Asimismo, se encuentra que la estrategia preferida del incumbente es masificar el servicio. El entrante puede enfrentar esta estrategia mediante la diferenciación en calidad, a condición de que el ciclo tecnológico le sea favorable. Se verifica también que la competencia intermodal entre incumbente y entrante incrementa el bienestar agregado de los consumidores, dado que el incumbente compensará los clientes perdidos atendiendo a hogares no atendidos.

Esta línea de investigación se podría extender al análisis competitivo de las tecnologías alámbricas e inalámbricas, así como a un planteamiento explícito del crecimiento económico en la caracterización del ciclo tecnológico.

INTRODUCCIÓN

La libre competencia es uno de los principios fundamentales de la ciencia económica y se concibe como un mecanismo descentralizado para la asignación óptima de los recursos. Si bien su planteamiento se remonta a la mano invisible de Smith (1776), propiamente fue Pareto (1901) quien demostró que el primer mejor -la asignación óptima de los recursos, sólo puede darse dentro de un mecanismo de competencia perfecta.

No obstante, muchos mercados se desempeñan de manera imperfecta, y son objeto de algún tipo de regulación o control *ex ante*. La acción reguladora del Estado, principalmente en el caso de los servicios públicos típicamente considerados como monopolios naturales, tiene como finalidad aproximarse a un “segundo mejor”, y evitar el abuso del poder monopólico. La determinación de este “segundo mejor” ha sido el objeto de una abundante literatura económica, condesada en la llamada teoría de la regulación.

Por otra parte, la escuela de Chicago¹ ha sido particularmente crítica a la intervención regulatoria y, ha propuesto el desarrollo de mecanismos que emulen la competencia, como por ejemplo las subastas. Desde esta perspectiva, el precio monopólico resulta del escaso número de competidores o de las prácticas colusivas, y no necesariamente de la presencia de economías de escala. En tal sentido, un mecanismo de subastas podría ser suficiente para emular la competencia, alcanzar el primer mejor y evitar la regulación.

Tanto la regulación como los mecanismos de subastas suponen escenarios tecnológicos estables y homogéneos, y sus supuestos colapsan frente a escenarios de constantes cambios tecnológicos. En general, la integración de la innovación tecnológica dentro de la literatura económica de regulación y la organización industrial todavía es incipiente, y sigue siendo un campo por explorar. El presente trabajo de tesis pretende aportar en este campo.

Si bien el monopolio podría favorecer el cambio tecnológico, dado que podría financiar actividades de innovación y desarrollo (I&D), esto sería válido para países del primer mundo. Mientras que en países como el Perú, las grandes empresas suelen ser receptoras pasivas de tecnología. Así, la innovación tecnológica resultaría ser una amenaza para la empresa incumbente, y una fuente de oportunidades para las empresas entrantes.

En efecto, la innovación tecnológica implica nuevas posibilidades de negocio, menor poder de mercado para la empresa incumbente, nuevos tipos de monopolio, y un clima de competencia basado en calidad. Pero, este proceso no es inmediato sino progresivo y, depende crucialmente del entorno competitivo. En efecto, una cuestión importante que motiva este trabajo de investigación es en qué manera y medida el incumbente puede influenciar o bloquear el desarrollo de una nueva tecnología.

¹ Los principales exponentes de esta escuela son Harold Demsetz, George Stigler y Richard Posner.

El sector de telecomunicaciones, como otros mercados típicamente regulados, ha sido objeto de un proceso de apertura a la competencia. Pero a diferencia de otros sectores, su desempeño posterior ha estado fuertemente influenciado por el desarrollo tecnológico. Así, las tecnologías inalámbricas han evolucionado desde un inicial servicio troncalizado a las modernas redes 4G LTE. De la misma manera, el internet ha pasado de las conexiones conmutadas de banda estrecha, a las conexiones de banda ancha xDSL, Cable Módem-DOCSIS, etc.

Si bien sería interesante analizar toda la dinámica de la innovación en el sector telecomunicaciones, este trabajo se restringe al proceso de innovación tecnológica observado en las redes de acceso alámbricas, principalmente porque se orientan a la provisión de banda ancha. La evolución tecnológica de las redes inalámbricas es definitivamente más complejo, por lo que quedaría como parte de la agenda de futuras investigaciones.

Las redes alámbricas se constituyen en un activo importante para un país, se trata de una infraestructura física que se ha desplegado y que ofrece una conectividad confiable y estable. En el Perú se tienen desplegadas principalmente dos tipos de redes de acceso alámbricas: la red conmutada de telefonía o red de cobre, y la red de cable coaxial de televisión de paga. Ambas redes pueden evolucionar hacia redes de nueva generación, es decir proveer banda ancha, la primera mediante la tecnología xDSL, y la segunda con la tecnología Cable Módem DOCSIS.

Estas dos tecnologías han tenido en el tiempo sucesivas versiones que han mejorado (*upgrade*) la calidad del servicio de banda ancha, principalmente en lo que concierne a la velocidad de transmisión. Ambas tecnologías han competido por explotar mejor el medio físico sobre el que se soportan, y obtener así mejores parámetros de calidad. No obstante, el cable coaxial es un medio físico con mayores oportunidades en la era de los servicios multimedia, y se ha consolidado como una tecnología superior al xDSL.

A pesar de ello, en países como el Perú el servicio xDSL se ha masificado, y le ha dejado una pequeña porción de mercado a las nuevas tecnologías. Mientras que en los países desarrollados, e incluso en Chile, Argentina y Brasil la velocidad promedio se está estableciendo en más 10 Mbps, gracias al desarrollo de la tecnología Cable Módem-DOCSIS, en el Perú la velocidad promedio ha llegado cerca de 3 Mbps.

En tal sentido, el problema de la adopción de nuevas tecnologías de banda ancha se torna relevante, en cuanto que se podría estar configurando un escenario de rezago tecnológico, semejante a lo observado en Bolivia, lo que en su conjunto podría afectar la competitividad del país, principalmente en un escenario de globalización.

Con la finalidad de dotar de un marco teórico adecuado para el análisis de esta problemática, en este trabajo de tesis se plantea un modelo de competencia en calidad, el cual es una adaptación del planteamiento de Filipini y Vergari (2012). De esta manera, se concibe que la empresa entrante compite en calidad gracias a la adopción de una nueva tecnología, la cual compensa la ventaja en costos que tiene la empresa incumbente.

La particularidad y novedad del modelo desarrollado es la inclusión de ciclos tecnológicos, los cuales reflejan el proceso de mejora continua entre dos tecnologías sustitutas, como es el caso del desarrollo del xDSL y el Cable Módem-DOCSIS. De esta manera, el ciclo tecnológico responde a una idea profundamente intuitiva, la ventaja tecnológica es temporal y se diluye conforme pasa el tiempo.

Es desde este marco teórico donde encuentran cabida las principales cuestiones de esta investigación. Primero, la conducta de la empresa incumbente, respecto a sus opciones para bloquear la entrada de una nueva tecnología. Segundo, las condiciones que permitirían a la empresa entrante competir en calidad y aprovechar el ciclo tecnológico. Tercero, si la competencia intermodal desarrollada por la entrada de una nueva tecnología favorece el acceso al servicio de banda ancha, y por tanto mejora el bienestar.

La inspección de estas cuestiones no se restringe a la formalización del modelo teórico, sino que se extienden a un análisis contrafactual del desempeño del servicio de banda ancha fija en Perú y Chile. De este modo, el Perú sería el ejemplo de un mercado que no ha dejado desarrollar la tecnología Cable Módem-DOCSIS, y Chile el caso de un mercado en el que ambas tecnologías compiten por igual. Es así que a partir del desempeño de estos dos países se realizará una contrastación del modelo mediante un procedimiento de calibración.

Finalmente, la estructura del presente trabajo de investigación es el siguiente:

- En el primer capítulo se desarrolla un análisis comparativo de las características tecnológicas del servicio de banda ancha provisto mediante accesos xDSL y accesos cable Módem. La finalidad de este análisis es identificar la dinámica de innovación tecnológica desarrollada entre las empresas de telefonía fija y las empresas de televisión de cable.
- En el segundo capítulo se realiza una aproximación teórica al problema de la competencia duopólica en industrias de redes, se aborda un análisis institucional y económico de la competencia intermodal, la cual se caracteriza por el desarrollo de infraestructura y tecnología propia por parte de las empresas entrantes. Asimismo, se analiza el papel de las externalidades de red, la competencia en calidad, la innovación tecnológica y la diferenciación vertical en el contexto de una competencia duopólica.
- En el tercer capítulo se desarrolla el modelo de competencia duopólica para el servicio de banda ancha incluyendo ciclos tecnológicos y diferenciación en calidad. El planteamiento es una competencia a lo Cournot pero con diferenciación vertical, de forma que la empresa entrante dispone de una ventaja tecnológica, la cual se diluye conforme avanza el ciclo tecnológico.
- En el capítulo cuarto se desarrolla un análisis contrafactual del desarrollo de las conexiones cable módem y XDSL en Perú y Chile. Este análisis se inicia con una

revisión de los hechos estilizados, y luego se realiza la simulación del modelo planteado en el tercer capítulo. Finalmente, se calibra el modelo para el caso peruano y chileno, y se le contrasta con los hechos observados.



CAPÍTULO 1

ASPECTOS TECNOLÓGICOS EN LA PROVISIÓN DE INTERNET DE BANDA ANCHA

Este capítulo está dedicado al proceso de innovación tecnológica y desarrollo del servicio de internet. En primer lugar, se realiza una descripción del surgimiento del internet, y de las tecnologías de banda ancha. Posteriormente, en la parte central del capítulo se desarrolla un análisis comparativo entre las dos tecnologías más usadas en el mundo, xDSL y Cable Módem. El capítulo termina con una exposición acerca de los próximos desarrollos tecnológicos y el surgimiento de las nuevas tecnologías de acceso inalámbrico.

1. El servicio de Internet y su tecnología

El surgimiento del internet ha estado fuertemente vinculado al avance científico de los últimos cincuenta años, principalmente en el campo de las matemáticas aplicadas a la informática. Efectivamente, fue Kleinrock² (1964) quien extendió la aplicación de la teoría de colas³ al campo de la informática y, planteó su teoría de conmutación de paquetes, la cual resultó fundamental para el surgimiento del internet. El efecto de esta innovación, en la industria de las telecomunicaciones, fue la transición de la conmutación de circuitos a la conmutación de paquetes de datos⁴.

Si bien los orígenes del internet se podrían remontar al proyecto ARPANET⁵-una iniciativa del Departamento de Defensa de los EEUU en los años 60⁶- propiamente, fue en los años 80 y 90 donde se lograron aquellos elementos tecnológicos que lo caracterizan. En efecto, a finales de los años 80, el concepto de una red lógica de comunicación no centralizada⁷ recién alcanzó su plena madurez con la familia de protocolos de transmisión de paquetes TCP/IP⁸. Del mismo modo, a inicios de los años 90, el desarrollo del protocolo de transferencia HTTP⁹ y el lenguaje de programación *web* HTML¹⁰ permitieron que la *interfaz* de internet sea amigable para el usuario final. Todos estos desarrollos tecnológicos fueron clave para lograr una red flexible no centralizada, así como una *interfaz* amistosa, aspectos que permitieron la masificación del uso de internet. En la

² Entre el 1962 y 1964, Kleinrock aplicó la teoría de colas para desarrollar una teoría de conmutación de paquetes. También se puede consultar Kleinrock (2008).

³ La teoría de colas es la aplicación matemática a las líneas de espera.

⁴ Un paquete de datos es un bloque de información. Usualmente, se compone por una cabecera (identificador), el área de datos y la cola o código de detección de errores. Cada dato se mide como un byte.

⁵ *Advanced Research Projects Agency Network* (ARPANET). Propiamente ARPANET nace en 1969, luego de varios años de experimentación.

⁶ Con más exactitud ARPANET fue un proyecto de la DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*).

⁷ La idea del diseño de la red también puede concebirse como una arquitectura abierta.

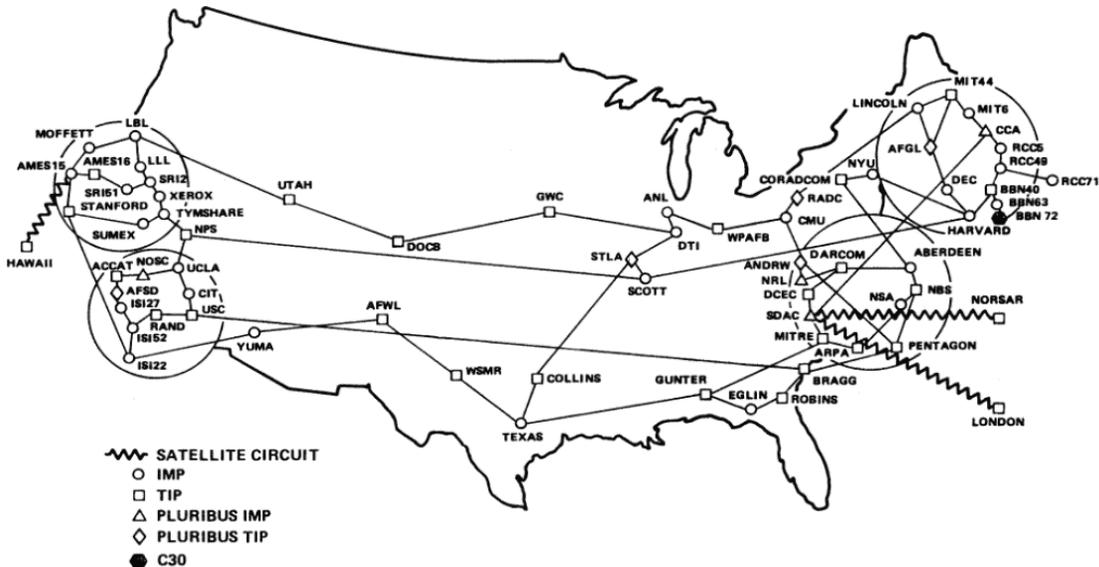
⁸ Las siglas TCP/IP designan a los protocolos base del internet: (i) TCP (Protocolo de Control de Transmisión) es un ensamblador de datos, y permite comunicarlos e; IP (protocolo de internet) es el protocolo para conectar una computadora con red, asigna el conocido número IP. Cabe precisar que la migración de la original red ARPANET al protocolo TCP/IP se concluyó en el 1983.

⁹ HTTP significa *Hyper Text Transfer Protocol*.

¹⁰ HTML significa *Hyper Text Markup Language*.

ilustración N° 1 se presenta el mapa del despliegue inicial del proyecto ARPANET en EEUU en 1980, esta infraestructura fue la base de la futura red de internet.

Ilustración 1: Mapa Geográfico de ARPANET – Octubre 1980



Nota: Este mapa no incluye conexiones satelitales experimentales de ARPA. Los nombres corresponden a IMP y no a Host.

Fuente: <http://www.let.leidenuniv.nl/history/ivh/chap2.htm>

En el período formativo, las instituciones académicas -universidades- fueron las primeras en conectarse a la red¹¹ y en desarrollar aplicaciones *web* orientadas a la investigación y publicación científica. En adelante, el número de usuarios conectados no ha dejado de incrementarse, al mismo tiempo que las aplicaciones *web* se han multiplicado y sofisticado cada vez más. De ese modo, el valor del internet, como servicio y como red, se ha elevado progresivamente, al punto que ha llegado a constituirse en el centro de la industria de las telecomunicaciones.

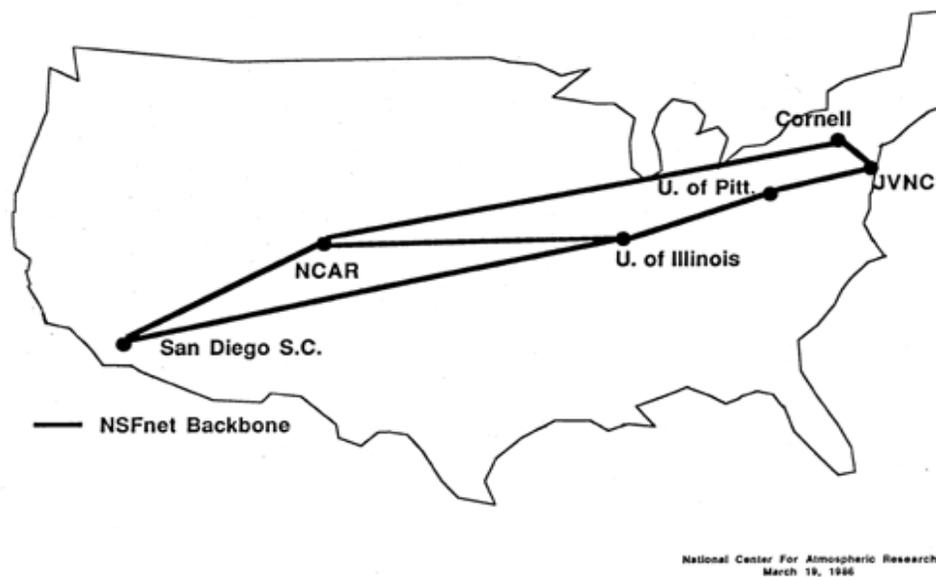
Un hito importante en la transición hacia internet fue la creación del *backbone*¹² de EEUU (NSFNET¹³), consistente en una troncal transoceánica que une las redes desarrolladas por ARPANET, el diseño de la red se puede apreciar en la ilustración N° 2. Las consecuencias del desarrollo de la NSFNET fueron importantes: (i) Incremento de la capacidad de transmisión, (ii) mayor número de usuarios y, (iii) desarrollo de los primeros proveedores privados de internet (ISP). Cabe precisar que, esta red troncal fue complementada por redes regionales, incrementando así el nivel de capilaridad de la red en EEUU y Europa.

¹¹ La Universidad de California (Berkeley) y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

¹² *Backbone* significa red troncal.

¹³ NSFNET es la red troncal de EEUU.

Ilustración 2: NSF Backbone – Marzo 1986



Fuente: <http://www.let.leidenuniv.nl/history/ivh/chap2.htm>

En lo que respecta al acceso al servicio de internet, conocida como última milla, los primeros ISP usualmente contrataban líneas dedicadas a las empresas de telefonía fija, dado que no se había desarrollado todavía la integración de la industria de las telecomunicaciones con los servicios de internet. No obstante, en la medida que la red de internet crecía, su potencial comercial y financiero se hacía más evidente, de forma que las grandes empresas de telecomunicaciones comenzaron un proceso de innovación y adecuación tecnológica con la finalidad de convertirse en ISP. En el caso de las empresas de telefonía fija, éstas adaptaron sus redes para proveer internet mediante la tecnología xDSL; al mismo tiempo, las empresas de televisión de paga lo realizaron mediante la tecnología DOCSIS (*Data-Over-Cable Service Interface Specification*).

2. Efecto del internet en las redes alámbricas de acceso

Las redes alámbricas de telecomunicaciones mantienen semejanzas en su topología, tanto en lo físico como en lo lógico. Ellas se dividen en: (i) la red de acceso, (ii) la red de transporte o agregación y (iii) el núcleo de la red (*backbone*). Específicamente, la red de acceso se subdivide en la última milla o cable acometida que conecta al domicilio del usuario con la red de agregación. El *backbone* es la parte inteligente de la red, la que realiza la gestión y control del servicio que se presta. La red de transporte es una infraestructura de alta capacidad que tiene como objetivo vincular a toda la red con el núcleo de la red.

En comparación al despliegue de la red de cable coaxial, la red de telefonía fija suele ser mucho más desarrollada, capilarmente hablando. Debido a que desde el punto de vista de las políticas públicas la telefonía fija siempre fue considerada socialmente más necesaria que la televisión de cable, el operador de telefonía fija típicamente suele ser susceptible de algún control regulatorio. De esta manera, se podría afirmar que previo a la aparición

del internet, ambas redes alámbricas se relacionaban de manera complementaria, sin afectar el liderazgo de las empresas de telefonía fija.

Por ese motivo, la regulación de telefonía fija y la regulación de la televisión de paga recorrieron vías opuestas. En EEUU y en la mayoría de países, la política regulatoria de la telefonía fija adquirió un nivel de política de Estado mediante el llamado acceso o servicio universal. En cambio, en el caso del servicio de televisión de cable, la regulación ha sido una política a nivel municipal o local, centrada en el otorgamiento de licencias y, sin obligaciones de interconexión ni regulación de precios. Por lo tanto, el despliegue de ambas redes ha obedecido a diferentes diseños de política: en el caso de la red de telefonía fija ha influido el factor social; y en el caso de la red de cable coaxial ha predominado el factor mercado.

A partir de la aparición del internet, ambas infraestructuras han devenido en sustitutas, modificando fuertemente el escenario de mercado. Efectivamente, la tecnología de conmutación de paquetes subyacente al internet permite a los operadores de cable coaxial adaptar sus servicios y convertirse en empresas multiproducto e ingresar al mercado de telefonía fija mediante VoIP¹⁴. Del mismo modo, las empresas de telefonía fija también pueden desarrollar algún tipo de servicio que emule los servicios televisivos, por ejemplo IPTV¹⁵. En ese sentido, se puede afirmar que el servicio de internet se ha convertido en el centro de la industria de telecomunicaciones, desplazando a los servicios tradicionales de telefonía fija y televisión de cable.

A pesar de estos cambios, a nivel regulatorio se ha mantenido este tratamiento diferenciado. Considerando que el internet provisto desde redes de telefonía fija (tecnología xDSL) suele ser objeto de las obligaciones de venta mayorista, desagregación del bucle y acceso indirecto a revendedores (servicio de acceso *bitstream*). En contraste, el internet provisto por redes de cable módem está libre de estas obligaciones. En efecto, es parte del debate contemporáneo extender la regulación xDSL hacia otras tecnologías, o ampliar la libertad de mercado experimentada en los servicios de cable.

3. La tecnología de la banda ancha en las redes alámbricas

En lo tecnológico, la capacidad y calidad de la transmisión de datos depende del medio que se use, físico o guiado como es el caso de las redes alámbricas, o no guiado como en las comunicaciones inalámbricas. En el caso de un medio guiado existen tres aspectos principales que lo caracterizan: distancia, ancho de banda y tasa de datos. Cabe precisar que el ancho de banda es el conjunto de frecuencias disponibles para la transmisión de señales digitales y se mide como un rango de Mhz¹⁶; la tasa de datos es la velocidad de transmisión y se mide en Kbps¹⁷ y; la distancia ha referencia a la ubicación física de los equipos en función de los usuarios que serán atendidos. Así, la economía del servicio del

¹⁴ VoIP es un servicio de telefonía digital que usa redes de banda ancha.

¹⁵ IPTV es un servicio de distribución de contenidos televisivos mediante redes de banda ancha.

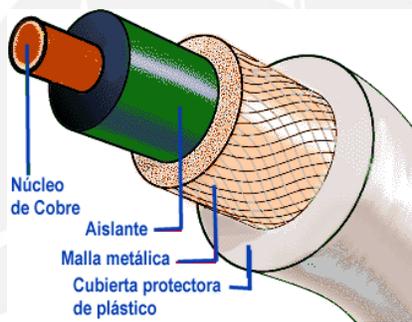
¹⁶ Un Hercio (Hz) es la unidad de medida de la frecuencia de onda de una señal radioeléctrica.

¹⁷ Kbps es la unidad de medida que calcula el número de bites por segundo.

internet depende fuertemente de estos tres aspectos, en especial del ancho de banda y la velocidad de transmisión, dado que influyen en la cobertura y número de equipos que integran la red.

En el caso de la telefonía fija el medio físico es el cable de cobre trenzado, y en la televisión de paga, el cable coaxial. Cabe precisar que un cable trenzado usualmente consiste de cuatro pares de alambres de cobre aislados y trenzados entre sí con la finalidad de reducir la interferencia, su ancho de banda teórico usualmente se encuentra entre 30 y 300 KHz y alcanza una tasa de datos teórica de 4 Mbps. De otra parte, el cable coaxial tiene un conductor central de cobre aislado por una capa dieléctrica, recubierta a su vez por una malla de metal protectora, la cual finalmente se cubre con una capa aislante adicional, de forma que alcanza una capacidad teórica de transmisión de 500 Mbps, como se puede apreciar en la ilustración N° 3. Comparando ambos medios alámbricos, se puede concluir que el cable coaxial es un medio físico superior al par de cobre convencional, y sobre todo, más apropiado para la transmisión de señales de video (Large & Farmer, 2009).

Ilustración 3: Partes de un Cable Coaxial



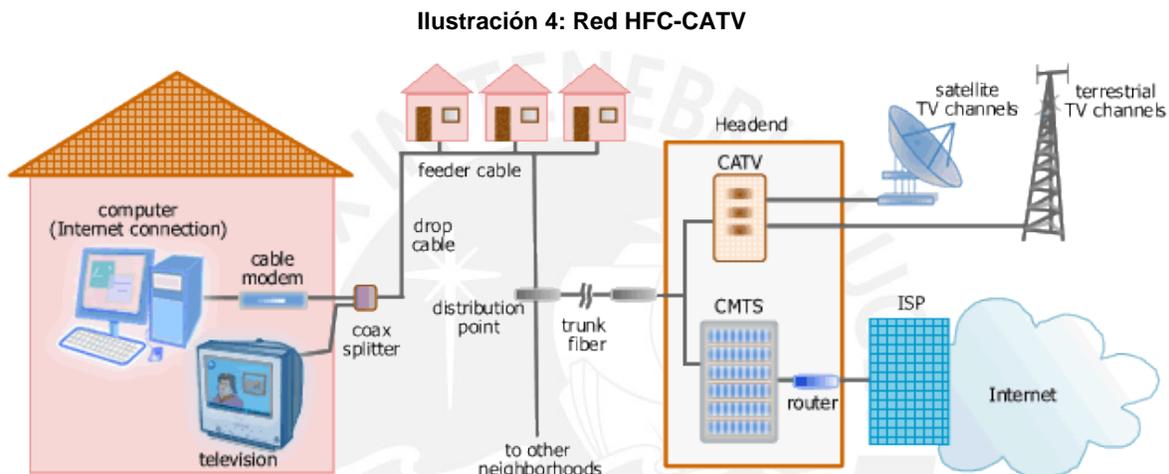
Fuente: <http://xalpintado.wikispaces.com/TEMA+3>

Por otra parte, con el término banda ancha se denota la velocidad de transmisión disponible para el servicio de internet, aunque la definición es ampliamente flexible y variante en el tiempo. Como referencia básica, se debe asumir el estándar de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)¹⁸, donde se define un servicio de banda ancha como un servicio de acceso a internet mediante conexiones con velocidades de bajada superiores a 1.5 Mbps. No obstante, cabe precisar que no existe un consenso entre los diferentes organismos internacionales y centros de investigación respecto al umbral de velocidad a partir del cual se debe usar la denominación de banda ancha. Como se ha indicado, la velocidad de transmisión depende fuertemente del medio físico, así como del diseño de la red, por lo que las redes de telefonía fija y las redes de cable coaxial han desarrollado dos familias de estándares de banda ancha: las tecnologías xDSL y DOCSIS.

¹⁸ ITU, Recomendación I. 113.

a. La familia de estándares DOCSIS

La transición hacia la banda ancha se inició cuando a la original red unidireccional¹⁹ de cable coaxial o CATV²⁰ se le añadió una red de agregación y transporte de fibra óptica (Cable Europe Labs, 2009), denominándose, en adelante, red HFC (*Hybrid-fibre-coaxial*). En la ilustración N° 4, se puede apreciar la topología de la red HFC, donde además de identificar el tramo de agregación de fibra óptica, también se observa que, en el núcleo o *headend*, se encuentran los equipos de retransmisión CATV y el sistema CMTS (*Cable Modem Termination System*). Este último tiene como finalidad interconectar la red con el *backbone*²¹ de internet, de forma que el proveedor de cable se convierta en un ISP o proveedor de internet.



Fuente: <http://www.eltigre-catv-mexico.com/>

El CMTS es un controlador inteligente localizado en la cabecera de la red HFC que se comunica directamente con los cable módems de los usuarios de la red. Su principal función es el procesamiento de las comunicaciones recibidas de y hacia el cable módem: enrutar y conmutar el tráfico, modular los canales de retorno, modular las transmisiones en dirección descendente y asignar recursos en la red de cable. Cabe precisar que existe una relación directa entre número de cable módems y CMTS, que podría estar entre 4,000 y 140,000 cable módems por CMTS. Dependiendo del número de suscriptores, un mismo operador puede tener varios CMTS y, por tanto, requerir servidores de administración y soporte, como también varios *routers* IP que se interconecten y conformen el núcleo de la red. Los CMTS son la clave del servicio DOCSIS, en tanto que, definen las características del servicio final de internet.

Los *routers* IP interconectados jerárquicamente enrutan el tráfico IP hacia el *Headend* Regional, en el que se encuentra el *gateway*²² de telefonía fija que se encarga de

¹⁹ Era unidireccional porque solamente retransmitían la señal televisiva.

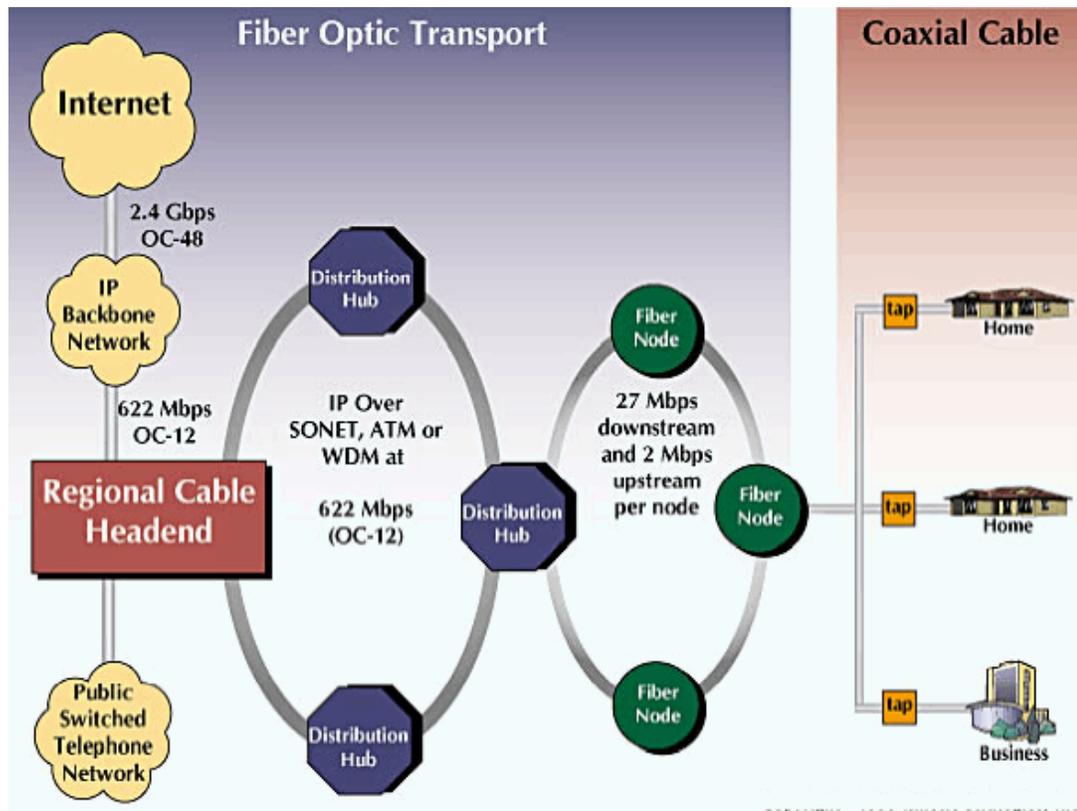
²⁰ *Community Antenna Television*.

²¹ Se refiere a las principales conexiones troncales de internet.

²² Un *gateway* es un dispositivo de enlace que interconecta redes.

trasladar las comunicaciones de voz hacia la red de telefonía fija, mientras que otro *router* enruta el tráfico de internet hacia un ISP de nivel superior. En la ilustración N° 5, se representa el *Headend* con los elementos de red que se conectan al *backbone* de internet y a la red de telefonía fija. Adicionalmente, la red HFC se complementa con servidores de administración, soporte y servidores de contenidos locales. El número de *routers* IP, así como los servidores de soporte, dependerá del tamaño de la red y su complejidad.

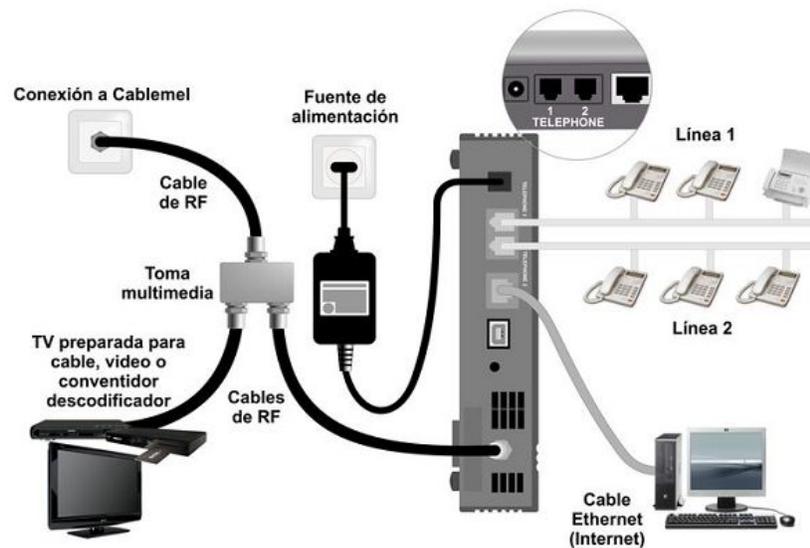
Ilustración 5: *Headend* y Conexión a Internet



Fuente: <http://www.lchu.net/Doc/DSL%20vs%20Cable/DSL%20vs%20Cable%20modem.htm>

En la última milla de la red o punto de acometida con el domicilio del usuario, el cable coaxial se subdivide, mediante un *multitap*, en un cable que se conecta al televisor y otro al cable módem, como se puede apreciar en la ilustración N° 6. El cable módem es un equipo diseñado específicamente para proveer internet en las redes de cable coaxial, dispone de puertos específicos para conectar a la computadora y los teléfonos fijos. Para garantizar la privacidad de las comunicaciones, el uso del cable módem está vinculado a la adopción del estándar DOCSIS, el cual se encarga de cifrar y proteger los datos.

Ilustración 6: Última Milla de la Red de HFC-CATV



Fuente: <http://www.arqhys.com/contenidos/instalacion-cables-modem.html>

Las nuevas tecnologías suelen seguir un proceso de estandarización, que permite la compatibilidad entre los equipos y la reducción de los costos de implementación. En el caso del internet de cable módem se evidencia una clara evolución, que según Betancourt (2004), se inicia a principios del año 1987, con la comercialización de los primeros módem, entre ellos el Fairchild M505, que lograba hasta 10 Mbps de velocidad. Pero, la estandarización comienza propiamente en el año 1995, cuando un grupo de operadores norteamericanos de televisión de cable conformó la asociación denominada MCNS²³ (*Multimedia Cable Networks System Partners Ltd*), con la finalidad de masificar el cable módem. Posteriormente esta asociación se integró a Cable Labs, de la cual surgió el DOCSIS.

Otro elemento que caracteriza la estandarización es la participación de las entidades supra estatales, como es el caso de la UIT, las cuales permiten fijar normas técnicas que serán adoptadas por las entidades gubernamentales. Efectivamente, en el caso del estándar DOCSIS 2.0, éste fue aprobado oficialmente por la UIT el 19 de diciembre del año 2012. Según la norma técnica, esta versión está enfocada básicamente a la optimización de la transmisión en retorno, y aplica formas avanzadas de accesos de TDMA²⁴ y CDMA²⁵. En el estándar DOCSIS 2.0, el rango potencial de velocidad de bajada se encuentra entre 26 Mbps y 38 Mbps. Permite conectar 500 hogares por cada nodo óptico y, además, integrar hasta 4 nodos ópticos. De forma que, en total, una red DOCSIS puede proveer de internet hasta a 2,000 hogares, como se puede apreciar en la ilustración N° 7.

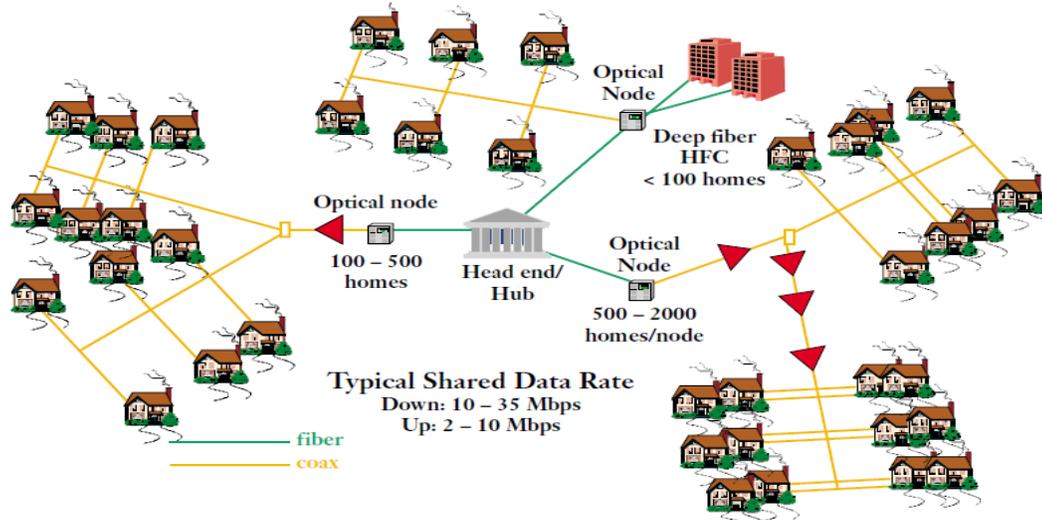
²³ TCI, Time Warner, Cox, Comcast, Continental, Rogers y CableLabs

²⁴ TDMA = *Time Division Multiple Access*

²⁵ CDMA = *Code Division Multiple Access*

Cabe mencionar que el avance tecnológico no se ha detenido, por lo que desde el año 2006, se ha comenzado a implementar la versión DOCSIS 3.0, que posee una capacidad teórica de transmisión de 100 Mbps de bajada para cada usuario, constituyendo un nuevo hito en el desarrollo de banda ancha.

Ilustración 7: Sistema DOCSIS 2.0



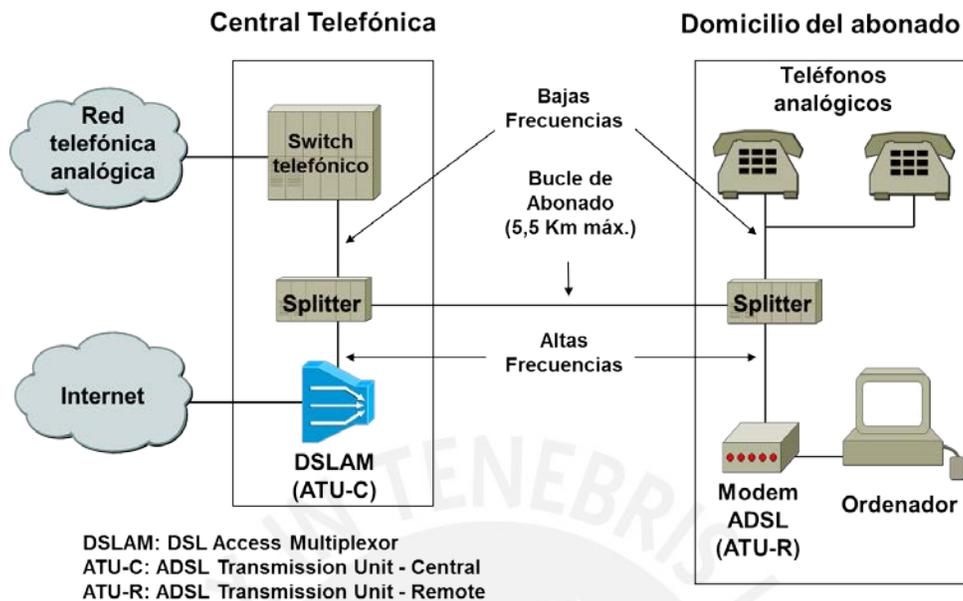
Fuente: *Broadband Technology Overview - White Paper.*

b. La familia de estándares xDSL

Las redes de telefonía fija, que usan un par trenzado de cobre, también han sido objeto de adaptaciones para la provisión de internet. La familia tecnológica de estas adaptaciones es conocida como xDSL (*Digital Subscriber Line*) y, dentro de esta tecnología, el estándar ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) ha sido el que más se ha implementado. La adaptación de la red de telefonía fija para la provisión de banda ancha consistió en la instalación de *splitters* en el domicilio del usuario y en la central telefónica, de forma que las señales de alta frecuencia se usan para transmitir paquetes de datos, y las de baja frecuencia para comunicaciones de voz. De esta manera, por cada suscriptor, existen 2 *splitters*, uno en el domicilio y otro en la central. Los *splitters* del lado de la central se encuentran albergados dentro de un equipo llamado DSLAM, cuya principal función es agregar el tráfico de internet de los abonados y trasladarlo al núcleo de la red. El DSLAM es el homólogo al CMTS de las redes de cable coaxial, prácticamente cumple las mismas funciones.

En el caso de las conexiones ADSL, su característica asimetría le permite desarrollar velocidades de bajada entre 1.5 Mbps y 8 Mbps, y velocidades de subida entre 16 Kbps y 640 Kbps. Usualmente, la máxima distancia para atender se encuentra en 5.5 Km. Otra tecnología que actualmente se está comercializando es el VDSL (*Veryhigh DSL*) que, en este caso, alcanza altas velocidades de bajada (13 Mbps a 52 Mbps) y de subida (1.5 Mbps a 6 Mbps). No obstante, atiende un espacio geográfico más restringido (300 m a 1300 m).

Ilustración 8: Diseño Básico de una red xDSL



Fuente: <http://www.felipereyesvivanco.com/redes-cableadas/ba-fija/redes-xdsl/>

c. Comparación entre cable módem y xDSL

En este desarrollo se realiza una comparación entre el servicio de cable módem y el xDSL, para lo cual se toma como base el trabajo de Betancourt (2004), el cual desarrolla una comparación entre DOCSIS 1.0 y xDSL, pero se actualiza su esquema de análisis a la versión DOCSIS 3.0 y las nuevas versiones del xDSL.

Capacidad

- En DOCSIS 1.0, se comparte un canal de descenso en el orden de 30 Mbps por 500 o 2,000 usuarios; en el tramo de retorno se comparte cerca de 2 Mbps. No se suelen presentar importantes problemas de degradación de la calidad, salvo problemas de ruido en la red HFC. En DOCSIS 3.0, se puede tener un canal compartido de hasta 3,000 Mbps.
- En xDSL, se opera punto a punto, de forma que no se comparte el canal de descenso. No obstante, la calidad dependerá de las condiciones físicas del par de cobre y de la distancia entre el DSLAM y el *módem* del usuario. De esta manera, en promedio, cada usuario podría recibir una velocidad de 6 Mbps. También se observan problemas de ruido.

Tasa de Transmisión

- El módem DOCSIS puede exhibir deterioro ante una gran cantidad de usuarios que intentan transmitir simultáneamente, aunque es posible desarrollar métodos de reasignación de subcriptores o añadir mayores canales de retorno. Ello, sin embargo suele ser costoso de implementar.

- En el módem xDSL, la tasa de bits es asignada a un único abonado. No obstante, podría encontrar problemas en transmitir videos de alta calidad. Además, si se percibe que el tráfico se ha incrementado considerablemente, el operador deberá implementar una reingeniería del tráfico o mejorar la capacidad del sistema.

Escalabilidad

- En DOCSIS, se requiere actualizar toda la red a fin de lograr niveles adecuados de calidad. Además, para crecer, se necesita incrementar el número de CMTS, la presencia de fibra óptica y el número de tarjetas RF²⁶.
- Por otra parte, xDSL tiene mayor capacidad de escalabilidad, dado que se puede ofrecer el acceso a cualquier abonado de telefonía fija. El crecimiento de la plataforma depende de la capacidad de inserción de tarjetas en el DSLAM, y de la disponibilidad de la red de transporte hacia atrás.

Seguridad

- El DOCSIS, al compartirse el canal, es más vulnerable a violaciones de la privacidad. No obstante, se pueden implementar técnicas de encriptación y autenticación.
- En xDSL, la arquitectura punto a punto implica que alguna intrusión sólo se podría dar en los armarios de distribución o en algún tramo del tendido.

Adaptación de Servicios para Voz y Video

- En DOCSIS, se pueden desarrollar servicios de voz. No obstante, dependerá de la energía local, toda vez que el *módem* del CMTS depende de una conexión eléctrica.
- En xDSL, la provisión de video enfrenta importantes restricciones para el suministro de un servicio de alta calidad.

Confiabilidad

- En DOCSIS, cualquier error en el módem afectará a la totalidad de los usuarios.
- En xDSL, un error en la última milla afecta solamente al usuario final.

Según la estimación de Betancourt (2004), el sistema DOCSIS es menos costoso por punto de acceso que el sistema ADSL. El primero tendría un costo de US\$ 167, mientras que el segundo estaría entre US\$ 230 y US\$ 261. No obstante, en este análisis sólo se consideran los costos de la última milla, por lo que es posible que las empresas de televisión de paga puedan incurrir en costos adicionales en el desarrollo de la red HFC.

²⁶ La tarjeta RF es el dispositivo que permite que se pueda transmitir en el cable coaxial señales de varios servicios (televisión, internet y telefonía).

Cuadro N° 1: Resumen de las Diferencias entre ADSL y HFC-Cable Módem

Característica	Cable Módem – DOCSIS	xDSL
Capacidad	Se comparte un canal de descenso de 30 Mbps por 500 ó 2,000 usuarios en DOCSIS 1.0.	Como la conexión es punto a punto, no se comparte el canal de descenso.
	En DOCSIS 3.0 el canal de descenso es de 3,000 Mbps	La calidad depende de las condiciones físicas del par de cobre y de la distancia del terminal
Tasa de Transmisión	Exhibe deterioro frente a una gran cantidad de usuarios conectados simultáneamente.	Podría encontrar dificultades en transmitir videos de alta calidad.
Escalabilidad	Se requiere actualizar toda la red (CMTS, fibra, Tarjetas RF y espectro)	Tiene mayor escalabilidad, dado que se puede ofrecer a cada abonado de telefonía fija.
Seguridad	Es más vulnerable a violaciones de la privacidad.	La arquitectura punto a punto implica que la intrusión sólo puede darse en los armarios de distribución.
Adaptación de servicios para voz y video	Se pueden desarrollar servicios de voz, pero dependen de la energía local.	Dificultades para la provisión de videos de alta calidad.
Confiabilidad	Cualquier error en el módem afectará a todos los usuarios.	Un error en la última milla sólo afecta al usuario final.
Velocidad Brindada al usuario final	Hasta 170 Mbps en DOCSIS 3.0.	Hasta 100 Mbps (VDSL pero a 100 metros).
Tecnologías	Vel. Bajada Vel. Subida	Vel. Bajada Vel. Subida
	DOCSIS 1.0: 43 Mbps 10 Mbps	ADSL: 7 Mbps 0.8 Mbps
	DOCSIS 2.0: 43 Mbps 35 Mbps	ADSL2: 8 Mbps 1 Mbps
	DOCSIS 3.0: 170 Mbps 60 Mbps	ADSL2+: 24 Mbps 1 Mbps
		VDSL: 55 Mbps 15 Mbps
Costo por punto de acceso (2004)	US\$ 167	Entre US\$ 230 y US\$ 261

Elaboración: Propia

4. Futuras perspectivas tecnológicas

La innovación tecnológica es un proceso complejo que involucra a varios agentes económicos. En el caso de los servicios de internet, la innovación ha involucrado nuevas técnicas de transmisión de señales, el desarrollo de equipos específicos para cada tipo de

red (CMTS, cable módem, DSLAM, etc), técnicas de protección y seguridad de la información (DOCSIS), etc. En ese sentido, la adopción tecnológica, es una inversión que involucra varios costos hundidos, y constituye una de las decisiones económicas más importantes que puede asumir una empresa.

La renovación tecnológica es un proceso temporal, dado que cada adopción tecnológica requiere de un período de aprovechamiento o explotación. Por lo tanto, la competencia tecnológica observada entre las redes de cable coaxial y las redes de par de cobre ha seguido un ritmo cíclico, donde la ventaja tecnológica ha pasado de una tecnología a otra; de forma que las características tecnológicas de la oferta de internet en ambas redes han mejorado, alcanzando altas velocidades de transmisión y una mejor calidad.

Por otra parte, en el mediano plazo ya se divisa el surgimiento de nuevas alternativas tecnológicas, como las redes de acceso de fibra óptica (FTTx²⁷), cuyos costos de implementación han comenzado a reducirse. En particular, las redes FTTx disponen de un medio de transmisión de una gran capacidad, por lo que la velocidad de transmisión ya no será la razón del negocio como en las redes de cable coaxial o en las redes de par de cobre.

De la misma manera, las tecnologías de banda ancha inalámbrica han ido superando las limitaciones de transmisión en medios no guiados como el aire. Para estas tecnologías, el problema se encuentra más en el uso eficiente del espectro radioeléctrico, dado que es un recurso compartido. Estas tecnologías se dividen entre aquellas que permiten la movilidad y que están vinculadas a las redes de telefonía móvil (GSM, 3G, HSP, 4G-LTE), y aquellas que son un desarrollo más avanzado de los servicios de radio transmisión (WiMax, WiFi, Canopi, etc). Progresivamente, estas tecnologías han comenzado a desarrollar y ofrecer mayores velocidades, logrando acercarse a algunas versiones básicas de las tecnologías de internet fijo. No obstante, la brecha entre las tecnologías de redes de acceso alámbricas e inalámbricas se mantiene, dado que las primeras no enfrentan el problema de un medio de transmisión no guiado.

En conclusión, la competencia tecnológica observada entre las redes de cable coaxial y las redes de par de cobre ilustra adecuadamente el proceso de innovación y sus implicancias en el mercado. El análisis económico de los ciclos tecnológicos en el servicio de banda ancha fija, que se realizará en los próximos capítulos, permitirá entender mejor este proceso de innovación.

²⁷ FTTH es *Fiber to the home* y FTTB es *Fiber to the build*.

CAPÍTULO 2

COMPETENCIA INTERMODAL Y DIFERENCIACIÓN VERTICAL

El acceso a internet mediante conexiones de banda ancha puede proveerse desde diferentes plataformas y con varias soluciones tecnológicas, como se ha indicado en el capítulo anterior. En ese sentido, para analizar el problema del desarrollo de nuevas tecnologías en los servicios de banda ancha, se requiere plantear el problema en términos de competencia intermodal, asumiendo que cada empresa compite con una plataforma y una tecnología distinta y, por tanto, si bien sus servicios satisfacen las mismas necesidades, se diferencian en calidad o atributos.

Por este motivo, en la primera sección de este capítulo se realiza un análisis institucional de la competencia intermodal; y en la segunda sección, se abordará, desde un punto de vista económico, el problema de la competencia en calidad dentro de un contexto de competencia intermodal.

1. Análisis institucional de la competencia intermodal

La teoría de la regulación y la teoría de la organización industrial desarrollan tópicos que, si bien en gran parte surgen de la misma teoría económica, en muchos casos también son resultado de las controversias surgidas a causa de alguna iniciativa de política regulatoria.

Particularmente, en el contexto de las políticas de promoción de la competencia y la desregulación de servicios públicos aplicadas en varios países, se han acuñado diversos conceptos de competencia, tales como: (i) competencia intramodal, (ii) competencia intermodal, (iii) competencia basada en facilidades y (iv) competencia en servicios.

Propiamente, los términos intramodal e intermodal surgen del contexto ferroviario. Como señala Blevins (2009), intramodal hace referencia a la competencia en la misma vía férrea, e intermodal se refiere a la competencia entre la vía férrea y la vía asfaltada, u otro medio de transporte.

En cambio, competencia basada en facilidades, término frecuentemente usado en el sector de telecomunicaciones, denota la competencia con infraestructura propia, y está en contraste con la competencia en servicios, basada en el acceso indirecto al usuario final. Si bien en algún sentido lo intermodal puede asemejarse a la competencia en facilidades, y lo intramodal a la competencia en servicios, no necesariamente es así, por lo que existe algo de imprecisión conceptual respecto a estos términos.

Cabe precisar que el análisis de la competencia intermodal guarda semejanzas con la teoría del mercado relevante²⁸. Dado que, en ambos casos, se busca identificar bienes, modos o plataformas sustitutas al servicio que presta la empresa incumbente. Por esa razón, el concepto intermodal ha sido empleado para identificar competencia en

²⁸ La teoría del mercado relevante es un desarrollo conceptual de la economía de la libre competencia.

mercados, usualmente monopolizados, pero que podrían ser contestados y sustituidos por otras tecnologías, plataformas o modos.

Asimismo, es muy probable que la entrada al mercado se realice al mismo tiempo con una nueva tecnología y una infraestructura propia. En el caso del sector de las telecomunicaciones, una nueva empresa podría entrar al mercado con una red de acceso propia, y con la tecnología Cable Módem. En tal sentido, es posible concebir escenarios de mercado donde se den simultáneamente la competencia intermodal y competencia en facilidades.

Por otra parte, el concepto intramodal implica un alto nivel de compatibilidad tecnológica, y estandarización, que permita compartir la infraestructura. Así, en telecomunicaciones, la competencia intramodal, usualmente, denota la competencia entre empresas con la misma tecnología y que comparten la infraestructura de la empresa incumbente. La ventaja de la competencia intramodal radica en que implica un menor nivel de inversión para los entrantes, dado que la empresa incumbente tiene que compartir su infraestructura a precios razonables. En este contexto, la competencia intramodal coincidiría conceptualmente con la competencia en servicios, dado que se trataría de compartir la red de acceso.

Típicamente, una política de competencia intermodal incentiva la inversión y el desarrollo tecnológico; mientras que una política de competencia intramodal promueve un uso más eficiente de la infraestructura desplegada, e inhibe el desarrollo de otras tecnologías. No obstante, estos enfoques de política aparentemente antagónicos, han sido compatibilizados asumiendo que las empresas entrantes pueden inicialmente competir bajo condiciones intramodales, para luego, evolucionar a empresas con infraestructura propia, la llamada escalera de inversiones.

Cabe precisar que, en algunos contextos de mercado, la competencia en facilidades no coincide con la competencia intermodal. Ello sucede, en el caso de la competencia en aplicaciones (como por ejemplo, el servicio VoIP), que se podría considerar intermodal, mas no entraría en el concepto de competencia en facilidades, dado que no implica el desarrollo de infraestructura. No obstante, estos casos escapan a los objetivos del presente trabajo de investigación, por lo que no se requiere profundizar más en este punto.

2. Análisis Económico de la Competencia Intermodal

En esta sección se analiza, desde la teoría económica, a un tipo de competencia intermodal caracterizado por la innovación tecnológica y el despliegue de infraestructura de redes. En ese sentido, se aborda primero, lo concerniente al desarrollo de compatibilidad tecnológica y las externalidades de red, aspectos típicos en las industrias de redes con innovación tecnológica. En segundo lugar, se analiza un modelo de competencia en calidad y variedad, el cual será la base para el análisis de la competencia en facilidades, la innovación y la diferenciación vertical.

a. Compatibilidad y Externalidades en Katz y Shapiro (1985)

En el contexto de una industria de redes, previo a la compra de un nuevo producto, los consumidores incrementan su valoración por un bien en función de las expectativas acerca de la externalidad de red de cada empresa y, del mercado en general. Por tal motivo, Katz y Shapiro argumentan que cuando el consumidor espera que una empresa sea dominante, la disposición a pagar por el producto de esta empresa se incrementará.

Cabe precisar, que en este contexto, una externalidad de red es la utilidad adicional que experimenta el consumidor cuando el producto es adquirido por otros individuos. Por ejemplo, en el caso del servicio telefónico, la externalidad de red se incrementa en función del número de suscriptores.

La *valoración del tamaño esperado de la red* (y_i^e) se puede concebir como una función cóncava $v(y_i^e)$, homogénea a todos los consumidores, creciente respecto al tamaño esperado de la red ($v' > 0$), pero marginalmente decreciente ($v'' < 0$). En caso los bienes producidos sean incompatibles, el tamaño esperado de la red coincide con el tamaño esperado de la empresa. En cambio, cuando existe compatibilidad entre los productos de diversas empresas, el tamaño esperado de la red es la sumatoria de las expectativas de red de cada empresa. Así, la compatibilidad entre los productos incrementa el tamaño esperado de la red, al mismo tiempo que mejora la utilidad esperada del consumidor.

En ese sentido, es importante señalar que el individuo entrará en el mercado siempre en cuando su *excedente* sea mayor o igual a cero. Esta condición se puede expresar formalmente como²⁹:

$$\theta > p_i - v(y_i^e) \quad (1.1)$$

Donde p_i es el precio, θ es la valoración individual o heterogénea, la cual se encuentra uniformemente distribuida en $[-\infty, \bar{\theta}]$. Asimismo, el lado izquierdo de la expresión (1.1) se puede definir como el *precio hedónico esperado*, o también precio neto de la externalidad de red.

El consumidor marginal o consumidor indiferente entre la red i y la red j se representa como $\phi = p_i - v(y_i^e) = p_j - v(y_j^e)$. De manera que todo individuo con una valoración superior a ϕ , se integrará a la red i . Asimismo, la red i tendrá un tamaño $z = \bar{\theta} - \phi$.

Con la finalidad de plantear el modelo bajo un enfoque a lo Cournot se obtiene la función inversa despejando p_i a partir de z . Formalmente esta función inversa se caracteriza como $p_i = \bar{\theta} + v(y_i^e) - z$, la cual depende de la máxima valoración ($\bar{\theta}$), la utilidad esperada de la externalidad ($v(y_i^e)$) y las decisiones de producción de todo el mercado (z). Cabe precisar que en el escenario en el cual operen varias empresas en la misma red, z será igual a la sumatoria de la producción de cada empresas (x_i), si existe una única empresa $z = x_i$.

²⁹ Se obtiene de despejar $\theta + v(y_i^e) - p_i > 0$.

De manera semejante a los clásicos modelos de Cournot, la solución de equilibrio resultará de las funciones de reacción de las empresas. Cuando las redes de las empresas son compatibles, la utilidad esperada de la externalidad ($v(y_i^e)$) será igual para todas las empresas, y la función de reacción de cada empresa será igual a la siguiente expresión:

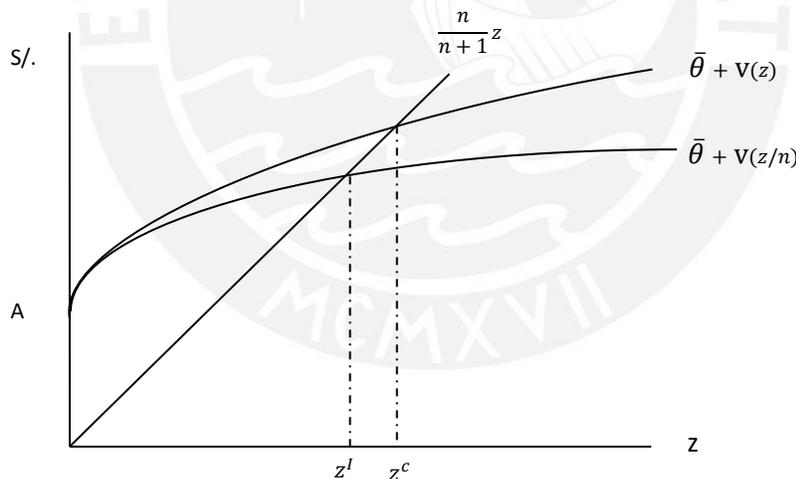
$$x_i^* = \frac{\bar{\theta} + v(z_i^c)}{(n+1)} \tag{1.2}$$

Asimismo, el tamaño agregado de la red (z_i^c) será n veces x_i^* , dado que todas empresas se repartirían el mercado por igual.³⁰

El efecto de implementar estrategias de incompatibilidad por parte de alguna empresa implica una reducción de la utilidad esperada de la externalidad ($v(z) > v(z/n)$). La incompatibilidad es un nivel de diferenciación máxima, que tiene como objetivo afianzarse un mercado cautivo. En tal sentido, el efecto de generar incompatibilidad es reducir el mercado agregado ($z_i^c > z_i^l$), ver ilustración N° 9.

Cabe precisar que la estructura final del mercado dependerá del tipo de empresa que aplique la estrategia de incompatibilidad o diferenciación. En ese sentido, podría darse escenarios de monopolio, oligopolio simétrico, oligopolio asimétrico, etc.

Ilustración 9: Equilibrios de mercado bajo expectativas en externalidades de red



Fuente: Katz y Shapiro (1985).

En el caso de la competencia en banda ancha, el modelo de Katz y Shapiro permite explicar por qué el operador incumbente se mantiene como líder. En efecto, en la mayoría de los países el incumbente de telefonía fija ha logrado consolidarse como el primer operador de banda ancha gracias al tamaño de su red, y valor esperado de la externalidad que implica. El empaquetamiento del servicio de banda ancha con el servicio

³⁰ Para el caso de un juego oligopólico de n empresas no compatibles, la función de reacción será igual a

$$x_i^* = \frac{\bar{\theta} + nv(y_i^e) - \sum_{j \neq i} v(y_j^e)}{n+1}$$

de telefonía ha funcionado como una forma de generar incompatibilidad, lo cual le ha garantizado un mercado cautivo.

b. Competencia en Calidad y Variedad en Neven y Thisse (1989)

Las prácticas comerciales que se desarrollan en algunos mercados no se limitan a la competencia en precios o en cantidades, sino también a alguna estrategia de diferenciación, la cual podría ser horizontal o vertical. Cuando se trata de diferenciación horizontal, las empresas desarrollan en los consumidores una especial valoración por la marca. En cambio, la diferenciación vertical opera mediante el desarrollo de una oferta con mejor calidad. Cabe precisar, que en algunos mercados pueden coexistir ambas estrategias.

En el caso del servicio de banda ancha, se observan aspectos de diferenciación vertical y diferenciación horizontal que influyen en el desenvolvimiento de este mercado. Por ejemplo, cuando una empresa dispone una red más desarrollada y otorga a sus consumidores mayores externalidades de red, ésta preferirá la competencia horizontal, dado que ya tiene un prestigio ganado. En cambio, las empresas entrantes requerirán diferenciarse en calidad mediante la innovación tecnológica. De esta manera, ambas estrategias podrían confluir, dado que no necesariamente todas empresas competidoras elegirían el mismo tipo de diferenciación.

En la teoría económica, lo usual ha sido el desarrollo de modelos simplificados de diferenciación horizontal o de diferenciación vertical, a pesar que, en la realidad ambas estrategias se condicionan entre sí. No obstante, en el modelo de Neven y Thisse (1989) se analiza de manera conjunta la diferenciación vertical y la diferenciación horizontal. Este modelo se podría considerar una generalización del modelo de diferenciación horizontal de Hotelling (1929) y el modelo de diferenciación vertical de Mussa y Rosen (1978).

El planteamiento de Neven y Thissen tiene un carácter bidimensional, dado que cada producto o servicio se identifica en un par ordenado $(y_i, s_i) \in [0,1] \times [s, \bar{s}]$, donde la variedad se denota y_i y la calidad s_i . De la misma manera, cada consumidor se identifica según el par ordenado $(x, \theta) \in [0,1] \times [0,1]$, donde x es la localización y, θ la preferencia por la calidad. Asimismo, el núcleo del argumento de Neven y Thissen es el análisis de la relación funcional existente entre la preferencia por la calidad y la localización.

El excedente del consumidor será igual al valor intrínseco de recibir el servicio (v) y a la valoración que le da cada tipo de consumidor a la calidad, descontando el valor del precio del servicio y el costo del transporte inherente a su localización. Formalmente, el excedente del consumidor se representa en los siguientes términos:

$$U = v + \theta s_i - (x - y_i)^2 - p_i \quad (2.1)$$

Aplicando el procedimiento de igualar la utilidad que el consumidor obtendría en las dos empresas se obtiene al consumidor marginal ($\tilde{\theta}$), el cual representa el punto frontera en el

que se divide el mercado. Este consumidor marginal sería indiferente entre ambas empresas, y se denota de la siguiente manera:

$$\bar{\theta} = \frac{(p_2 - p_1) + (y_2^2 - y_1^2) - 2(y_2 - y_1)x}{(s_2 - s_1)} \quad (2.2)$$

La interacción entre la estrategia de diferenciación horizontal y la diferenciación vertical se puede identificar en la ecuación (2.2), donde fácilmente se distingue que la relación entre la preferencia por la calidad (θ) y la localización (x) es negativa. El valor absoluto de la derivada de (2.2), aparte de reflejar matemáticamente la sensibilidad entre estas dos variables, permite identificar la relación entre la diferenciación horizontal y vertical.

En efecto, en función de $|\partial\theta / \partial x|$ se pueden identificar tres casos: (i) dominancia vertical cuando $|\partial\theta / \partial x| < 1$, (ii) dominancia horizontal cuando $|\partial\theta / \partial x| > 1$ y (iii) coexistencia de las dos estrategias cuando $|\partial\theta / \partial x| = 1$.

Como se ha indicado, el universo de consumidores se caracterizan por sus preferencias en calidad (θ) y marca (x), por tal motivo las empresas implementarán un esquema de discriminación de precios en función de sus preferencias. En tal sentido, se pueden identificar cuatro niveles de precios correspondientes a los tipos de consumidores más extremos:

Clientes fidelizados:	$\theta(x = 0) = 0$	p_1' (Precio máximo)
Preferencias en marca:	$\theta(x = 1) = 0$	$p_1'' = p_1' - 2(y_2 - y_1)$
Preferencia en calidad:	$\theta(x = 0) = 1$	$p_1''' = p_1' - (s_2 - s_1)$
Ambas:	$\theta(x = 1) = 1$	$p_1'''' = p_1' - 2(y_2 - y_1) - (s_2 - s_1)$

En principio p_1'''' será menor a p_1' , dado que p_1'''' corresponde al cliente menos fidelizado, mientras que p_1' , es el precio que se le aplicaría al cliente más fidelizado. La relación entre p_1'' y p_1''' depende del valor de $|\partial\theta / \partial x|$, dado que bajo dominancia vertical se observará que $p_1'' > p_1'''$, es decir los clientes que prefieren la marca están más fidelizados que los que prefieren calidad; mientras que bajo dominancia horizontal se dará lo contrario.

A partir de estos precios se pueden caracterizar tres regiones de la demanda de la empresa 1. En el caso de dominancia vertical ($|\partial\theta / \partial x| < 1$), los tres segmentos de la demanda se denotan de la siguiente manera:

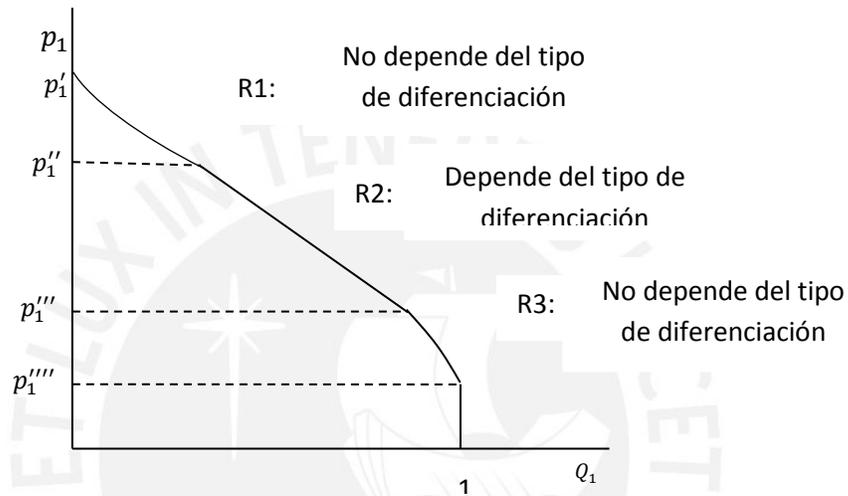
Región 1: $[p_1', p_1'']$	$Q_1^I = \int_0^{\hat{x}} \bar{\theta}(x) dx$
Región 2: $[p_1'', p_1''']$	$Q_1^{II} = \int_0^1 \bar{\theta}(x) dx$
Región 3: $[p_1''', p_1''']$	$Q_1^{III} = \hat{x} + \int_{\hat{x}}^1 \bar{\theta}(x) dx$

Donde, \hat{x} es la solución de $\bar{\theta}(x) = 0$, y \hat{x} es la solución de $\bar{\theta}(x) = 1$.

En relación a la forma de la curva de la demanda en cada una de estas regiones, se debe indicar que en el caso de la primera región la forma correspondiente sería convexa, mientras que en la tercera región sería cóncava. En el caso de la segunda región, la curva de demanda es lineal. Estas consideraciones se pueden visualizar en la ilustración N° 10.

Por otra parte, cuando $|\partial\theta / \partial x| > 1$, es decir hay dominancia horizontal, la segunda región se encontrará entre p_1''' y p_1'' , y la demanda se caracterizará por $Q_1^H = \hat{x} + \int_{\hat{x}}^{\bar{x}} \bar{\theta}(x)dx$.

Ilustración 10: Demanda del bien 1 con dominancia vertical



Fuente: Neven y Thissen (1989).

Los precios de equilibrio de este modelo se obtienen maximizando las funciones de beneficios de las dos empresas competidoras. Al respecto, se asume que el beneficio de cada empresa es igual a $\Pi_i(p_i^*, p_j^*) = p_i Q_i(p_i^*, p_j^*)$, además $Q_2 = 1 - Q_1$. En el caso de dominancia vertical, los precios de equilibrio en la segunda región son:

$$p_1^* = \frac{(s_2 - s_1) + (y_2^2 - y_1^2) - (y_2 - y_1)}{3} \tag{2.3}$$

$$p_2^* = \frac{2(s_2 - s_1) - (y_2^2 - y_1^2) + (y_2 - y_1)}{3} \tag{2.4}$$

Mientras que en el caso de dominancia horizontal, los precios de equilibrio en segunda región son:

$$p_1^{**} = \frac{4(y_2 - y_1) + 2(y_2^2 - y_1^2) - (s_2 - s_1)}{6} \tag{2.5}$$

$$p_2^{**} = \frac{8(y_2 - y_1) - 2(y_2^2 - y_1^2) + (s_2 - s_1)}{6} \tag{2.6}$$

En relación a los resultados de equilibrio, lo primero que se puede observar es que, en el caso de dominancia vertical, el producto de calidad superior siempre se venderá a un

precio superior ($p_2^* > p_1^*$). En cambio, en el caso de dominancia horizontal no pasa necesariamente lo mismo, incluso es posible que la empresa de menor calidad pueda cobrar a un precio más elevado, sobre todo si tiene una ventaja vinculada a sus características horizontales ($p_2^{**} \leq p_1^{**}$).

A partir del análisis estático de los precios de equilibrio se obtiene el efecto de las variaciones en calidad (s_i) y marca (y_i). En el caso de dominancia vertical se tiene que:

$$\frac{\partial p_1^*}{\partial s_1} < 0, \quad \frac{\partial p_1^*}{\partial s_2} > 0, \quad \frac{\partial p_2^*}{\partial s_1} < 0, \quad \frac{\partial p_2^*}{\partial s_2} > 0$$

Esto significa que, en un escenario de dominancia vertical, los precios de equilibrio se reducen cuando la empresa 1, la de menor calidad, implementa mejoras en s_1 , es decir reduce la diferenciación vertical mediante mejoras en calidad. En cambio, cuando la empresa 2 eleva la diferenciación vertical (s_2), o entra compitiendo con más calidad, se observará un incremento de los precios de equilibrio.

Adicionalmente, los cambios en la variedad, y_1 e y_2 , tiene efectos contrarios en los precios de equilibrio p_1^* y p_2^* . Por ejemplo, cuando $y_1 < 0.5$ y $y_2 < 0.5$, una variación positiva de y_1 incrementará p_1^* y reducirá p_2^* . No obstante, los efectos cambian de sentido cuando $y_1 > 0.5$ y $y_2 > 0.5$. Esto significa que cuando las variedades se aproximan, el precio de equilibrio de la empresa podría incrementarse.

Por otra parte, en el caso de la dominancia horizontal, los resultados del análisis estático son los siguientes:

$$\frac{\partial p_1^{**}}{\partial y_1} < 0, \quad \frac{\partial p_1^{**}}{\partial y_2} > 0, \quad \frac{\partial p_2^{**}}{\partial y_1} < 0, \quad \frac{\partial p_2^{**}}{\partial y_2} > 0$$

Es decir, una reducción de la variedad (y_1) reduce los precios de equilibrio, y un incremento de la diferenciación horizontal (y_2) los aumenta. En este caso, una menor diferenciación vertical incrementará p_1^{**} y reducirá p_2^{**} .

Por lo tanto, el modelo indica que el precio de equilibrio varía según la calidad en la diferenciación vertical, y según la variedad en la diferenciación horizontal, lo cual ya era evidente en los modelos de Hotelling, Mussa y Rosen.

Adicionalmente, bajo dominancia vertical, los precios podrían aumentar cuando las variedades se aproximan. Mientras que bajo dominancia horizontal, los precios de baja calidad aumentarán siempre que la diferencia en la calidad disminuya.

Finalmente, Neven y Thissen considera que los equilibrios más probables son los siguientes:

- (i) Cuando las dos empresas eligen la misma variedad, y al mismo tiempo optan por niveles de calidad extremos,
- (ii) Cuando las dos empresas eligen la mejor calidad, pero optan por variedades extremas.

Las preferencias de las empresas por una de las formas de diferenciarse dependerán de su situación específica. En efecto, una empresa incumbente preferirá competir horizontalmente, mientras que la empresa entrante optará por la competencia vertical.

c. Competencia en Facilidades en Bourreau y Dogan (2002)

Como se ha indicado, el servicio de internet de banda ancha puede ofrecerse mediante la adopción de las tecnologías xDSL (operadores de redes de telefonía fija) y cable módem (operadores de redes de televisión de paga). No obstante, la adopción del cable módem requiere de un mayor despliegue de infraestructura, y por ende, mayor nivel de inversión, lo cual podría inhibir el desarrollo de esta tecnología. En ese sentido, una alternativa es establecer obligaciones de desagregación de la red de acceso a la empresa de telefonía fija, al menos hasta que los costos de adopción de la nueva tecnología se reduzcan y su uso sea viable.

Al respecto, Bourreau y Dogan buscan formular un modelo que permita explicar la transición de una competencia en servicios a una competencia en facilidades. En principio, estos autores asumen que la competencia en servicios se desenvuelve bajo un esquema de diferenciación horizontal, debido a que los productos son tecnológicamente homogéneos. En cambio, bajo competencia en facilidades se asume que los productos se diferenciarán en calidad debido a la adopción de una nueva tecnología, es decir, se desempeñan bajo un esquema de diferenciación vertical. Dado este tipo de planteamiento, estos autores adaptan el trabajo de Neven y Thisen, asumiendo la definición (2.2), y simplifican el modelo estableciendo que $s_{1,i} = 0$, así como restringiendo el análisis a la parte lineal de la demanda (Región 2). Así, formalmente, la función $\tilde{\theta}(x)$ será:

$$\tilde{\theta} = [(p_{2,i} - p_{1,i}) + (y_{2,i}^2 - y_{1,i}^2) - 2(y_{2,i} - y_{1,i})x]/s_{2,i} \quad (3.1)$$

Y la demanda de la empresa 1 será:

$$q_1^F = \int_0^1 \tilde{\theta}(x) dx = (p_2 - p_1 + y)/s_{2,i} \quad (3.2)$$

Donde, $y = (y_{2,i}^2 - y_{1,i}^2) - (y_{2,i} - y_{1,i})$ y resulta de un análisis en equilibrio. Cabe precisar que la demanda de la empresa entrante será $q_2^F = 1 - q_1^F$.

La secuencia del juego en este modelo considera tres nodos de decisión: (i) En la primera etapa, la empresa incumbente o empresa 1 decide si permite o no la competencia en servicio (desagregar su red); (ii) en la segunda etapa, la empresa 1 elige el precio del bucle de abonado (r) y; (iii) en la tercera etapa, la empresa entrante elige el período t^* para adoptar una nueva tecnología. Así, este modelo vincula las decisiones que realiza la empresa incumbente respecto a r con las decisiones de la empresa entrante respecto a t^* .

Cabe precisar que, desde el punto de vista de la empresa incumbente, la mejor situación es el monopolio, luego la competencia en servicios y finalmente, la competencia en

facilidades. En cambio, para la empresa entrante, la competencia en facilidades significa mayores beneficios que bajo competencia en servicios, dado que puede ofrecer un servicio diferenciado.

Tomando en cuenta la definición de la demanda, ahora se requiere analizar las preferencias de la empresa entrante respecto al tiempo óptimo (t^*) para realizar la innovación tecnológica y el desarrollo de infraestructura. Este análisis se deberá realizar respecto a dos escenarios: (i) Sin desagregación del bucle y (ii) con desagregación del bucle.

En el escenario sin desagregación, la empresa entrante optimiza el tiempo óptimo (t^*) a partir del siguiente programa:

$$\max_{\Delta \in [0,1]} \{ \Delta \pi_2^F(s) - A(\Delta) \} \quad (3.3)$$

Aquí, $\pi_2^F(s)$ representa los beneficios de la empresa entrante en el escenario de competencia en facilidades, $A(\Delta)$ el costo de adopción y Δ es el factor de descuento determinado por la fecha de adopción, por ejemplo $\Delta = \exp(-\delta t)$.

Particularmente, el costo de adopción se define en función de una tasa de descuento ($\delta = 1$), la fecha de adopción (t)³¹ y el costo de adopción (a). Formalmente:

$$A(\Delta) = \frac{a}{2} \exp(-2\delta t) = \frac{a}{2} \Delta^2 \quad (3.4)$$

De las condiciones de primer orden de la ecuación (3.3) se obtienen la fecha óptima de adopción, la cual se define como un ratio entre el beneficio esperado bajo competencia en facilidades ($\pi_2^F(s)$) y el costo de adopción. Formalmente, se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta^* = \pi_2^F(s_{2,i}) / a \quad (3.5)$$

En el escenario con desagregación, la empresa entrante optimiza la siguiente función de beneficios:

$$\max_{\Delta(r) \in [0,1]} \pi_2^{S+F}(\Delta(r), s_{2,i}, r) \quad (3.6)$$

Así, la fecha óptima será igual a:

$$\Delta^{**}(r) = (\pi_2^F(s_{2,i}) - \pi_2^S(r)) / a \quad (3.7)$$

Por lo tanto, la empresa incumbente puede influir en la fecha de adopción de la nueva tecnología mediante el precio del bucle. En efecto, el beneficio de la empresa entrante es decreciente al precio de bucle (r), por lo que una reducción en r postergará el tiempo de adopción.

³¹Borreau y Dogan toman este planteamiento del trabajo de Riordan (1992)

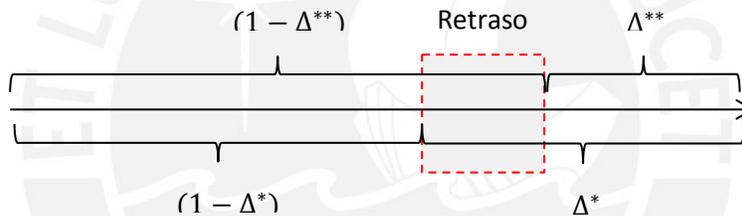
Desde el punto de vista de la empresa incumbente, existe un nivel \bar{r} , por encima del cual la empresa entrante no ingresará a competir en servicios. Por lo que la empresa incumbente enfrenta la disyuntiva entre monopolizar el servicio antes que la empresa competidora entre con una nueva tecnología, o permitir la competencia en servicios y retrasar la fecha de adopción tecnológica. Esta disyuntiva se representa en la siguiente expresión:

$$(1 - \Delta^*)\pi_1^M + \Delta^*\pi_1^F(s) = \pi_1^{M,F}(\Delta^*) \lesseqgtr \pi_1^{S,F}(\Delta^{**}) = (1 - \Delta^{**}(r))\pi_1^S + \Delta^{**}(r)\pi_1^F(s) \quad (3.8)$$

Aquí, π_1^S representa los beneficios en competencia de servicios de la empresa 1 y, $\pi_1^{M,F}$ los beneficios monopólicos de la empresa 1.

De esta manera, el costo de oportunidad de la empresa incumbente está en renunciar a su período monopólico, a cambio de un período de competencia en servicios mucho más extenso, difiriendo el período de competencia en facilidades. Este costo de oportunidad se mide en la diferencia entre $(\Delta^* - \Delta^{**}) = \pi_2^S(s_{2,i})/a$, y se puede visualizar en la ilustración N° 11.

Ilustración 11: Diagrama de los períodos de adopción tecnológica



Elaboración: propia.

De la misma manera como se ha determinado un tiempo de adopción Δ^{**} bajo el punto de vista de la empresa incumbente, el regulador también podría determinar un Δ_{Social}^{**} , fruto de la optimización del bienestar. En efecto, desde el punto de vista social, es posible que se prefiera un r superior al que elegiría la empresa privada, dado que podría existir un interés por impulsar la renovación tecnológica.

Efectivamente, el sentido de este modelo es que la empresa incumbente puede postergar el tiempo de adopción de una nueva tecnología mediante la fijación del precio del bucle de abonado. Incluso podría influir para que la empresa entrante elija una tecnología de baja calidad dado que, el tiempo de adopción dependerá de un menor nivel de la inversión. En cambio, una tecnología de alta calidad implicará una mayor inversión y, por tanto, un período más largo de espera.

De manera que, en la medida que este precio le permita obtener beneficios superiores a una potencial inversión en redes propias, la empresa entrante diferirá el tiempo óptimo de desarrollo de una nueva tecnología. En muchos casos el tiempo óptimo de adopción desde el punto de vista privado podría diferir del tiempo óptimo social, por lo que el

regulador deberá considerar este aspecto en el momento de fijar el precio del bucle de abonado.

d. Innovación y Diferenciación Vertical en Filippini y Vergari (2012)

En este modelo, los consumidores están indexados en θ , el cual se distribuye en el intervalo $[0,1]$. Asimismo, la función de utilidad correspondiente tendría la siguiente especificación $U_i = \theta s - p_i$. Esta expresión también podría interpretarse como un excedente del consumidor, dado que la utilidad del consumidor de tipo θ y preferencia en calidad s , se le descuenta el precio (p). Además, los consumidores entrarán al mercado solamente cuando $U_i \geq 0$, en otro caso, su demanda simplemente será cero. En ese sentido, el tipo de consumidor frontera entre los atendidos y no atendidos será $\hat{\theta} = p_i / s$.

Dado que se tienen dos empresas, el consumidor marginal entre ambas será igual a:

$$\tilde{\theta} = \frac{p_2 - p_1}{s(\psi - 1)} \quad (4.1)$$

Donde, $\tilde{\theta}$ depende de la diferencia entre precios de la empresa entrante y la incumbente, el grado de calidad (s), y su ventaja en calidad (ψ) o mejora tecnológica. Cabe precisar que en principio $\psi > 1$.

Asimismo, puesto que se asume que la empresa entrante compite en calidad y dispone de una tecnología exclusiva que le da ventaja, su precio (p_2) deberá ser superior al precio del incumbente (p_1).

Por otra parte, las corrientes demandas de la empresa entrante y de la incumbente serán:

$$q_2 = 1 - \hat{\theta} \quad (4.2)$$

$$q_1 = \hat{\theta} - p_1/s \quad (4.3)$$

Puesto que el tipo de competencia que se pretende analizar corresponde a un modelo de Cournot, se deberán especificar las demandas inversas, las cuales efectivamente son las siguientes:

$$p_1 = s(1 - q_2 - q_1) \quad (4.4)$$

$$p_2 = s(\psi - \psi q_2 - q_1) \quad (4.5)$$

Como se ha indicado, la empresa entrante se diferencia mejorando la calidad de su servicio, buscando establecerse en el segmento de demanda con mayor capacidad adquisitiva. No obstante, esta diferenciación será posible en el grado en que se invierta un monto F_2 , que le permita tener la exclusividad de la diferenciación en calidad. Cuando la tecnología que le permite diferenciarse en la calidad se extiende a todo el mercado, se pierde tal ventaja.

Otro supuesto importante en este modelo es que la empresa incumbente no tiene costo marginal y, naturalmente tampoco invierte en una nueva tecnología, mientras que la

empresa entrante, aparte de invertir en tecnología, debe pagar una regalía por la licencia de uso de la nueva tecnología.

Al respecto, cabe precisar que la nueva tecnología es un insumo provisto en el mercado de innovación y desarrollo, de manera que su implementación requiere de la suscripción de un contrato en dos partes, donde el pago fijo corresponde justamente a F_2 , y el pago variable a r .

En el escenario de uso exclusivo de la nueva tecnología, la función de beneficios de la empresa incumbente y de la empresa será igual a:

$$\pi_1 = p_1 q_1 \quad (4.6)$$

$$\pi_2 = (p_2 - r_2) q_2 - F_2 \quad (4.7)$$

Para hallar las soluciones, se requiere identificar las funciones de reacción y, a partir de ahí, despejar las siguientes cantidades de equilibrio:

$$q_1(s, \psi) = \frac{s\psi + r}{s(4\psi - 1)} \quad (4.4)$$

$$q_2(s, \psi) = \frac{2s\psi - s - 2r}{s(4\psi - 1)} \quad (4.5)$$

En la solución, se observa que la empresa entrante, si bien es favorecida por la calidad del producto (s) y por su grado de diferenciación (ψ), también depende del precio de la nueva tecnología.

3. Síntesis de la revisión teórica

La competencia que se desarrolla entre el servicio xDSL y el Cable Módem puede entenderse bajo el concepto de competencia intermodal o interplataforma, debido a que implica la adopción de una nueva tecnología. Adicionalmente, el hecho que esta adopción tecnológica implica el despliegue de nueva infraestructura de acceso, también se podría decir que se trata de una competencia en facilidades.

En general, estos tipos de competencia se contraponen a la competencia intramodal y a la competencia en servicios, consistentes en desarrollar modalidades de entrada que no requieren del despliegue de infraestructura propia. La hipótesis de la escalera de inversiones ha sido un intento teórico de conciliar ambos enfoques de competencia, asumiendo que las empresas entrantes podrían inicialmente ingresar al mercado sin desarrollar infraestructura mediante modalidades indirectas, y posteriormente, adoptar una nueva tecnología, y así, competir en facilidades.

Borreau y Dogan conceptualizan ambos tipos de competencia en términos de diferenciación horizontal y diferenciación vertical. Donde, la competencia horizontal se desenvuelve en función del precio de acceso al bucle de abonado, y la competencia vertical consiste en una diferenciación en calidad, la cual se logra a partir de la adopción de una nueva tecnología. En ese sentido, este modelo explica el proceso de transición de

una competencia horizontal a una vertical, y caracteriza la relación entre el precio del bucle y la fecha óptima de adopción.

No obstante, en el caso peruano no se ha implementado la desagregación de bucle, por lo que el modelo Borreau y Dogan sólo tiene un carácter referencial. En ese sentido, se considera que la competencia horizontal o por variedad en el servicio de banda ancha, puede estar desarrollándose más en términos de costos de cambio (*switching cost*), los cuales impiden que el consumidor pueda migrar fácilmente hacia el nuevo operador de banda ancha.

Por ese motivo, la revisión realizada en torno al trabajo Neven y Thisse ofrece un marco teórico más amplio. Dado que matiza la interacción entre la dominancia vertical y la dominancia horizontal, y explica en que contextos de mercado el equilibrio puede orientarse hacia la variedad o la calidad. Una de las importantes conclusiones de este trabajo es que, bajo dominancia vertical la empresa entrante siempre establecerá precios superiores, mientras que bajo dominancia horizontal, es posible que la empresa incumbente pueda cobrar precios mayores, a pesar de ofrecer una menor calidad. En efecto, la empresa incumbente puede buscar que el desempeño del mercado se oriente hacia una competencia horizontal y, así, minimizar su desventaja tecnológica.

Precisamente, en el trabajo de Katz y Shapiro se plantea que la empresa incumbente puede mantener ventaja sobre las entrantes, debido a que el consumidor tiene una expectativa mayor respecto al tamaño de su red. Esta ventaja le permitirá mantener una buena cuota de mercado y, sobre todo, reducir el impacto de la competencia.

Finalmente, el trabajo de Filippini y Vergari ofrece un modelo sencillo de competencia intermodal con adopción tecnológica. El planteamiento es de una competencia a lo Cournot, donde la empresa entrante tiene la capacidad de diferenciarse en calidad. Este modelo será adaptado al problema de los ciclos tecnológicos, su desarrollo se presenta en el capítulo siguiente.

CAPÍTULO 3

MODELO DE COMPETENCIA DUOPÓLICA EN BANDA ANCHA

Este capítulo tiene como finalidad explicar la dinámica de la competencia en el mercado de banda ancha fija mediante un modelo de diferenciación en calidad y dentro de un contexto de ciclos tecnológicos. Específicamente, se considera un escenario de competencia entre un operador incumbente con tecnología xDSL y un operador entrante con tecnología cable modem.

En la primera sección, se desarrolla el modelo base, sin considerar el ciclo tecnológico. En la segunda sección, se desarrolla el análisis del ciclo tecnológico y el proceso de diferenciación en calidad. En la tercera sección, se formulan las hipótesis. Finalmente, en la cuarta sección, se detalla el procedimiento metodológico que se aplicará para verificar las hipótesis.

1. Modelo base de diferenciación en calidad

El siguiente modelo es una adaptación del trabajo de Filippini y Vergari (2012) y, se caracteriza por incluir costos no lineales en el caso de la empresa entrante. El planteamiento del modelo se realiza en tres partes: (i) El análisis de la demanda, (ii) la función de costos de la empresa entrante y, (iii) la formulación de las cantidades (suscriptores) de equilibrio.

a. La demanda en el servicio de banda ancha fija

Los consumidores eligen entre dos tipos de conexiones de banda ancha, el servicio xDSL (q_1) y el servicio cable módem (q_2). Donde, la conexión de cable módem es tecnológicamente superior a la conexión xDSL, debido al mayor ritmo de innovación tecnológica en la red coaxial. En ese sentido, el problema del consumidor consiste en elegir entre una conexión avanzada y una conexión básica.

Por otra parte, el excedente del consumidor se puede definir como la valoración individual del consumidor de la conexión de banda ancha menos el precio del servicio. Formalmente se representa de la siguiente manera:

$$V = \begin{cases} V_1(\theta_i) = \theta_i s_t - p_{1t}, & \text{si contrata } q_1 \text{ (xDSL)} \\ V_2(\theta_i) = \theta_i \psi_t s_t - p_{2t}, & \text{si contrata } q_2 \text{ (Cable módem)} \end{cases} \quad (3.1)$$

Donde, s_t es el parámetro del ciclo tecnológico, ψ_t es la diferenciación calidad lograda a partir de una innovación tecnológica, y θ_i es el tipo del consumidor respecto a su preferencia en calidad.

Cabe precisar que el parámetro del ciclo tecnológico busca reflejar el estado global de la tecnología en el mercado de banda ancha, por lo que s_t deberá ser mayor a 1. Asimismo, el parámetro de diferenciación en calidad mide una innovación positiva del servicio cable módem, por tal motivo ψ_t será mayor a 1.

En relación al universo de consumidores, estos se clasifican según su tipo de preferencia por calidad de banda ancha (θ_i). En efecto, algunos consumidores acceden a internet solamente para acceder a redes sociales; en cambio, otros lo hacen para implementar negocios *on line*. Matemáticamente el universo de θ_i se distribuyen uniformemente entre $[0,1]$.

Si bien los precios del servicio de banda ancha suelen determinarse según una escalera de velocidades, por simplicidad se va asumir un único precio de acceso por tipo de red. No obstante, se podría asumir una distribución $f_j(v)^{32}$ de consumidores según su velocidad de acceso y, un vector de precios o rentas mensuales, denotadas como $p_{v,j,t}$, y obtener los siguientes precios promedio ponderados:

$$p_{j,t} = \begin{cases} p_{1t} = \sum_{v=\underline{v}}^{\bar{v}} p_{v,1,t} f_1(v), \text{ si contrata } q_1 \\ p_{2t} = \sum_{v=\underline{v}}^{\bar{v}} p_{v,2,t} f_2(v), \text{ si contrata } q_2 \end{cases} \quad (3.2)$$

A partir del excedente del consumidor del cliente de la red xDSL se pueden identificar al tipo de consumidor que no ingresa al mercado (ver ecuación 3.1). En efecto, el consumidor no atendido será aquel cuya valoración sea menor a $\underline{\theta} = (p_{1t}/s_t)$, resultado que se obtiene de despejar $\theta_i s_t - p_{1t} = 0$. A partir de esta especificación, se puede observar que el número de consumidores no atendidos tiene una relación inversa con s_t .

Para cada par de precios, p_{1t} y p_{2t} , siempre existe un consumidor marginal ($\hat{\theta}$) que será indiferente entre ambas ofertas. Esta definición es equivalente a buscar al consumidor de tipo $\hat{\theta}$, indiferente entre la red xDSL y la red cable módem. Así, cuando un consumidor valora por debajo de $\hat{\theta}$ se suscribirá a la red xDLS, y cuando valora más que $\hat{\theta}$ se afiliará a la de cable módem. Formalmente se expresa de la siguiente manera:

$$\hat{\theta}_t = \frac{p_{2t} - p_{1t}}{s_t(\psi_t - 1)} \quad (3.3)$$

Por lo tanto, el espacio θ de consumidores se divide en tres segmentos: (i) Los no atendidos, (ii) los clientes de la empresa incumbente y, (iii) los clientes de la empresa entrante.

Propiamente, el segundo segmento constituye la demanda agregada de la red xDLS (Q_{1t}), y el tercer segmento la demanda agregada de la red de cable coaxial (Q_{2t}). Su especificación formal se obtiene a partir de la definición de $\underline{\theta}$ y $\hat{\theta}_t$, como se puede apreciar en la siguiente expresión:

$$Q_t^d = \begin{cases} Q_{1t}^d = \hat{\theta}_t - \underline{\theta} \\ Q_{2t}^d = 1 - \hat{\theta}_t \end{cases} \quad (3.4)$$

³² Donde j es el subíndice que indica la empresa.

En este modelo se asume como variables estratégicas a las cantidades, por tal motivo el planteamiento será de competencia en calidad a lo Cournot. Con ese objetivo, a partir de (3.4) se despeja las funciones de demanda respecto a los precios, y se obtienen las siguientes funciones de demanda indirecta:

$$p_t = \begin{cases} p_{1t} = s_t[1 - Q_{1t}^d - Q_{2t}^d] \\ p_{2t} = s_t[\psi_t - Q_{1t}^d - \psi_t Q_{2t}^d] \end{cases} \quad (3.5)$$

b. Costos de Producción de la Empresa Entrante

El servicio de banda ancha fija no sólo requiere de una infraestructura desplegada, sino también de una tecnología de transmisión que optimice el tráfico. En efecto, en la topología de una red de banda ancha, además de los circuitos, se requiere de equipos específicos que optimicen la transmisión de datos.

Como se ha indicado en el capítulo 1, las redes de cable coaxial se convierten en redes de banda ancha gracias a los CMTS mientras que, las redes de telefonía lo hacen con los DSLAM, por lo que el número de CMTS respecto al tamaño de la red es una buena *proxy* del grado de adaptación de la red al internet. En ese sentido, desde el punto de vista tecnológico, la función de producción de la empresa entrante se puede concebir como una relación que depende de la infraestructura de red (k_t) y del grado de adaptación al internet (a_t).

La especificación de la función de producción $Q_{2,t}^s = Q_{2,t}^s(a_t, k_t)$ se puede concebir como una relación lineal, donde del total de líneas desplegadas (k_t), sólo un porcentaje a_t estará disponible para servicios de banda ancha. El supuesto de la linealidad de la función de producción no sólo facilita el proceso de modelamiento, sino que además, se acerca a lo observado en la realidad. En efecto, la empresa decide la cantidad de CMTS que instalará en función del porcentaje de conexiones de banda ancha que ofrecerá en el mercado, a su vez cada CMTS está diseñado para atender una cantidad definida de abonados. Por lo tanto, la especificación funcional de la producción sería igual a la siguiente expresión:

$$Q_{2,t}^s = a_t k_t \quad (3.6)$$

Del lado de la oferta, la empresa entrante requiere identificar el k_t^* y el a_t^* que minimice sus costos, considerando el costo unitario por línea coaxial (r_t) y, el costo de adaptación (z_t). Además, se debe tomar en cuenta que el costo total de la empresa es linealmente dependiente del grado de diferenciación en calidad generada por la innovación (ψ_t). En efecto, la decisión de ofrecer un servicio de mayor calidad requerirá, de manera conjunta, un grado mayor de gasto. Por lo tanto, el problema de minimización de costos se expresa de la siguiente manera:

$$\min_{k_t, a_t} C_t = \psi_t [r_t k_t + z_t a_t] \quad (3.7)$$

$$\text{Sujeto a: } Q_{2,t}^s = a_t k_t$$

Al resolver este problema de optimización se obtiene las funciones de demanda de los insumos: $k_t^* = [(z_t/r_t)Q_{2,t}^s]^{1/2}$ y $a_t^* = [(r_t/z_t)Q_{2,t}^s]^{1/2}$. De este modo se tiene que la función de costos se puede expresar como:

$$C_t = c_t Q_{2,t}^s{}^{1/2} \quad (3.8)$$

$$\text{Donde } c_t = \psi_t [r_t z_t]^{1/2}$$

De esta manera, el costo total de la empresa entrante es una función que depende directamente de la diferenciación en calidad (ψ_t), el precio de despliegue de redes (r_t) y costo de adaptación a internet (z_t). Además, la función de costos mantiene una relación no lineal respecto al nivel de producción ($Q_{2,t}^s$), la cual es consecuencia directa de la función de producción lineal respecto a k_t .

En contraste, se considera que la empresa incumbente ya tiene una red desplegada, y su nivel de adaptación al servicio es relativamente bajo. En ese sentido, se considera pertinente fijar un costo marginal $c_1 = 0$; primero, porque permitirá concentrar el análisis en la conducta de la empresa entrante y, segundo, refleja mejor la ventaja en costos que suele tener la empresa incumbente.

c. Análisis del equilibrio del mercado

En la interacción estratégica que se desarrolla entre la empresa incumbente y la empresa entrante, ambas deciden los niveles de producción de manera simultánea y sin coordinación, es decir a lo Cournot. Se asume que el juego se repite en cada momento del tiempo, y que los resultados observados en el período previo no alteran la estrategia óptima de las empresas. Esto se debe a que la empresa incumbente no puede intentar un nivel de producción monopólico, debido a que el ciclo tecnológico es un disuasivo suficiente para que se discipline. En ese sentido, la respuesta óptima de cada empresa se define únicamente mediante las funciones de reacción de cada período, las cuales se obtienen a partir de la maximización de las funciones de beneficios de ambas empresas:

$$\pi_{1t} = s_t [1 - Q_{1t} - Q_{2t}] Q_{1t} \quad (3.9)$$

$$\pi_{2t} = s_t [\psi_t - Q_{1t} - \psi_t Q_{2t}] Q_{2t} - c_t Q_{2t}^{1/2} \quad (3.10)$$

En vista que la empresa incumbente tiene costos cero, la función de reacción tiene la siguiente forma sencilla $Q_{1t} = [1 - Q_{2t}]/2$. Cabe precisar que la estrategia de la empresa incumbente propiamente es como una forma de masificación del servicio, dado que su nivel de producción depende del grado de agresividad del entrante.

No obstante, en el caso de la empresa entrante, los costos son no lineales de manera que, su función de reacción no puede ser directamente despejada. En el Anexo N° 1 se reporta el detalle del procedimiento matemático aplicado para hallar las cantidades de

demanda de equilibrio. Lo importante es señalar que la demanda de equilibrio de la empresa entrante surgirá de la siguiente expresión polinómica:

$$\frac{(1-4\psi_t)s_t}{2} q_{2t}^{3/2} + s_t \left[\psi_t - \frac{1}{2} \right] q_{2t}^{1/2} - \frac{c_t}{2} = 0 \quad (3.11)$$

Con el objetivo de hacer más manejable este polinomio se puede asumir $Q_2^{1/2} = \hat{Q}$, obteniéndose la siguiente función cúbica:

$$\hat{Q}^3 + G_t \hat{Q} - R_t = 0 \quad (3.12)$$

Donde: $G_t = \frac{2\psi_t - 1}{3(4\psi_t - 1)}$ y $R_t = \frac{c_t}{2s_t(4\psi_t - 1)}$

Cabe precisar que la condición para que las soluciones se encuentren dentro del conjunto de los números reales es que $R_t^2 - G_t^3 < 0$.

Por lo tanto, la interacción estratégica tiene como resultado tres equilibrios potenciales, producto del carácter no lineal de los costos de la empresa entrante, las cuales surgen de la conducta estratégica del entrante:

- (i) Una respuesta excesivamente optimista tendrá como resultado una cantidad de equilibrio Q_{2t}^1 , la empresa incumbente será desplazada del liderazgo.
- (ii) Una respuesta cautelosa, con Q_{2t}^2 , que implica compartir el mercado con la empresa incumbente.
- (iii) Finalmente, la empresa entrante podría comportarse de manera pesimista y lograr Q_{2t}^3 , de manera que el incumbente mantendrá su liderazgo.

En la siguiente expresión se reportan las cantidades de equilibrio para cada estrategia de la empresa entrante:

$$Q_{2t}^* = \begin{cases} Q_{2t}^1 = 4G_t \cos^2\left(\frac{\gamma_t + 2\pi}{3}\right) \\ Q_{2t}^2 = 4G_t \cos^2\left(\frac{\gamma_t}{3}\right) \\ Q_{2t}^3 = 4G_t \cos^2\left(\frac{\gamma_t - 2\pi}{3}\right) \end{cases} \quad Q_{1t}^* = \begin{cases} Q_{1t}^1 = [1 - Q_{2t}^1]/2 \\ Q_{1t}^2 = [1 - Q_{2t}^2]/2 \\ Q_{1t}^3 = [1 - Q_{2t}^3]/2 \end{cases} \quad (3.13)$$

Donde: $\gamma_t = \text{Acos}\left(R_t/\sqrt{G_t^3}\right)$.

Finalmente, el tipo de competidor (optimista, cauteloso o pesimista) es una característica idiosincrásica que refleja todo un conjunto de condicionamientos y expectativas respecto al mercado de banda ancha. En ese sentido, la naturaleza juega y decide qué tipo de conducta tiene la empresa entrante.

2. Análisis de la innovación tecnológica en el servicio de banda ancha

En esta sección se analizará el efecto de los procesos de innovación tecnológica en el desempeño de un mercado duopólico que compite a lo Cournot. La influencia de la innovación tecnológica se evidencia en el ciclo tecnológico, la diferenciación de la calidad y el precio de la innovación. Estos aspectos son abordados a continuación.

a. El Ciclo tecnológico del mercado de banda ancha

El proceso de innovación tecnológica se desenvuelve de manera cíclica, dado que una vez obtenido un avance tecnológico, el mercado lo adopta y explota durante un período de tiempo, hasta lograr alcanzar su máxima capacidad. Luego, se reinicia el ciclo con la adopción de una versión mejorada, o en extremo, con nueva tecnología. Así, por ejemplo, en la tecnología DOCSIS, se observan varios ciclos, siendo los dos últimos los desarrollos del DOCSIS 2.0 y el DOCSIS 3.0. De la misma manera, en el caso de la tecnología xDSL, se tienen el ADSL, ADLS+, VDSL, etc. En este modelo, se asume que la familia tecnológica xDSL ya ha alcanzado su máxima capacidad de desarrollo y, solamente la tecnología cable módem se encuentra en un proceso continuo de mejora.

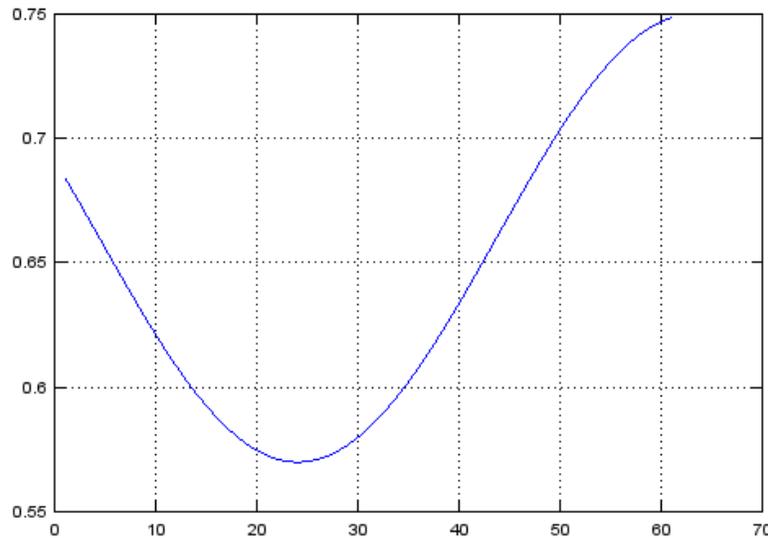
Como se ha indicado previamente, el parámetro s_t recoge el valor intrínseco de la innovación, y tiene, por tanto, un desenvolvimiento cíclico. La fase decreciente corresponde al período en el que la tecnología DOCSIS se ha estancado frente al xDSL, y la fase creciente representa el período en el cual la tecnología DOCSIS comienza a tener características tecnológicamente avanzadas. En este trabajo se examina la parte del ciclo correspondiente a una fase decreciente y otra creciente, dado que el objetivo es analizar el proceso de entrada de una nueva empresa con una tecnología avanzada, cuya ventaja tecnológica se aprovecha paulatinamente.

En vista que este parámetro debe describir una senda cíclica en el tiempo, se plantea que la función s_t tenga un nivel inicial s_0 , una amplitud de oscilación σ , una frecuencia angular de ω y un corrimiento de fase ϕ . Además, se asume que el parámetro s_t se desempeña en el tiempo según una función coseno, tal y como se puede apreciar en la ecuación 3.14.

$$s_t = s_0 + \sigma \cos(\omega t + \phi) \quad (3.14)$$

En la ilustración N° 12, se puede apreciar el desenvolvimiento del parámetro s_t dentro del intervalo de tiempo que se tiene planteado analizar en este trabajo de investigación. Según esta ilustración, la tecnología DOCSIS se encontraba en una fase decreciente hasta aproximadamente el período 25. Es decir, durante ese intervalo de tiempo la tecnología DOCSIS todavía no era plenamente superior a la xDSL; al contrario, la tecnología xDSL mantenía el liderazgo. Luego del período 25, la tecnología DOCSIS es superior en características y capacidad, hasta llegar a su máximo nivel de desarrollo en el período 60. Se asume que a partir de ese período otra tecnología surgirá y desplazará a la tecnología DOCSIS, o tal vez, la tecnología xDSL logrará establecer una nueva versión mejorada.

Ilustración 12: El parámetro de los Ciclos Tecnológicos (s_t)



Elaboración: Propia

En relación a la frecuencia ω se sabe que, en la mayoría de los casos, los ciclos tecnológicos son relativamente espaciados. Se pueden dar casos de frecuencias más altas, por ejemplo, el caso de las versiones de *Windows*, las cuales prácticamente se actualizan cada dos años. En el sector de telecomunicaciones, esos ciclos son más extensos, debido a que las empresas deben decidir la adquisición e instalación de nuevos equipos.

El corrimiento de fase ϕ no tiene un particular significado, y su valor está determinado principalmente por el intervalo de tiempo que se desea analizar en este trabajo de investigación. Como se puede apreciar en la ilustración N° 12, esta investigación desarrolla un análisis para la fase decreciente y para la fase creciente.

b. Diferenciación de la calidad e innovación tecnológica

Cuando la empresa entrante decide competir implementando una nueva tecnología con una calidad de servicio superior, le resulta imposible realizarlo plenamente desde el inicio; por el contrario, se trata de un proceso lento de adopción. En ese sentido, el parámetro ψ_t representa, en cada momento del tiempo, el grado de diferenciación de calidad resultante del nivel de implementación de la nueva tecnología.

Así, se asume un nivel inicial de diferenciación en calidad ψ_0 , que equivale a la implementación mínima de la nueva tecnología. Conforme avanza el tiempo, la diferenciación en la calidad se incrementa a una tasa w y un parámetro de inflexión ϑ .

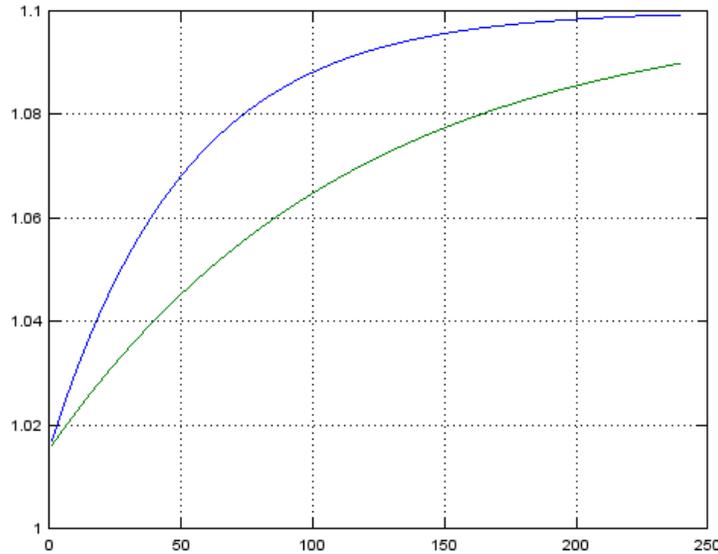
$$\psi_t = \psi_0 \exp(-\vartheta * \exp(wt)) \tag{3.15}$$

En el caso de una empresa de banda ancha, cuando implementa la nueva versión de la tecnología, primero ofrece la nueva versión a un número restringido de usuarios. Además, no ofrece la plenitud de las mejoras en la calidad, por lo que conforme pasa el tiempo, la

diferenciación de la calidad se va haciendo más significativa. No obstante, en un determinado momento, la empresa no podrá implementar mayores mejoras en la calidad.

En la ilustración N° 13, se representan dos curvas de diferenciación de la calidad. En la primera, se tiene una curva que se acelera más al inicio y al final se estanca; en la segunda curva se tiene una diferenciación creciente, pero con menor magnitud.

Ilustración 13: Diferenciación de la calidad (ψ)



Elaboración: Propia

c. El precio de la innovación

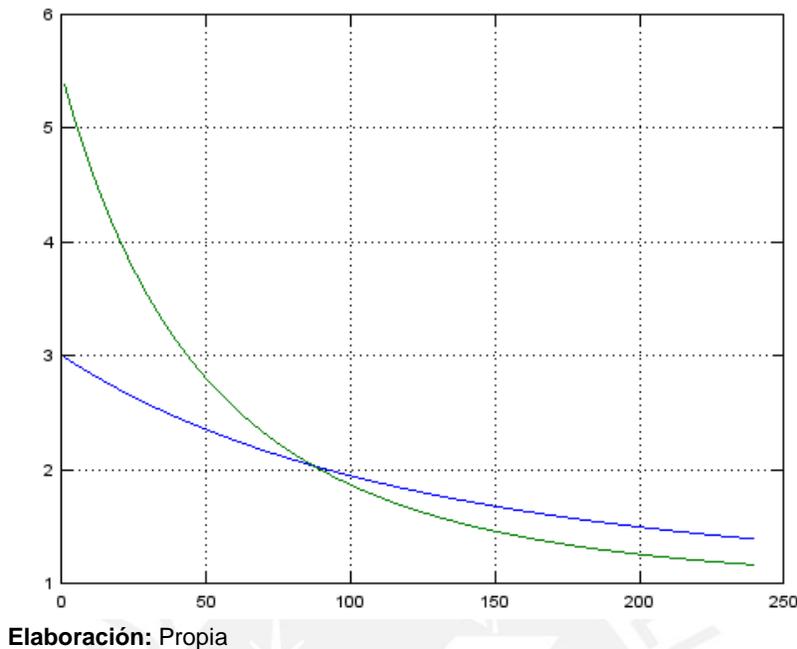
El precio z_t refleja el costo de adoptar la nueva tecnología, o también es el precio de instalar los equipos CMTS, y convertir la red de acceso en una red de nueva generación. La idea subyacente al precio z_t es que, al inicio del ciclo tecnológico los precios son altos, pero en la medida que se produce la adopción, el precio marginal, por las sucesivas expansiones, se reducirá.

La variación del precio z_t no depende de la empresa entrante, mucho menos de la empresa incumbente. Su desenvolvimiento en el tiempo lo define el mercado de innovación y desarrollo, el cual establece el inicio del lanzamiento de la nueva tecnología, los precios de partida, y proceso de la masificación de su uso. Por ese motivo, se asume que, en el intervalo de tiempo bajo análisis, este precio tiene la siguiente dinámica:

$$z_t = z_0 * \exp(b * \exp(\rho t)) \tag{3.16}$$

Esta especificación funcional guarda semejanza con una función Gompertz pero, en este caso, la función z_t es decreciente. El valor z_0 representa el precio de partida que tiene la adopción de la nueva tecnología. En el tiempo, este precio se reducirá a una tasa b y con un parámetro de inflexión ρ . En la ilustración N° 14, se puede apreciar la senda del precio z en el tiempo.

Ilustración 14: Precio z para las mejoras tecnológicas (a)



3. Hipótesis

Hipótesis 01

La empresa entrante, frente a la estrategia de masificación del incumbente, puede consolidarse en el mercado de banda ancha aprovechando eficientemente el ciclo tecnológico mediante una estrategia de diferenciación de la calidad. No obstante, esto depende de que no existan aspectos estructurales que impliquen un mayor rezago tecnológico.

Hipótesis 02

La empresa de telefonía fija, cuya red se encuentre particularmente más desplegada, implementará una estrategia de masificación de su servicio de banda ancha xDSL, atenuando así el efecto del ciclo tecnológico y bloqueando la implementación de la tecnología cable módem en la red coaxial.

Hipótesis 03

Bajo una competencia intermodal más activa y sensible al ciclo tecnológico, la empresa incumbente buscará compensar la pérdida de clientes atendiendo a hogares con menores ingresos, lo cual significa que se incrementará el acceso, y por consecuencia el bienestar agregado de los consumidores.

4. Metodología

a. Planteamiento metodológico

Las hipótesis planteadas en esta sección serán probadas bajo una metodología contrafactual, que requiere identificar un caso real en el que la empresa entrante ha tenido éxito y, se ha constituido en un auténtico rival de la empresa incumbente. De la misma manera, se requiere identificar un segundo caso en el que la empresa entrante de cable módem no ha logrado una significativa cuota de mercado y, por lo tanto, su entrada no ha sido exitosa y, en consecuencia, no ha generado un clima competitivo.

Como se ha indicado, las principales funciones que determinan la dinámica del mercado son: la función del ciclo tecnológico, la función del precio de la innovación, la función del costo marginal y la función de la diferenciación de la calidad. A su vez, los parámetros del modelo son once de los cuales, cuatro parámetros corresponden a la función del ciclo tecnológico, tres parámetros a la función del precio de innovación, tres parámetros a la función de diferenciación de la calidad y un parámetro a la función del costo marginal. En el cuadro N° 2 se reportan los parámetros y funciones que se deben estimar en el modelo.

Cuadro N° 2: Parámetros del Modelo

Parámetro	Función	
t	tiempo	
s10 y1 om1 phi1	$s1=(s10+(y1.\cos((om1.*t)+phi1)))$	Ciclo tecnológico
z0 b d	$z=z0.*(\exp(b*\exp(d*t)))$	Precio de la innovación
r	$c=psi.*((\sqrt{r}).*(\sqrt{z}))$	Costo marginal
psi0 tau w	$psi = psi0.*(\exp(\tau*\exp(w*t)))$	Diferenciación de la calidad
Ecuaciones para las soluciones de equilibrio de la empresa 2	$G = ((2*psi)-1)./((12*psi)-3)$ $R = c./((2.*s1.*((4*psi)-1))$ $H=(R.^2) -(G.^3)$ $gam = \text{acos}(R./\sqrt{G.^3})$	
Escenario 1	$q21 = 4.*G.*((\cos(gam./3)).^2)$	
Escenario 2	$q22 = 4.*G.*((\cos((gam+(2*pi))./3)).^2)$	
Escenario 3	$q23 = 4.*G.*((\cos((gam-(2*pi))./3)).^2)$	

Elaboración: propia.

b. Análisis de Sensibilidad

La respuesta de la función del ciclo tecnológico a variaciones del orden de 1% en el parámetro s_{10} es mayor que lo observado en el resto de parámetros (om_1 , ϕ_1 y y_1). En general, la función del ciclo tecnológico es la más sensible comparado con las demás funciones del modelo.

Por otra parte, la función del precio de la innovación resulta ser más sensible a las variaciones de z_0 , el efecto del resto de parámetros es menos que proporcional. Asimismo, la función del costo marginal tiene mayor sensibilidad respecto a z_0 y r , pero no es mayor que 0.5%, por lo que es relativamente estable. En el caso de la función de diferenciación de la calidad (ψ), se observa una mayor sensibilidad a los cambios en ψ_0 , en el resto de parámetros la sensibilidad es considerablemente inferior.

En el cuadro N° 3, se reporta el resumen del análisis de sensibilidad de las principales funciones que componen el modelo.

Cuadro N° 3: Sensibilidad en las Principales Ecuaciones

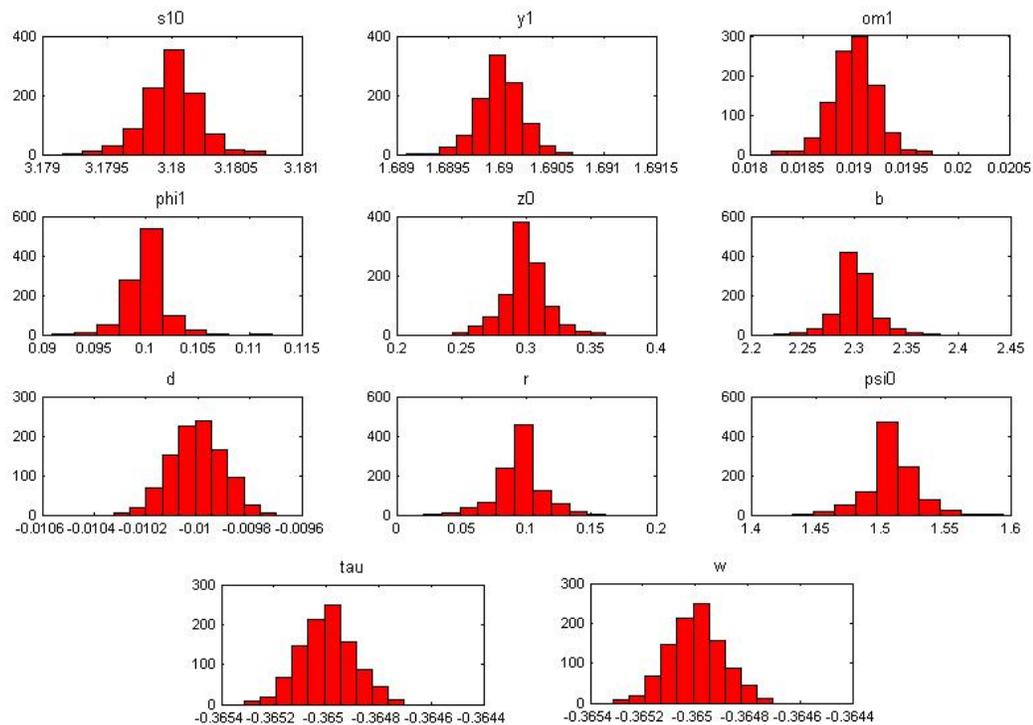
Variación del 1% en	Efecto en el valor de:			
	s_1	z	c	ψ
s_{10}	[0.7%;2.1%]	0	0	0
y_1	[-1.94%;0.35%]	0	0	0
om_1	[-0.28%;1.35%]	0	0	0
ϕ_1	[-1.29%;1.28%]	0	0	0
z_0	0	1%	0.50%	0
b	0	[0.05%;0.165%]	[0.025%;0.06%]	0
d	0	[0%;0.2%]	[0%;0.1%]	0
r	0	0	0.49%	0
ψ_0	0	0	0	1%
τ	0	0	0	[-0.08%; 0%]
w	0	0	0	[0%; 0.03%]

Elaboración: Propia.

Con la finalidad de realizar un análisis de sensibilidad conjunta se ha desarrollado una simulación *Bootstrapping*³³, la cual ha generado 1,000 combinaciones de parámetros. Se ha asumido que cada parámetro tiene una distribución gaussiana, además sus errores estándares se distribuyen normalmente dentro de un intervalo definido por el nivel de sensibilidad. Dados estos supuestos, se ha obtenido los rangos de variación esperados de los parámetros que se encuentran reportados en la ilustración N° 15.

³³ Es una técnica de simulación estadística, consistente en construir una muestra aleatoria a partir de la información de los principales estadísticos (por ejemplo, media y varianza) y asumiendo un determinada distribución muestral (por ejemplo, normal y uniforme). Así, logrando una pseudo muestra lo suficientemente grande, y amparados en la convergencia estadística, se puede realizar inferencias como si se tratara de una muestra empíricamente obtenida.

Ilustración 15: Rangos de variación de los parámetros del modelo



Elaboración: Propia.

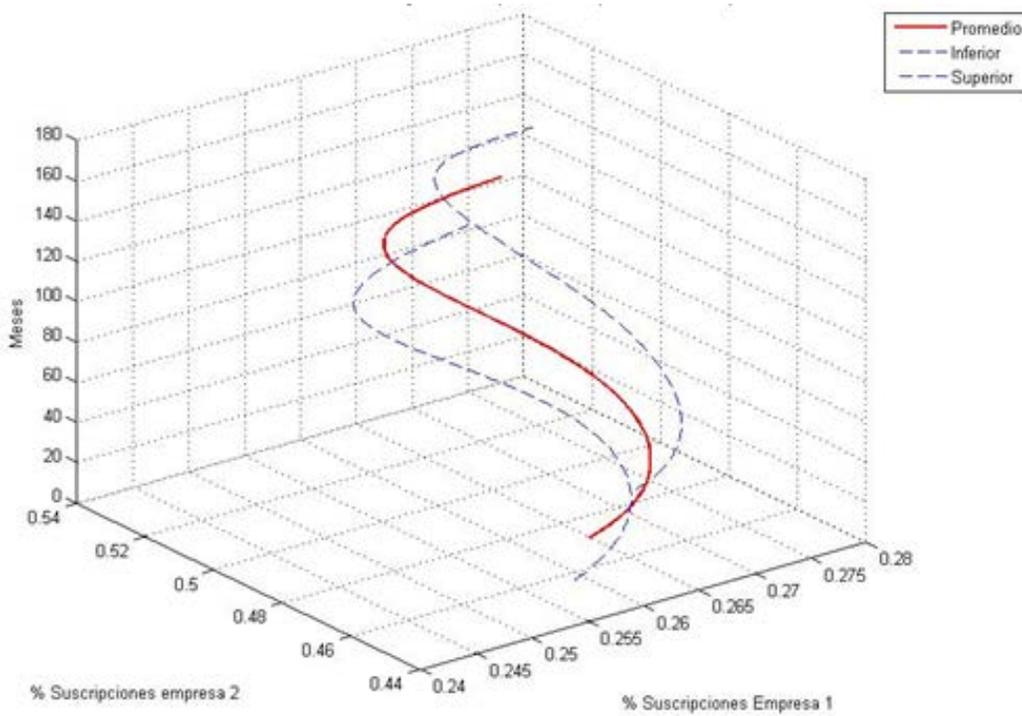
Con la simulación *bootstrapping* se ha logrado determinar el nivel promedio de las suscripciones de banda ancha (en términos porcentuales), así como el rango en donde se encontraría estos valores, para los tres escenarios.

Así, en el escenario 1 la relación entre la empresa incumbente y la empresa entrante respecto a la cantidad de suscripciones es de 27% del mercado potencial para la empresa incumbente y, 50% para la empresa entrante aproximadamente, ver ilustración N° 16. En efecto, el escenario 1 se caracteriza por ser muy favorable para la empresa entrante, debido a la pasividad y la limitación de la empresa incumbente para responder a la innovación tecnológica.

Por otra parte, en el caso del escenario 2, se aprecia que, en promedio, ambas empresas logran resultados equivalentes. Efectivamente, la empresa incumbente obtendrá un 33% del mercado potencial y, la empresa entrante el 36%, ver ilustración N° 17. En ese sentido, el escenario 2 refleja un resultado de duopolio casi simétrico.

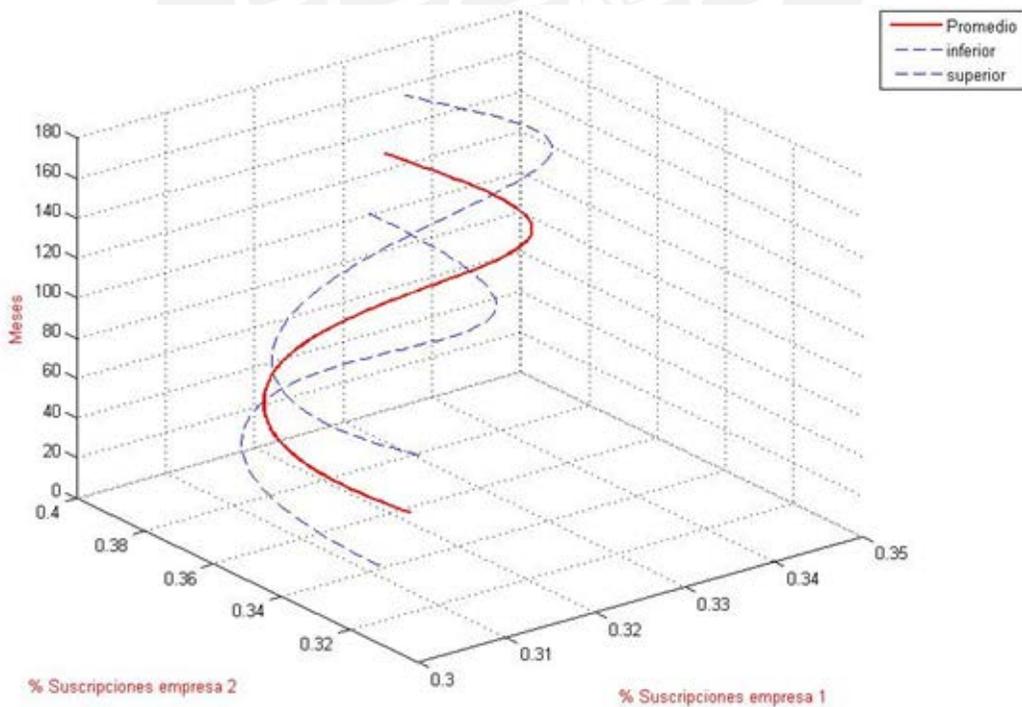
En relación al escenario 3, se observa un predominio de la empresa incumbente dado que, obtendrá el 50% del mercado potencial, mientras que la empresa entrante se restringirá a un 15%, en el mejor de los escenarios, ver ilustración N° 18. En el escenario 3, se puede afirmar que, la empresa incumbente ha tenido la capacidad de defender su poder de mercado y, así, evitar la entrada sostenible de otras empresas.

Ilustración 16: Escenario 1 Sensibilidad de las Suscripciones



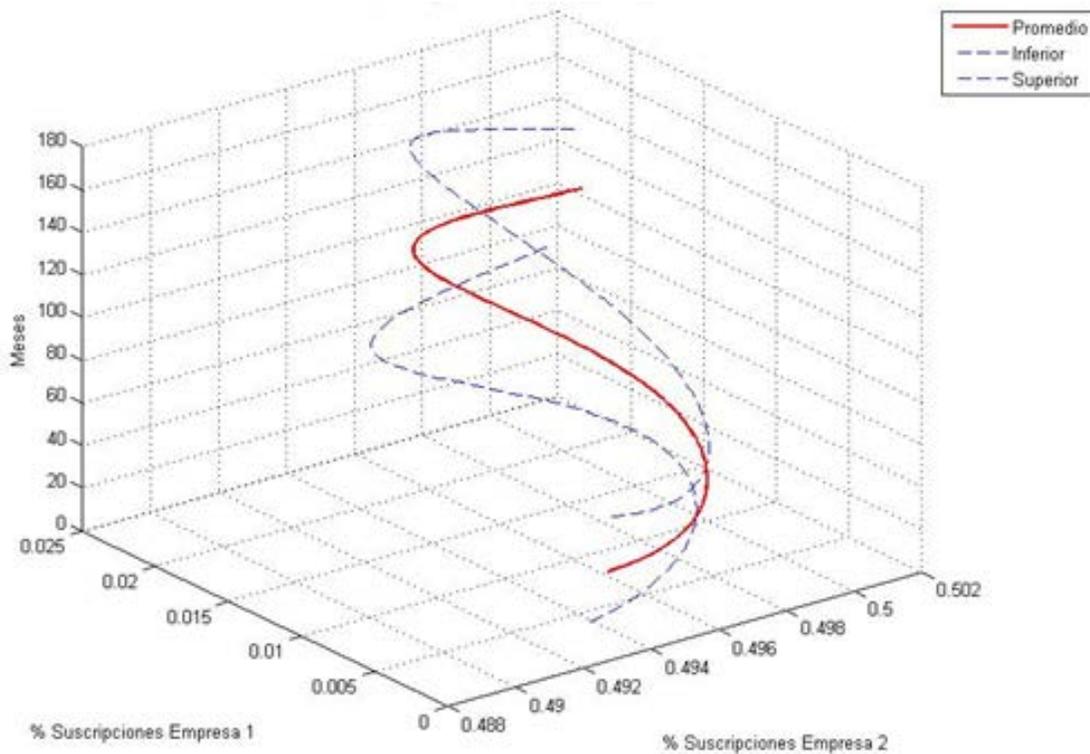
Elaboración: Propia.

Ilustración 17: Escenario 2 – Sensibilidad de las Suscripciones



Elaboración: Propia.

Ilustración 18: Escenario 3 – Sensibilidad de las Suscripciones



Elaboración: Propia.

c. Comparabilidad entre Perú y Chile

Una condición necesaria para realizar un análisis contrafactual es el grado de comparabilidad entre los fenómenos bajo estudio. En el caso de las ciencias sociales, y en particular de la ciencia económica, resulta casi imposible lograr un experimento científico totalmente controlado que pueda validar las hipótesis de investigación, salvo algunas excepciones –por ejemplo, los experimentos acerca de las preferencias.

En efecto, en la ciencia económica a pesar de contar con un amplio desarrollo en la modelación matemática de los fenómenos económicos, no se ha logrado un método único en la validación teórica de las hipótesis, debido a que los fenómenos no pueden ser aislados en un laboratorio. En ese sentido, un análisis contrafactual en economía se encuentra sujeto a varias salvedades que se deben considerar, a fin de delimitar adecuadamente el alcance del análisis.

En principio, un criterio de homogeneidad y comparabilidad entre dos países podría plantearse bajo el supuesto que si ambos países hubiesen implementado las mismas políticas, habrían llegado a resultados parecidos, medidos en términos relativos y no absolutos - tasas de crecimiento semejantes, y ratios comparables. En ese sentido, resulta admisible cierto tipo de heterogeneidad -como por ejemplo escala demográfica,

características culturales y geografía, siempre en cuando esas diferencias no sean radicalmente relevantes.

No existe una razón de fondo para pensar que Chile y Perú sean países no comparables y heterogéneos. Ambos países se encuentran en la Cuenca del Pacífico Sur, y comparten una historia en común. Geográficamente, a pesar que el Perú tiene una región selvática, sigue siendo un país eminentemente costero como Chile. Incluso en lo productivo, la actividad minera sigue siendo la principal fuente de ingresos en ambos países –Chile es el primer productor de cobre y, Perú el tercero.

Los resultados macroeconómicos observados en Chile y Perú son resultado de las políticas implementadas, antes que de características culturales y geográficas. En efecto, según Talvi y Munyo (2013) la diferencia económica entre Perú y Chile radica en el tipo de políticas que urgen implementar. En el caso de Perú, dado que el nivel de producción se encuentra en la frontera de producción, se requieren reformas estructurales que potencien su capacidad productiva. En cambio, en Chile, la producción todavía se encuentra por debajo de la frontera de producción, por lo que todavía hay espacio para políticas de corto y mediano plazo.

Por lo tanto, entre Chile y Perú no existe una diferencia intrínseca que les haga no comparables, sino que sus diferencias se encuentran explicadas por las políticas económicas y tecnológicas que han sido implementadas y, por tanto, pueden ser estudiadas mediante un análisis contrafactual.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS CONTRAFACTUAL DEL DESARROLLO DE CABLE MÓDEM EN PERÚ Y CHILE

En este capítulo se pretende realizar un análisis contrafactual del desarrollo de la banda ancha fija en Perú y Chile, con la finalidad de identificar el escenario correspondiente a cada país y, evaluar las hipótesis planteadas en el modelo económico del capítulo anterior.

En la primera sección, se describen las características del mercado de banda ancha en Chile y Perú. En la segunda sección, se calibra el modelo definiendo los valores de los parámetros aplicables a ambos países. Y en la tercera sección, se discierne sobre el escenario correspondiente a cada país y, se realiza la evaluación de las hipótesis.

1. Mercado de Banda ancha fija en Chile y Perú

A continuación se realiza un análisis de las principales características del mercado de banda ancha en Chile y Perú, se identifican los factores comunes, así como las principales diferencias.

a. Infraestructura de redes alámbricas de telecomunicaciones

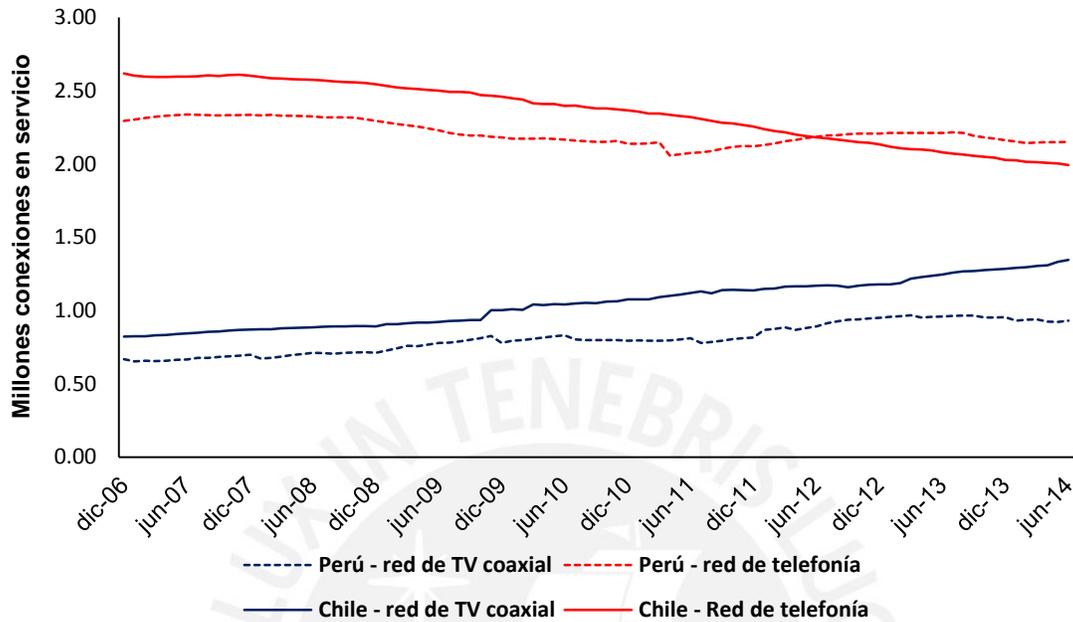
La infraestructura de redes alámbricas de telecomunicaciones desplegadas en un territorio constituye un importante bien de capital, cuya adecuada explotación debería permitir la conectividad del país y, el desarrollo de servicios avanzados de información. En el caso chileno, a junio del 2014, la planta de acceso de redes alámbricas se compone por 3.3 millones de conexiones, de las cuales el 59.7% son conexiones de telefonía fija y el 40.3% conexiones de cable coaxial de televisión de paga. Por otra parte, en el caso peruano se contabilizan 3.08 millones de conexiones, de las cuales el 69.8% son líneas de telefonía fija y, 30.2% de cable coaxial. En ambos países, las redes de acceso de telefonía local se encuentran más desplegadas y desarrolladas que las redes de cable coaxial, tanto en términos de número de conexiones como de cobertura.

Asimismo, la composición de la planta alámbrica de comunicaciones, según tipo de red, ha ido variando a través del tiempo, como se puede apreciar en la ilustración N° 19. Por una parte, el tamaño de la red de telefonía fija local no ha tenido una tendencia marcadamente creciente. En efecto, en el caso peruano las líneas de telefonía fija se encuentran alrededor de los 2.2 millones de líneas desde el 2006, mientras que en el caso chileno, las líneas fijas se han reducido de 2.6 millones 2 millones entre el 2006 y 2014.

En contraste, las redes de cable coaxial han tendido a crecer sostenidamente, principalmente por impulso del servicio de televisión de paga. En efecto, en el Perú la red de cable coaxial se ha incrementado en 39% entre el 2006 y el 2014. De manera semejante en Chile, las conexiones de cable coaxial se ha incrementado en 64% entre el 2006 y el 2014, llegando a 1.3 millones de líneas. De esta manera se podría afirmar que

las conexiones de cable coaxial están adquiriendo una mayor importancia en la infraestructura de telecomunicaciones de estos dos países.

Ilustración 19: Infraestructura de redes alámbricas en Chile y Perú



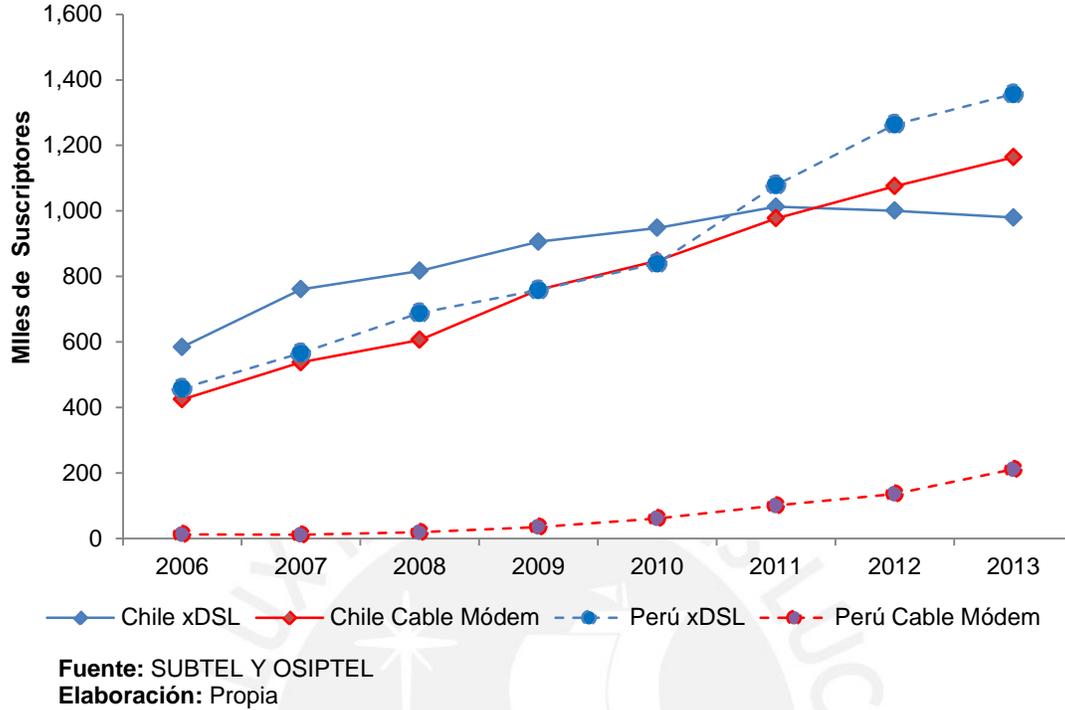
Fuente: SUBTEL Y OSIPTEL
Elaboración: Propia

Como se ha indicado en los capítulos precedentes, el servicio de banda ancha fija puede ser provisto en las redes de acceso de telefonía fija mediante la tecnología xDSL y en las redes de cable coaxial con la tecnología Cable Módem. Cabe precisar que a diferencia de lo observado en Norteamérica, donde fueron las empresas de televisión de cable las que primero ingresaron en el mercado de banda ancha, en Latinoamérica predomina la tecnología xDSL como efecto del poder de mercado de las empresas de telefonía fija. En efecto, son contados los países de la región donde se observa un operador de cable módem consolidado, se tiene por ejemplo a Chile, Brasil, Jamaica y Argentina.

En la ilustración N° 20 se puede apreciar que, a junio del 2014, el Perú tenía desplegadas 1.4 millones de conexiones xDSL y 243 mil de conexiones de cable módem, a su vez, Chile tenía Chile 988 mil líneas xDSL y 1.1 millones de conexiones de cable módem. En tal sentido, el desarrollo de la red xDSL es levemente mayor en el Perú respecto a Chile, mientras que el desarrollo de cable coaxial es considerablemente superior en Chile en comparación a Perú.

Precisamente, al 2014, la principal red de acceso a internet en Chile es de cable coaxial, escenario que contrasta con el caso peruano, donde las redes de cable módem sólo significan el 15% del mercado. Por lo tanto, es evidente que, en el Perú, las 930 mil líneas de cable coaxial no están siendo usadas eficientemente para proveer conectividad, y se las está restringiendo a la provisión del servicio convencional de televisión, a pesar de su alta capacidad para proveer servicios avanzados de internet.

Ilustración 20: Suscriptores de Banda Ancha Fija



El sector telecomunicaciones se encuentra en un proceso de adecuación de las clásicas redes de telefonía local y televisión de paga en redes de nueva generación o redes de banda ancha. En efecto, el proceso de modernización de la red de telefonía fija ha sido realizado de manera semejante en Chile y Perú. Así, casi el 50% de las líneas de telefonía fija tienen internet en Chile, y en el Perú el 60%.

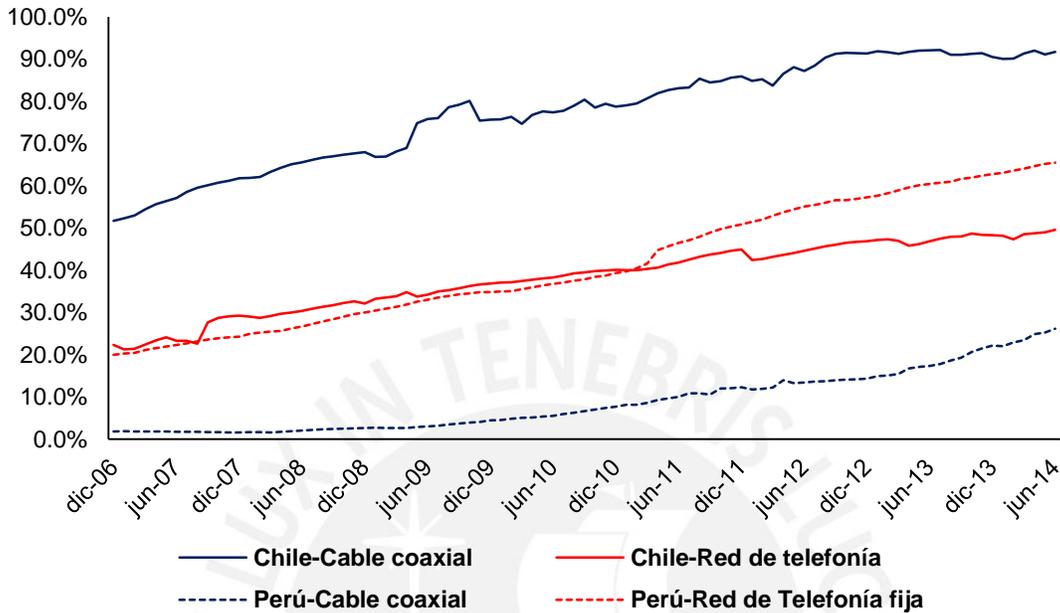
No obstante, en relación a la modernización de la planta de cable coaxial, el Perú evidentemente tiene un fuerte rezago, dado que tan solo el 26% de las conexiones ha sido adaptado para banda ancha. En contraste, en Chile casi el 90% de las conexiones de televisión de paga ha evolucionado a una conexión de nueva generación. Este aspecto constituye la más importante diferencia entre Chile y Perú en lo que se refiere a la provisión de banda ancha.

Al respecto, es necesario precisar que en el Perú, el principal operador de cable coaxial es la empresa Telefónica Multimedia, la cual es parte del grupo Telefónica. Es decir, es una subsidiaria de la empresa incumbente, por lo que el desarrollo de la red de cable coaxial se encuentra supeditado al desarrollo de la red de telefonía fija y, en general, a los intereses y estrategias comerciales del operador dominante en el mercado de telecomunicaciones.

Esta situación se debe principalmente a la ausencia de restricciones en el proceso de adquisición y fusión de empresas por parte de la empresa incumbente, la cual le ha permitido a Telefónica entrar en todos los mercados. Además, se debe mencionar que el

diseño de privatización fue el que permitió que Telefónica pueda tener concesiones en los mercados de telefonía fija y en televisión de cable.

Ilustración 21: Porcentaje de adecuación a banda ancha de las redes alámbricas



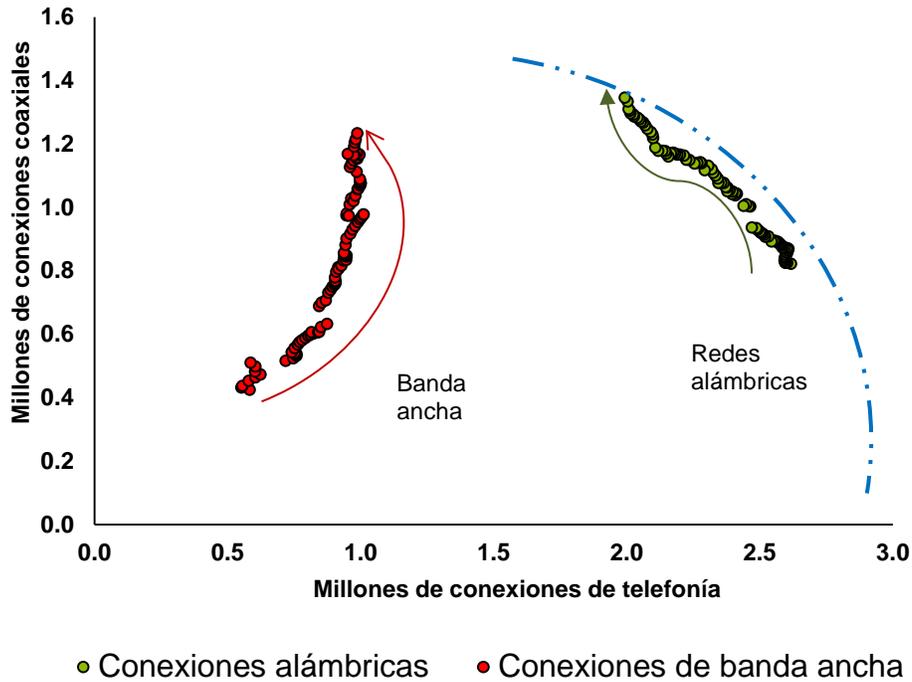
Fuente: SUBTEL Y OSIPTEL
Elaboración: Propia

A pesar del rezago existente entre Chile y Perú respecto a la modernización de la red de cable coaxial, la tendencia señala que las conexiones de cable módem adquirirán progresivamente una mayor importancia. En las Ilustraciones N° 22 y 23 se representa la relación entre la red de telefonía fija y la red de cable coaxial para el caso chileno y peruano, respectivamente.

Se podría imaginar una frontera de producción entre las dos tecnologías que componen la planta de redes alámbricas, cuyas realizaciones empíricas son los puntos verdes de cada ilustración. También se podría conjeturar que cada realización podría ser el resultado de un proceso de sustitución tecnológica o por la expansión de la frontera de producción. En el caso chileno se observa que la sustitución es más marcada, dado que la red de cobre se ha reducido y la red de cable coaxial ha crecido. En el caso peruano, parecería que más domina la expansión de la frontera de producción, probablemente porque se trata de un mercado en expansión.

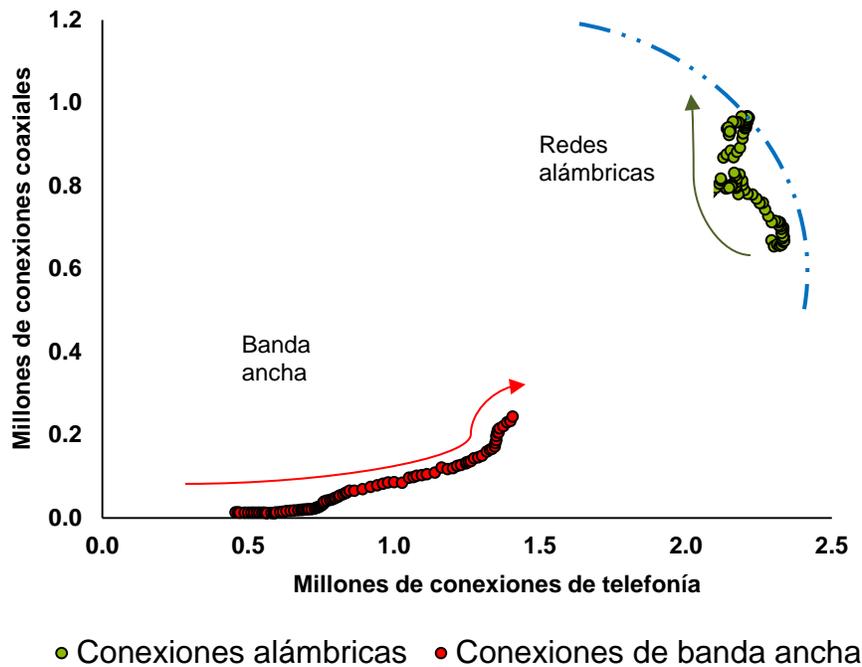
Asimismo, la renovación de la planta alámbrica a redes de nueva generación es un proceso que se refleja en la cantidad de conexiones xDSL y cable módem. En el caso de Chile ese proceso se desarrolla de manera favorable a las conexiones de cable módem, definiendo una relación de 1.2:1 entre el cable módem y el xDSL. En cambio, en el caso peruano el desarrollo se encuentra dominado por la tecnología xDSL, con una relación de 0.2:1.4 entre estas dos tecnologías, ver los puntos rojos de las siguientes ilustraciones.

Ilustración 22: Redes alámbricas y banda ancha en Chile (2006-2014)



Fuente: SUBTEL
Elaboración: Propia

Ilustración 23: Redes alámbricas y banda ancha en Perú (2006-2014)



Fuente: SUBTEL
Elaboración: Propia

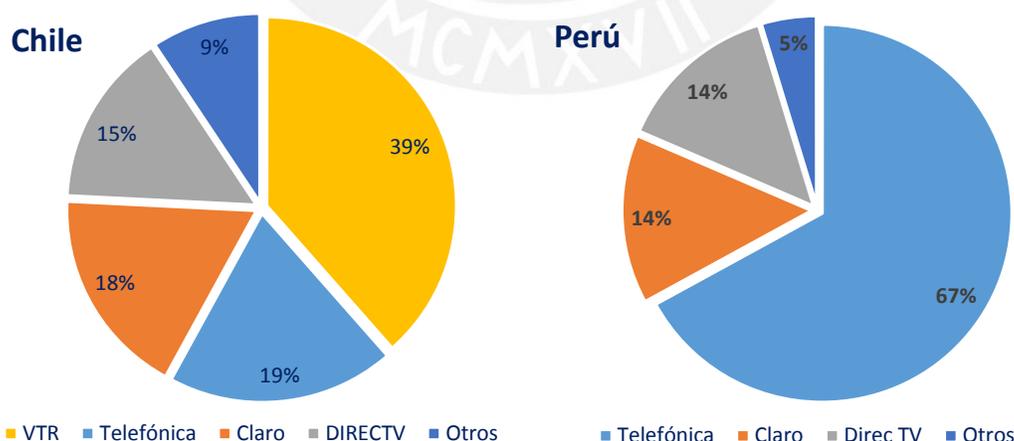
Por lo tanto, el desarrollo de las redes de cable coaxial constituye un factor importante en la dinámica del mercado de telecomunicaciones. La capacidad competitiva de las redes de cable coaxial no se limita a los servicios de banda ancha y televisión de paga, sino también al servicio de telefonía fija, mediante sus servicios de VoIP. En efecto, en Chile, la principal empresa de cable coaxial, VTR, ha logrado instalar 702 mil líneas de telefonía fija, lo que le ha convertido en el segundo proveedor de este servicio. En ese sentido, se podría decir que un acceso de cable módem se constituye en un sustituto perfecto de un acceso xDSL y, forman parte del mismo mercado.

b. Concentración de Mercado

En Chile y Perú, el mercado de televisión de paga se desenvuelve en una estructura medianamente concentrada, por lo que las empresas se comportan bajo un esquema oligopólico. En efecto, el principal proveedor de televisión de cable es la empresa VTR con un cuota de mercado de 39% al 2013, seguida por Telefónica Chile, Claro y DirecTV, las cuales tienen cerca del 17% del mercado cada una. Por otra parte, en el caso peruano se observa un mayor nivel de concentración de mercado, dado que Telefónica Multimedia (Cable Mágico) tiene una cuota de mercado de 67%, seguida por Claro y DirecTV con cerca de 14% del mercado cada una.

Propiamente, el mercado chileno de televisión de paga tiene un IHH³⁴ de 2,424 puntos, mientras que en el Perú este mismo índice se encuentra cerca de 4,901. Cabe precisar que, en el Perú el principal operador de cable, Telefónica Multimedia, es una empresa subsidiaria de la empresa incumbente de telefonía fija, Telefónica del Perú. Por lo tanto, en el Perú el mercado de televisión de paga tiene un menor nivel de competencia debido a la presencia del incumbente de telefonía fija, el cual apalanca su poder de mercado en este servicio y, desincentiva la entrada de más empresas.

Ilustración 24: Cuotas de Mercado del servicio de Televisión de paga –Diciembre 2013



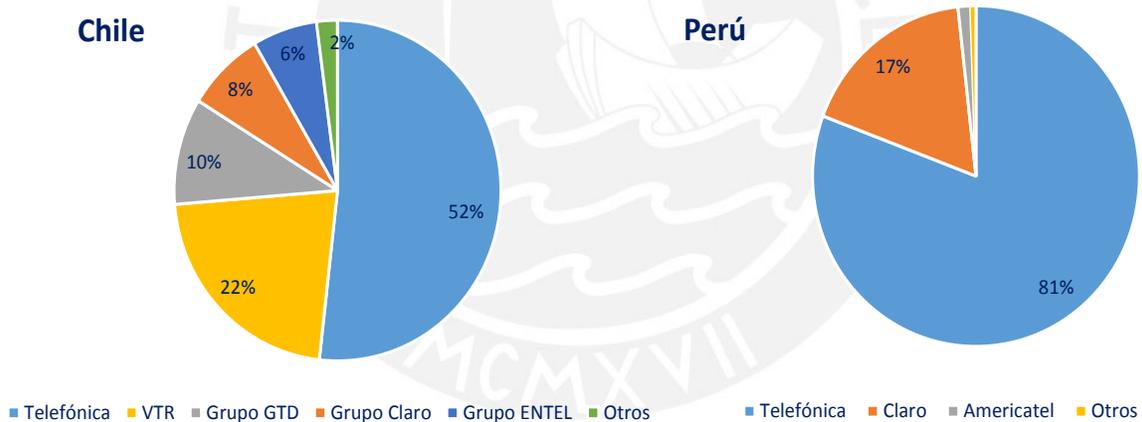
Fuente: OSIPTEL y SUBTEL
Elaboración: Propia

³⁴ Índice de Concentración de Herfindhal – Hirschman.

En particular, los procesos de privatización de las empresas de telefonía fija, realizados durante los años 90 en toda Latinoamérica, han influido profundamente en la estructura del mercado de telecomunicaciones de cada país. Precisamente, en los países que optaron por estructurar el mercado de telefonía fija con varias empresas regionales -por ejemplo Colombia, Argentina, Ecuador, Chile y Brasil, se ha logrado alcanzar mayores niveles de competencia y desarrollo que, en los países que optaron por una única empresa incumbente –el caso del Perú.

Así, en Chile, el índice IHH en telefonía fija es de 3,336.8 puntos, debido a que el incumbente (Telefónica Chile) tiene el 52% del mercado a diciembre del 2013, y el principal competidor (VTR, principal empresa de televisión de paga) tiene el 22% del mercado. Mientras que en el Perú el IHH de telefonía fija es de 6,827 puntos a diciembre del 2013, dado que el Grupo Telefónica tiene el 81% del mercado, manteniendo un estatus casi monopolístico³⁵. En consecuencia, en Chile, el esquema de privatización y el desarrollo de las redes de cable coaxial han significado la formación de competencia real para la empresa incumbente de telefonía fija, generando una estructura de mercado más saludable; mientras que en el Perú, la presencia del incumbente de telefonía fija en todos los mercados de telecomunicaciones le ha permitido mantener su posición de dominio.

Ilustración 25: Cuotas de Mercado del servicio de Telefonía Fija –Diciembre 2013



Fuente: OSIPTEL y SUBTEL

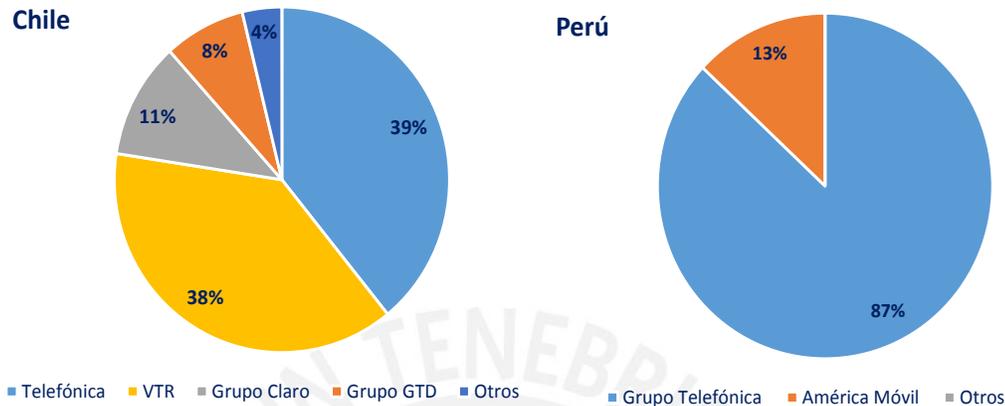
Elaboración: Propia

En el Perú, a diferencia de Chile, el mercado de banda ancha fija es altamente concentrado, y se encuentra dominado por la tecnología xDSL. En efecto, el servicio de banda ancha en el Perú, es dominado por el incumbente de telefonía fija, el cual tiene el 86.9% del mercado. En cambio, en Chile, Telefónica sólo alcanza el 39.15%. Así, a diciembre 2013, el IHH de banda ancha fija para Chile es de 3,183 puntos, mientras que para el Perú este índice es de 7,735 puntos, lo cual confirma una situación de muy alta concentración de mercado en el servicio de banda ancha para el caso peruano. Por lo

³⁵ Con Grupo Telefónica se incluye a las empresas Telefónica del Perú, Telefónica Multimedia, Telefónica Móviles y Star Global Com.

tanto, en Chile el servicio de banda ancha fija es oligopólico y, en el Perú, casi monopolístico.

Ilustración 26: Cuotas de Mercado del servicio de Banda Ancha -2013



Fuente: OSIPTEL y SUBTEL
Elaboración: Propia

2. Calibración de los Parámetros

En esta sección, se realiza la calibración de los parámetros en base a la información disponible en Chile y Perú.

a. El ciclo tecnológico

La innovación tecnológica refleja un proceso de mejora continua, donde la innovación inicial será perfeccionada, surgiendo así nuevas versiones mejoradas. En efecto, en el caso del servicio de banda ancha fija, las dos principales familias tecnológicas (Cable Módem y xDSL), dada su rivalidad, han estado en un proceso permanente de mejora, motivadas por la necesidad de mantenerse vigentes en el mercado y, responder a las nuevas necesidades de la demanda.

En el desarrollo de las tecnologías de banda ancha fija han confluído los intereses de importantes empresas de telefonía fija y televisión de cable. En el caso de las empresas de telefonía fija, motivadas por mantener el liderazgo, éstas han impulsado el desarrollo de la familia tecnológica xDSL. De forma semejante, el desarrollo de la familia tecnológica cable módem ha sido patrocinado por las empresas de televisión de cable, con la intención de extender sus actividades comerciales al mercado de banda ancha. Por lo tanto, el servicio de banda ancha es un caso ejemplar del impacto de la innovación tecnológica en el desempeño de una industria.

En el servicio de banda ancha, el resultado más tangible de la innovación tecnológica ha sido el progresivo incremento de las velocidades de transmisión. En el caso de los accesos de cable módem, las velocidades teóricas de bajada de las versiones DOCSIS 1.0 y la versión DOCSIS 3.0 son 27 Mbps y 160 Mbps, respectivamente. No obstante, en

el caso de la familia tecnológica xDSL, la oferta de mayores velocidades de bajada se encuentra condicionado a la distancia, por ese motivo de la versión inicial ADSL del 1999 que ofrecía teóricamente 10 Mbps, se ha llegado a la versión VDSL del 2006 que ofrece 50 Mbps. En ese sentido, la tecnología xDSL enfrenta un rezago frente a la tecnología cable módem.

El ciclo tecnológico de la tecnología DOCSIS debe analizarse en confrontación a la tecnología xDSL, es decir, cada vez que la diferencia entre ambas tecnologías se acorta, el ciclo entra en una fase decreciente, y viceversa. Considerando que la principal y más tangible diferencia es la velocidad teórica de bajada, se puede asumir como un proxy del ciclo tecnológico al ratio de velocidades del DOCSIS y el xDSL. Este ratio sería una adecuada representación del parámetro s_t en el tiempo y se puede construir a partir de la información reportada en el cuadro N° 4.

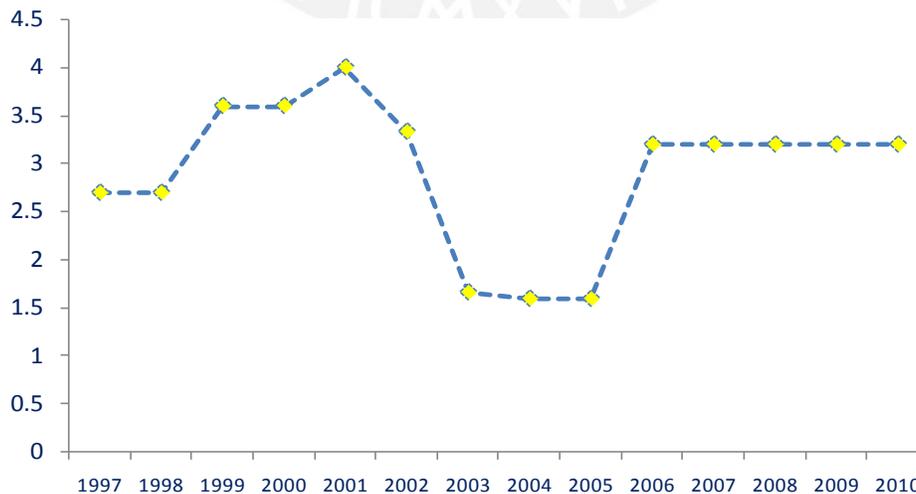
Cuadro N° 4: Evolución de la velocidad de acceso a banda ancha

Tecnología	1997	1999	2001	2002	2003	2004	2006
Cable módem	DOCSIS 1.0	DOCSIS 1.1	DOCSIS 2.0				DOCSIS 3.0
Mbps	27	36	40				160
xDSL	ADSL		ADSL2	ADSL2+	VDSL	VDSL2	
Mbps	10		12	24	25	50	

Elaboración: Propia

En ilustración N° 27, se observa que el ciclo tecnológico ha tenido una primera etapa entre el 1997 y el 2001, donde la tecnología DOCSIS era mejor que la tecnología xDSL. A pesar de ello, la masificación de este tipo de acceso sólo se ha hecho efectiva en los países con una amplia cobertura del servicio de televisión de paga. Además, los servicios que se ofrecían sobre internet eran muy básicos, de forma que resultaba innecesario para el consumidor promedio el tener velocidades tan altas.

Ilustración 27: Ratio de velocidad teórica de bajada DOCSIS/xDSL-Ciclo Tecnológico



Elaboración: Propia.

A partir del 2002, las empresas de xDSL reaccionan adoptando los estándares ADSL2 y ADSL2+. En este período se aprecia una masificación de las conexiones xDSL en casi todos los países, y la consolidación de las empresas de telefonía fija en el mercado de banda ancha. Por este motivo, el ciclo tecnológico de DOCSIS es decreciente hasta el 2006, año en el que se lanza al mercado el DOCSIS 3.0, una tecnología que tiene una capacidad de descarga de 160 Mbps, y que constituye un nuevo salto en el avance tecnológico. Es probable que la tecnología xDSL comience a salir del mercado, y que se inicie el proceso competitivo entre las tecnologías DOCSIS-Cable módem y FTTx. En efecto, en Chile, Telefónica ha comenzado a brindar ofertas de banda ancha de fibra óptica.

Por otra parte, se debe tomar en cuenta que existe un rezago (*lag*) entre la fecha de aprobación de un nuevo estándar tecnológico y la fecha de adopción –usualmente, es de cuatro años de rezago. En efecto, cada vez que se logra una innovación, se requiere pasar por una etapa de estandarización, la cual tiene aspectos técnicos y legales. Luego sigue un período de adopción e implementación, donde las empresas realizan pruebas técnicas, al mismo tiempo que capacitan a su personal para operar bajo el nuevo estándar. Sólo luego de estas etapas previas, el nuevo servicio sale al mercado, y empieza a competir. Es por este motivo que el ciclo tecnológico debe concebirse rezagado respecto al momento oficial en el que se aprueba un nuevo estándar, por ejemplo, el DOCSIS 3.0 fue aprobado en el 2006, pero su implementación todavía está en curso en muchos países.

En tal sentido, el ciclo tecnológico varía en cada país, según su nivel de desarrollo económico, la demanda de los usuarios y su cercanía geográfica con los países desarrolladores de nueva tecnología. Esto explica por qué en países como Bolivia y Paraguay todavía se comercializan velocidades bajas, mientras que, en los países europeos no sólo se ofrecen servicios de banda ancha de alta velocidad, sino que incluso ya se está observando el despliegue de una nueva tecnología, las redes FTTx.

Considerando que este trabajo busca analizar el ciclo tecnológico de la tecnología DOCSIS para Chile y Perú, se asumirá la forma de la curva representada en la ilustración N° 27, y a partir de ella se calibrarán los parámetros de la función s_t del modelo, es decir, se requiere determinar los valores de s_{10} , y_1 , ω_1 y ϕ_1 . En principio se considera que la forma del ciclo es la misma para ambos países, pero que la diferencia principal es el rezago. En efecto, se asume que el Perú tiene un mayor rezago en la adopción de nuevas tecnologías, principalmente motivado por el mayor desarrollo económico de Chile. Por lo tanto, los parámetros específicos para cada país deberán diferenciarse en ω_1 y ϕ_1 , es decir, el corrimiento de fase y la frecuencia angular. Los parámetros especificados para la función s_t se reportan en el cuadro N° 5.

Cuadro N° 5: Especificación de Parámetros del Ciclo Tecnológico

Parámetro	Perú	Chile
s10	3.18	3.18
y1	1.69	1.69
om1	0.02	0.018
phi1	0.1	1

Elaboración: Propia.

b. Diferenciación de la Calidad

La diferenciación de la calidad surge de las decisiones comerciales de las empresas, las cuales, determinan las velocidades de bajada que se comercializarán. Podrían elegir una estrategia seguidora y, ofertar una escalera de velocidades parecida a la del incumbente, o tal vez podría comportarse de manera más agresiva, con una oferta de calidad superior. En ese sentido, la información de velocidades ofrecidas es una fuente adecuada para calcular el nivel de diferenciación en calidad que existe entre las empresas. En el cuadro N° 6 se reporta las escaleras de velocidades de las principales empresas de Perú y Chile. Además, se calcula un ratio de diferenciación de calidad, que consiste en dividir la velocidad ofertada por la empresa entrante y la incumbente.

Cuadro N° 6: Diferenciación de la Calidad (dic 2013)

Chile		1.92
VTR (Mbps)	Telefónica (Mbps)	Ratio
10	4	2.5
20	15	1.3
Perú		1.1
Claro (Mbps)	Telefónica (Mbps)	Ratio
1	1	1.0
4	4	1.0
6	6	1.0
8	8	1.0
20	15	1.3
35	30	1.2
60	60	1.0

Fuente: Páginas web de las empresas

En principio, en la mayoría de los países desarrollados, las empresas de redes de cable coaxial ofrecen velocidades ampliamente superiores a las empresas de xDSL. Efectivamente, en el caso de Chile, la empresa VTR promocionó en el 2013, velocidades de 10 Mbps y 20 Mbps, mientras que Telefónica 4 y 15 Mbps³⁶. No obstante, en el caso peruano, la empresa entrante ha emulado la escalera de velocidades de la incumbente. Por lo tanto, de los resultados obtenidos se tiene que, en Chile, la empresa entrante ha logrado una diferenciación de 1.92 mientras que, en el Perú, la diferenciación es solamente de 1.1. El resto de parámetros han sido determinados con el objetivo de

³⁶ No se está considerando la oferta de acceso FTTx de Telefónica de Chile.

representar la menor diferenciación observada en el Perú, y garantizar que la curva ψ_t sea cóncava, (ver cuadro N° 7).

Cuadro N° 7: Especificación de Parámetros de la Diferenciación

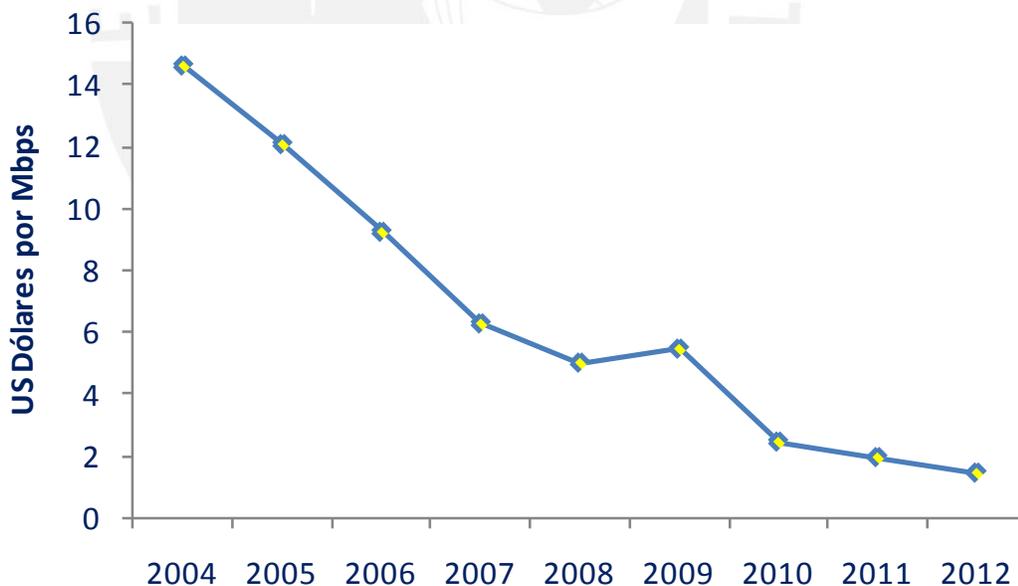
Parámetro	Perú	Chile
psi0	1.1	1.92
tau	-0.08	-0.65
w	-0.02	-0.02

Elaboración: Propia.

c. Precio de la Innovación (z)

El precio de innovación es el costo de adaptar la red a los nuevos equipos y técnicas de transmisión que implican la nueva tecnología. Típicamente, este costo de adopción suele ser más elevado para los primeros usuarios, pero se reducirá en la medida que un mayor número de empresas adopten la innovación. En el caso del precio de adopción del servicio de cable módem, se puede considerar que el precio por Mbps es un buen *proxy* del costo de adopción, dado que se ha ido reduciendo en el tiempo. Precisamente, el precio por Mbps en el servicio cable módem han pasado de \$ 14.01 en el 2004 a US \$ 2 en el 2012, como se puede apreciar en la ilustración N° 28.

Ilustración 28: Precio por Mbps en Banda Ancha de Cable Módem



Fuente: Point Topic, (2013) y Greenstein y McDevitt, (2010)

Elaboración: Propia

A partir de la información de la ilustración N° 28 se puede calibrar la función z_t , la cual se comporta como una función Gompertz inversa, con una tasa b y un parámetro de inflexión que puedan emular el precio por Mbps. En el cuadro N° 8 se reportan los valores de los parámetros que especifican la función z_t . Cabe precisar, que se está asumiendo que Perú

y Chile enfrentan el mismo proceso de reducción de costos de adopción, dado que este se fija a nivel internacional, en el mercado de innovación tecnológica.

Cuadro N° 8: Especificación de Parámetros de z

Parámetro	Perú	Chile
z_0	0.3	0.3
b	2.3	2.3
d	-0.01	-0.01

Elaboración: Propia.

d. El costo de capital

Para el caso de Chile, se asumirá el costo de capital estimado en el *Estudio para la Fijación de Tarifas de los Servicios Afectos a Fijación Tarifaria prestados por Telefónica Móviles Chile S.A. (período 2009-2014)*, según el cual el costo de capital es de 12.06% en dólares, sin impuestos. En el caso del Perú el costo marginal que se asume es el estimado en ocasión de la fijación del factor de productividad 2013-2016, el cual es de 6.49% para el 2012, en dólares después de impuestos.

e. Resumen de la calibración de parámetros

A partir de la calibración de los parámetros se ha logrado simular, para Chile y Perú, las principales ecuaciones del modelo. En el caso de la función del ciclo tecnológico, la principal diferencia entre los dos países bajo análisis se encuentra en los parámetros ω_1 y ϕ_1 , los cuales hacen que el ciclo tecnológico del Perú refleje un rezago respecto a Chile, como se puede observar en el tercer gráfico de la ilustración N° 29.

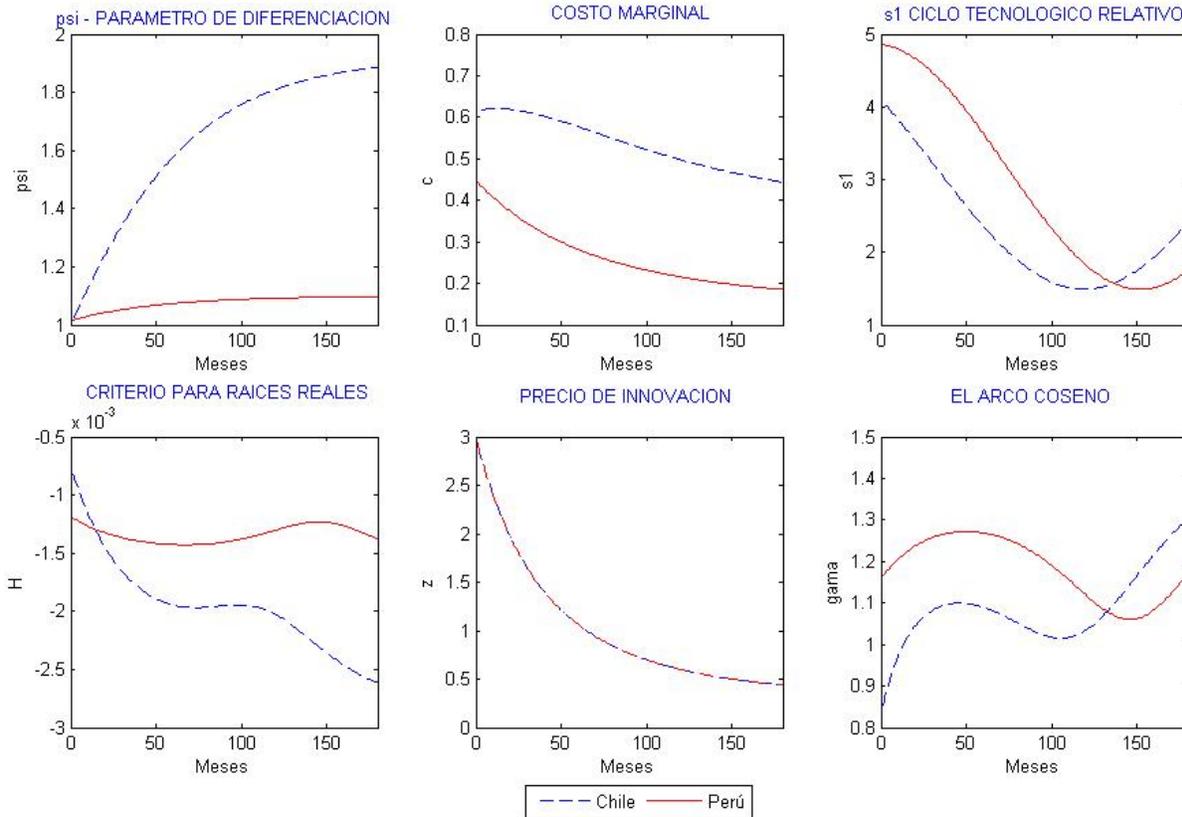
Respecto a la diferenciación en la calidad, los parámetros especificados para el Perú (ψ_0 , τ y w) permiten representar la menor diferenciación en calidad que se observa en nuestro país, la cual puede significar que el incumbente tiene la capacidad para mantener una escalera de velocidades competitiva, como también que el entrante no dispone de los elementos suficientes para diferenciarse. Por otra parte, si bien el precio de la innovación es el mismo para ambos países, el costo marginal de Chile es mayor que del Perú debido a la diferencias en los costos de capital.

Para un período de 185 meses, los parámetros calibrados cumplen con la condición H, la cual exige que sea menor a cero para que las soluciones se encuentren en el conjunto de números reales. Se debe tomar en cuenta además que la función H es decreciente, por lo que si se extendiera el período bajo análisis, la condición de negatividad de H se mantendría, y se podría seguir obteniendo soluciones dentro del conjunto de números reales. En la ilustración N° 29, también se grafica la función gamma (arco coseno), la cual es un insumo para la determinación de las cantidades de equilibrio.

Por otra parte, la especificación del ciclo tecnológico para Chile y Perú permite identificar el mes o período en el cual la tecnología de cable módem es abiertamente superior a la tecnología xDSL. Así, en el caso chileno, se observa que el ciclo tecnológico se torna favorable para el cable módem en el $t^* = 100$; mientras que, en el caso peruano, ello

sucede en $t^* = 150$. Esto significa también que, la ventaja tecnológica de la empresa entrante es decreciente hasta t^* , debido a que la tecnología xDSL todavía puede implementar algunas mejoras. Luego de t^* , la ventaja tecnológica de cable módem será creciente.

Ilustración 29: Principales funciones en Chile y Perú



Elaboración: Propia

3. Análisis contrafactual

Con los parámetros definidos en la sección anterior, a continuación se procederá a realizar el análisis contrafactual y la verificación de las hipótesis.

a. Porcentaje de Suscriptores de equilibrio

Como se ha indicado en el capítulo 3, los consumidores se distribuyen uniformemente respecto a su valoración por la calidad del servicio de banda ancha, variable θ , donde $\theta \in [0,1]$. Una parte de los consumidores no contratará el servicio ($\theta_i < \underline{\theta}$), debido a que su valoración es inferior al precio de suscribirse, mientras que otros contratarán el servicio de la empresa incumbente ($Q_1 = \hat{\theta} - \underline{\theta}$) y otros el servicio de la empresa entrante ($Q_2 = 1 - \hat{\theta}$). Cabe precisar que, en este análisis, Q_1 y Q_2 son porcentajes de consumidores que contratan con la empresa incumbente y entrante, respectivamente.

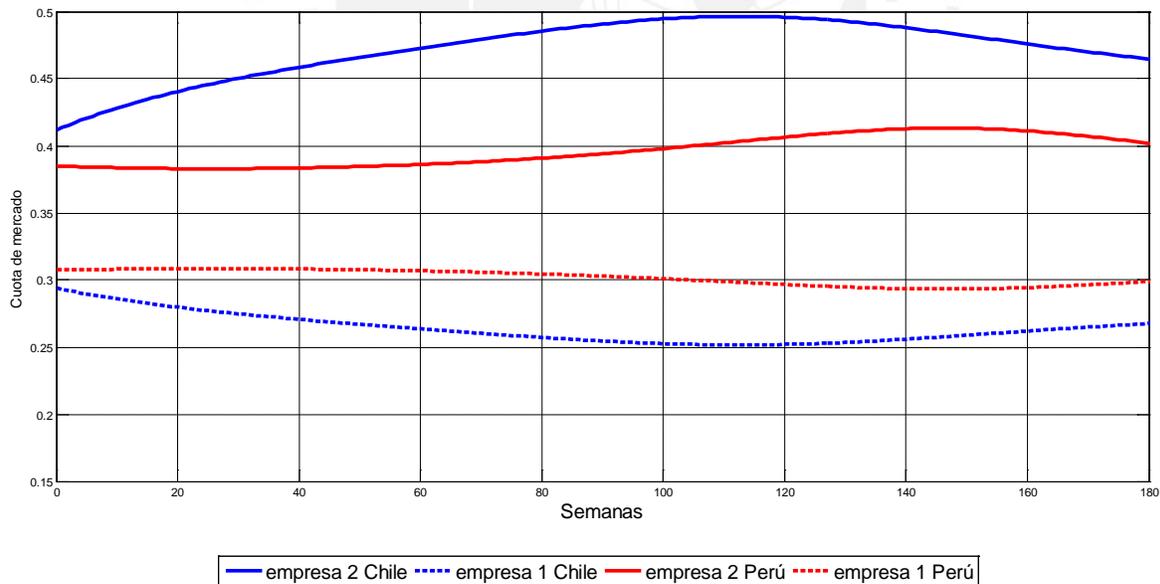
a.1 Escenario 1: Liderazgo de la entrante

Este escenario se caracteriza por el liderazgo de la empresa entrante, y el leve desplazamiento de la empresa incumbente. En efecto, en el caso peruano, de mínima diferenciación en calidad, el escenario 1 se hubiera caracterizado por una empresa incumbente que atiende al 30% de los consumidores, y una empresa entrante con 40% y, un 30% de no atendidos. En relación a Chile, se debería haber observado que la empresa incumbente se quedaba con el 27% de los consumidores, la empresa entrante con el 46%, y un 27% de no atendidos. Por lo tanto, la empresa entrante, si bien enfrenta inicialmente una fase decreciente del ciclo, buscará liderar el mercado de banda ancha con una estrategia basada en su ventaja en calidad. En cambio, la empresa incumbente, tratará de mantener una importante cuota de mercado.

A pesar que este escenario es el más adverso a la empresa incumbente, se puede apreciar que esta empresa mantendrá una importante cuota de mercado, debido principalmente a su ventaja en costos. Esto significa que la ventaja tecnológica de la empresa entrante no es suficiente para desplazar totalmente a la empresa incumbente y, que la estructura de mercado que debería resultar será de competencia duopólica con liderazgo de la empresa entrante.

Ilustración 30: Escenario 1

Nuevo liderazgo de la entrante



Elaboración: Propia

a.2 Escenario 2: Duopolio

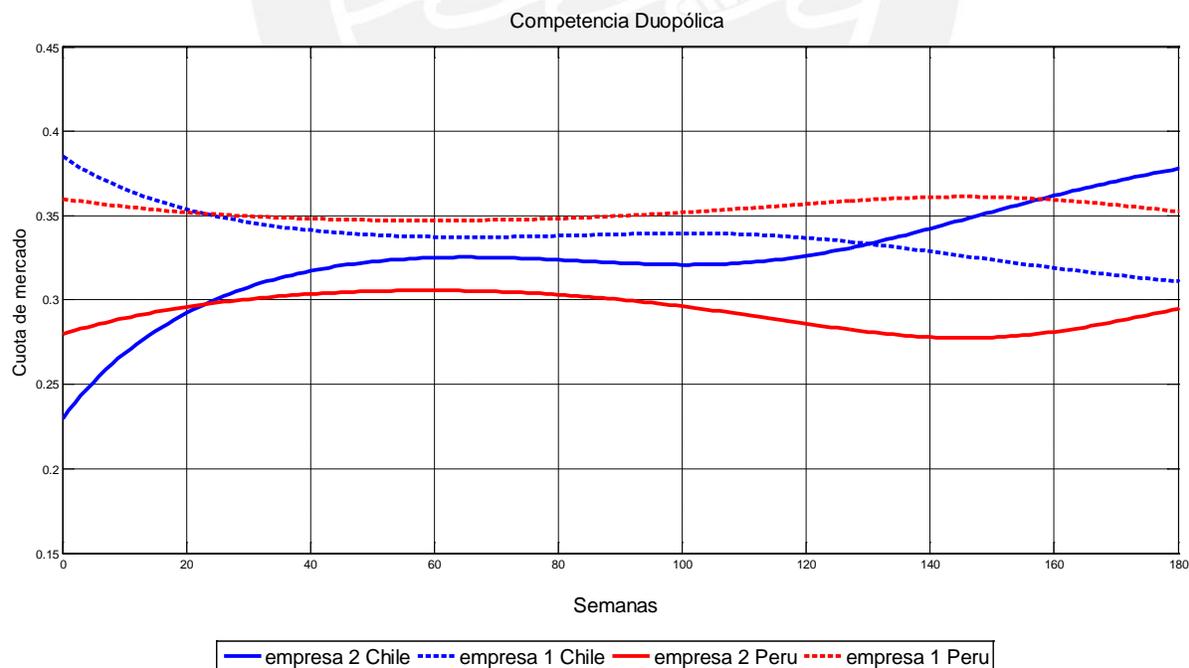
En el escenario 2, se observa una empresa entrante más cauta en su estrategia. Sus niveles de producción son conservadores en el tramo decreciente del ciclo, y se impulsan

en el tramo creciente. Precisamente, en la simulación hecha para Chile se observa que la empresa entrante inicia en casi 23% de los consumidores, luego se impulsa hasta $t = 60$, alcanzando el 32%, manteniéndose estable hasta $t = 100$, luego de lo cual se vuelve a impulsar gracias a la fase creciente del ciclo tecnológico. En cambio, en la simulación realizada para el Perú, la empresa entrante se mantiene casi estable entre 28% y 30 % de los consumidores, reflejándose leves períodos de crecimiento. Así, en este escenario, la empresa entrante se establece en el mercado, y espera el momento creciente del ciclo tecnológico para desarrollar una competencia más frontal.

Por otra parte, en esta simulación la empresa incumbente experimenta una contracción de su demanda proporcional al desarrollo de la empresa entrante. En la simulación realizada para Chile, la empresa incumbente inicia con 38% y termina con el 31%. En cambio, en el caso peruano, la empresa incumbente no experimenta una gran pérdida de mercado dado que, pasa de 36% a 35.5%. En ambos casos, la empresa incumbente mantiene una proporción significativa del mercado.

En este escenario, la tendencia es que la empresa entrante supere a la incumbente, principalmente cuando la fase creciente del ciclo tecnológico se inicia. Particularmente, en la simulación para Chile este cambio en el liderazgo en el mercado ocurre en $t = 130$. Por lo tanto, lo característico de este escenario es un nivel de competencia poco intenso, pero que logra el establecimiento de la empresa entrante y la configuración de un mercado duopólico.

Ilustración 31: Escenario 2



Elaboración: Propia.

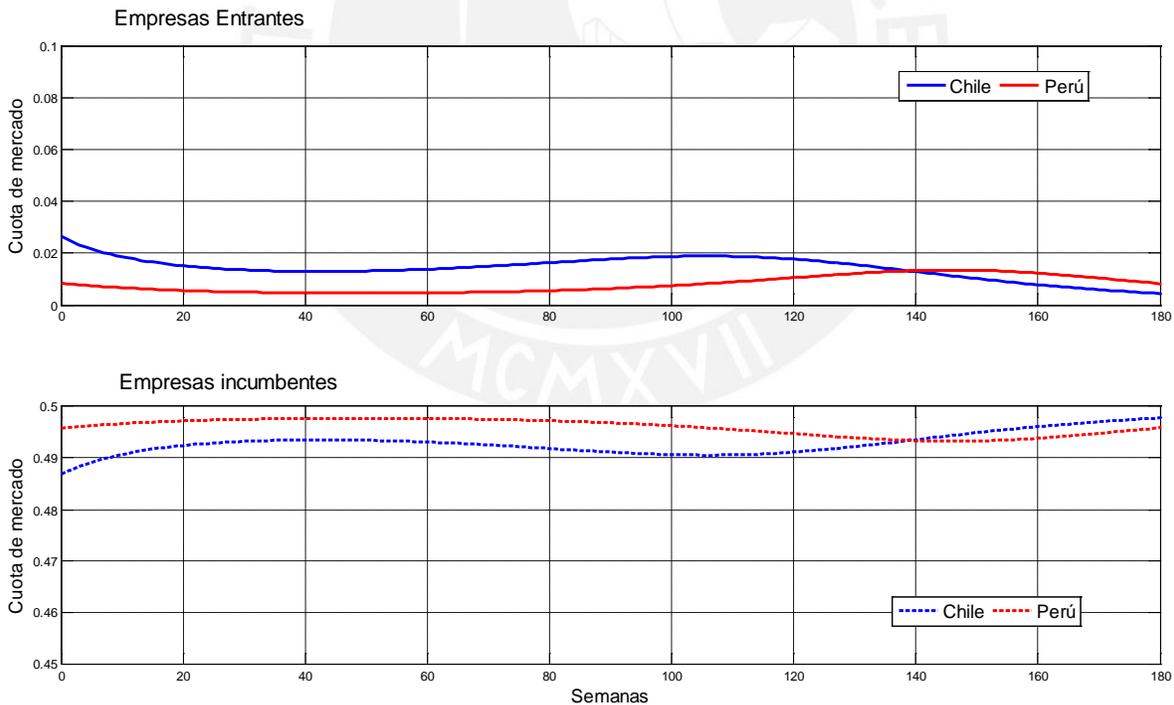
a.3 Escenario 3: Liderazgo de la empresa incumbente

Este escenario es el menos favorable para la empresa entrante, considerando que su entrada de la nueva empresa no se consolidará en el mercado. Al respecto, tanto la simulación para Chile como para Perú coinciden en los resultados, puesto que la empresa incumbente se mantiene con el 50% de los consumidores y, la empresa entrante obtiene menos 0.05%.

Este resultado se puede deber a una extrema precaución de la empresa entrante al momento de ingresar al mercado, generado posiblemente al temor de incurrir en pérdidas financieras. Esta conducta demasiado precavida podría inducir a la competencia a ingresar a una pequeña escala, evitando realizar grandes inversiones. También podría ser que la empresa entrante no disponga de solvencia financiera como para iniciar una competencia intensiva.

Prácticamente, en el escenario 3 el ciclo tecnológico no tendría ningún impacto en el mercado, dado que genera pequeñas variaciones en las cuotas de mercado. Esto se debe a que, en este mercado domina la empresa incumbente gracias a su ventaja en costos, a pesar de su desventaja tecnológica.

Ilustración 32: Escenario 3 – Liderazgo de la empresa incumbente



Elaboración: Propia.

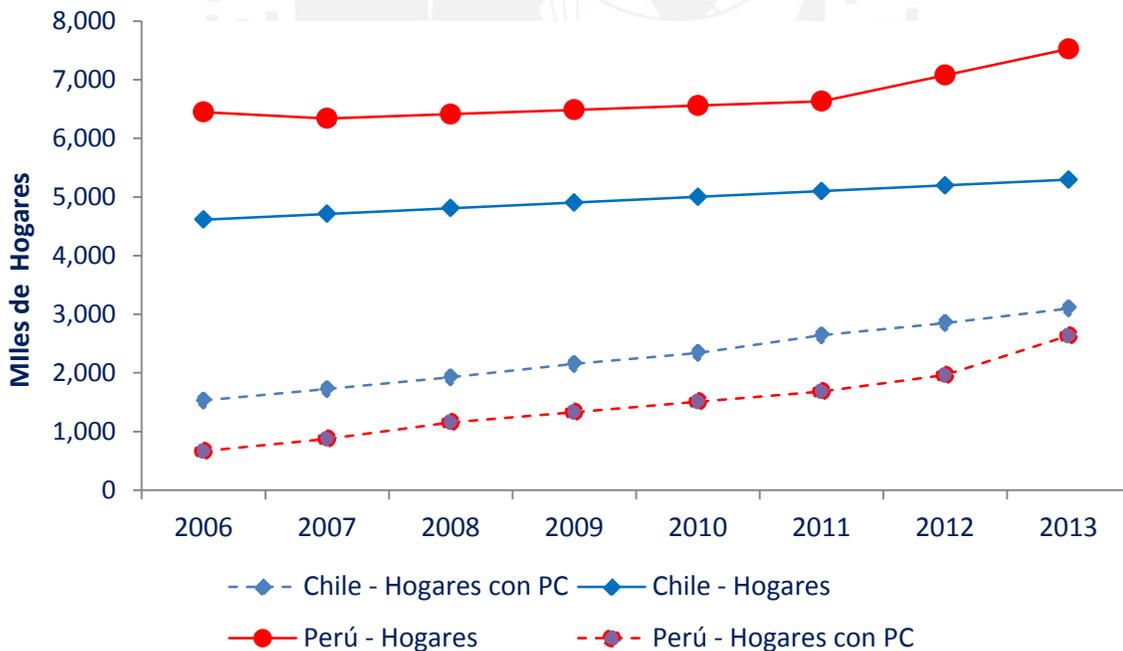
b. Contrastación de hipótesis

Propiamente el mercado de banda ancha no se compone por el número de habitantes de un país, principalmente porque un buen porcentaje de ellos o son menores de edad, o no forman parte del grupo de personas que toman las decisiones de consumo. En ese sentido, el indicador de densidad de consumo respecto a la población no resulta ser un buen indicador. Sería mucho más apropiado analizar el mercado en función del número de hogares, en especial si se trata del servicio de banda ancha fija.

No obstante, en la mayoría de los países, solamente una parte de los hogares tiene una computadora personal (PC). De esta manera, el mercado potencial de banda ancha propiamente se compone de todos los hogares con PC, pues estos hogares están tecnológicamente implementados para poder adquirir una suscripción de internet.

Entre el 2006 y el 2013 ha aumentado la cantidad de hogares con PC en Chile y Perú. Al respecto, en Chile la cantidad de hogares con PC ha pasado de 33.1% en el 2006 a 58.5% en el 2013. En el caso peruano, los hogares con PC han pasado de 10.3% en el 2006 a 35% en el 2013. Así, en Chile el mercado potencial de banda ancha es mayor que en el Perú, dado que hay cerca de 3 millones de hogares con PC y, en el Perú 2.6 millones.

Ilustración 33: Perú y Chile - Hogares con PC



Fuente: ITU, SUBTEL y OSIPTEL
Elaboración: Propia

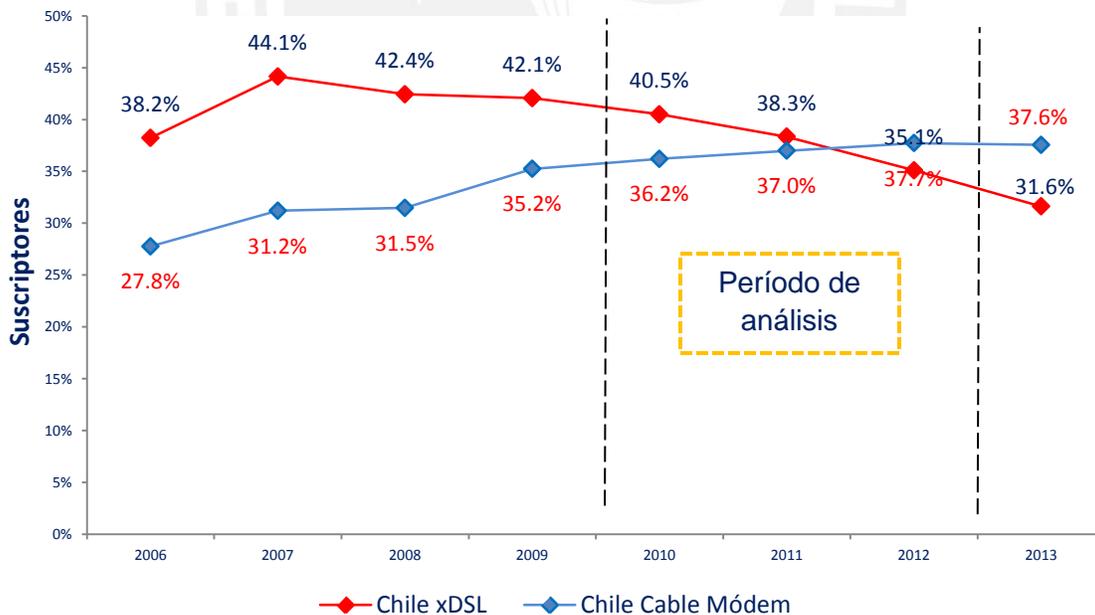
En este análisis la cuota de mercado o porcentaje de suscriptores surge de la cantidad de conexiones xDSL y cable módem respecto al total de hogares con PC. Por ejemplo, en Chile, al 2013, se tienen 979 mil conexiones xDSL y 1.16 millones de conexiones de cable

módem, de manera que respecto a 3 millones de hogares con PC, se tiene que el servicio xDSL tiene una cuota de 32% y el servicio de cable módem 38%. En cambio, en el Perú se tiene 1.4 millones de conexiones xDSL y 211 mil conexiones de banda ancha, lo cual significa que, frente a 2.6 millones de hogares con PC, el 51% tiene ADSL y el 8%, cable módem.

b.1 Hipótesis 1: caso chileno

Como se puede apreciar en la ilustración N° 34, las cuotas de mercado observadas en el mercado chileno -estimadas en función del número de hogares con PC, se desenvuelven de manera semejante a lo predicho en la simulación del modelo en escenario 2, ver ilustración N° 35. Así, según la simulación, la empresa entrante iniciaba con 24% y termina con 36% y, la empresa incumbente empieza con 38% y termina con 31.5%. Mientras que, en los hechos observados, la empresa entrante pasa de 27.8% a 37.6%, con una senda muy semejante a lo obtenido en la simulación del escenario 2 y; la empresa incumbente pasa de 38.2% a 31.6%. Más aún, en la simulación se predice que la tecnología cable módem superará al xDSL en $t=130$ y, en los hechos observados el servicio de cable módem supera al xDSL en el 2012. Por lo tanto, a partir de los resultados de la simulación para Chile, y considerando los datos empíricos, el escenario que explica mejor el mercado de banda ancha fija en Chile es el segundo.

Ilustración 34: Chile - Suscripciones de internet como porcentaje de hogares con PC

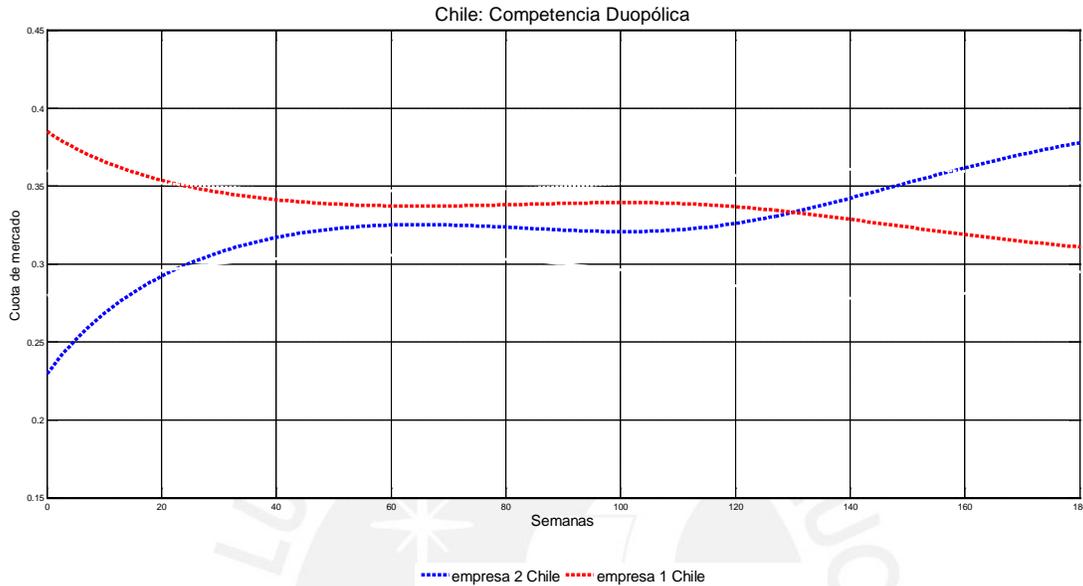


Fuente: ITU, SUBTEL y OSIPTEL
Elaboración: Propia

A partir de estos resultados se puede confirmar que bajo un escenario marcado de ciclos tecnológicos, la empresa entrante puede implementar una estrategia de diferenciación en

calidad. Particularmente, cuando el escenario macroeconómico es favorable, el rezago tecnológico se reduce y permite que la empresa entrante se consolide en el mercado, configurándose un escenario oligopólico.

Ilustración 35: Chile – Resultados de la calibración



Elaboración: Propia.

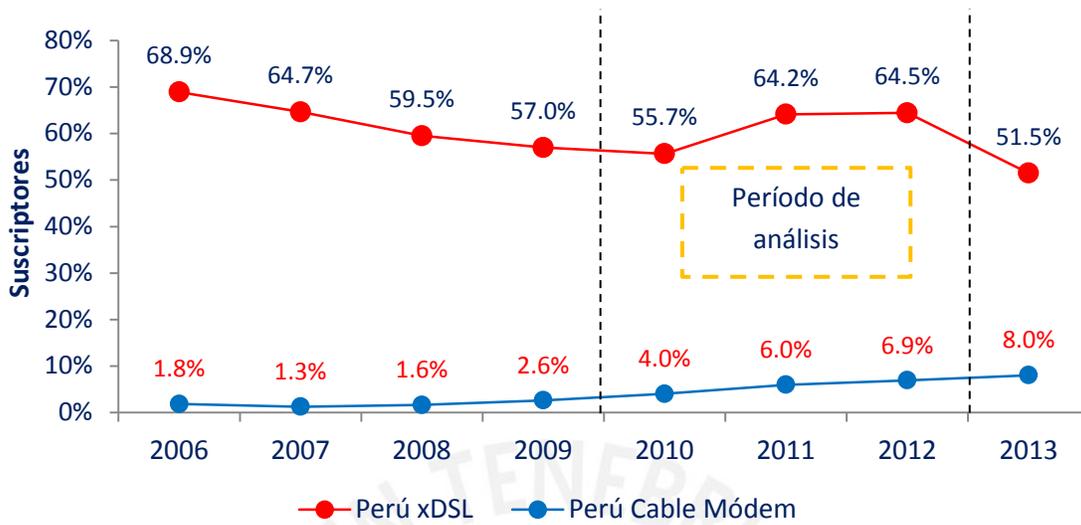
b.2 Hipótesis 2: caso peruano

En el Perú la empresa incumbente ha mantenido su liderazgo en el mercado de banda ancha, mientras que la empresa entrante no ha podido superar una cuota de mercado de 8%. De la misma manera, en la simulación realizada para el caso peruano, se encuentra que los resultados del tercer escenario indican que la empresa incumbente mantiene una cuota de 50%, y la cuota de la empresa entrante no supera el 1%, ver la ilustración N° 37.

Por otra parte, los hechos observados confirman que el escenario 3 es el correspondiente para el Perú. En efecto, se puede apreciar en la ilustración N° 36, que la empresa incumbente pasa de una cuota de mercado de 68.9% a 51.5% entre el 2006 y 2013, lo cual refleja que su liderazgo en el mercado no se ha debilitado. De misma manera, en el caso de las conexiones de cable módem, éstas han estado entre el 1.8% y el 8%, entre el 2006 y el 2013.

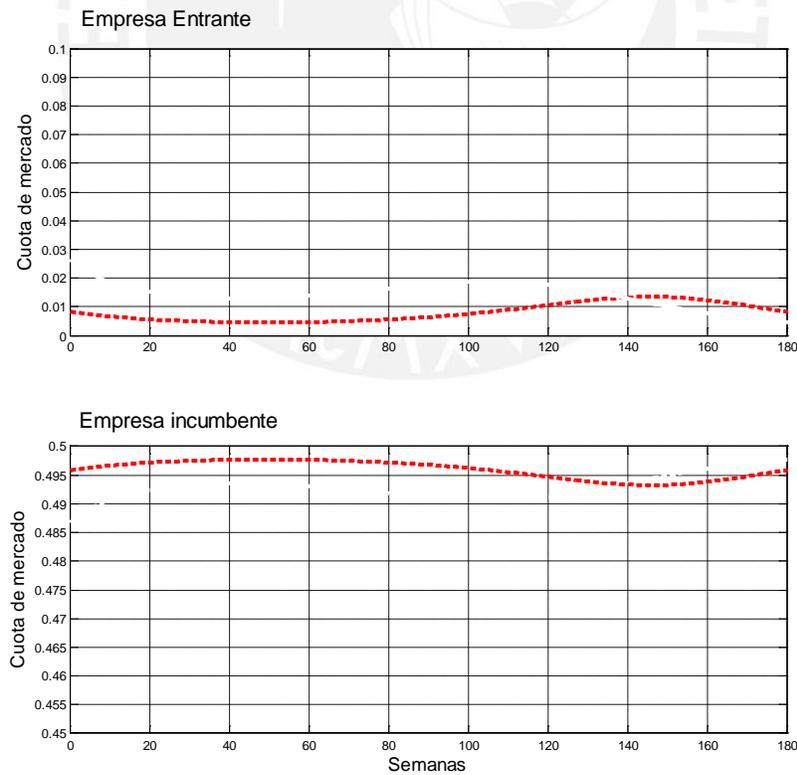
El escenario del mercado en el Perú se caracteriza por una presencia muy fuerte de la empresa incumbente de telefonía fija y, por el predominio de la tecnología xDSL. Este escenario se debe a que, en el Perú la principal empresa de televisión de cable es subsidiaria de la empresa de telefonía fija, y por lo tanto, no tiene incentivos para desarrollar el servicio de internet de cable coaxial.

Ilustración 36: Perú - Suscripciones de internet como porcentaje de hogares con PC



Fuente: ITU, SUBTEL y OSIPTEL.
Elaboración: Propia.

Ilustración 37: Perú – Resultados de la calibración



Elaboración: Propia.

En consecuencia, la simulación realizada para el tercer escenario se acerca a los hechos observados en el Perú. De manera que se puede afirmar que los efectos del ciclo tecnológico pueden ser atenuados por la empresa incumbente cuando existe un fuerte rezago tecnológico, reflejo de la situación económica, la cual en su conjunto disuade a la empresa entrante a competir frontalmente, y conduce a que la empresa incumbente masifique su servicio.

b.3 Hipótesis 3: efectos en el acceso y el bienestar

En el escenario 2, correspondiente al caso en el cual el entrante logra establecerse en el mercado, se puede apreciar que la estrategia de diferenciación genera un mayor número de hogares atendidos. La calibración hecha para Chile indica que el nivel de hogares atendidos se encontraría entre 61.5% a 68.8%, con una tendencia creciente, como se puede apreciar en la ilustración N° 38.

En cambio, según la simulación realizada para el Perú en el escenario 3, representado en la Ilustración N° 38, se observa que el porcentaje de hogares atendidos se encuentra dentro de un rango de 50.2% y 50.7%. Por lo que, según la calibración, el mercado en donde se consolida la competencia intermodal alcanzará mayores niveles de hogares atendidos, 61% por lo menos. Mientras que cuando la estrategia de masificación del incumbente se impone el nivel de hogares se encontrará cerca del 50% del mercado potencial.

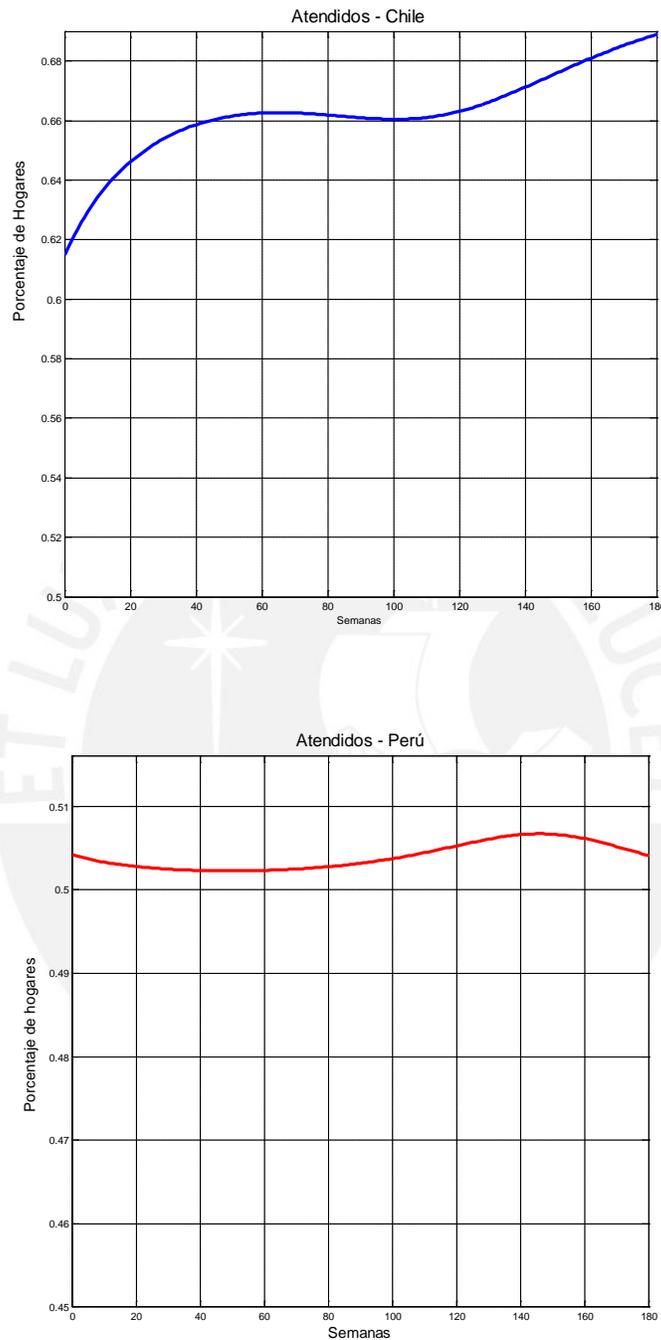
Mediante los datos empíricos obtenidos para Perú y Chile se puede confirmar que el porcentaje de hogares atendidos es mayor en Chile que en Perú, lo cual confirma que la competencia intermodal favorece el acceso al servicio de banda ancha. Por ejemplo, en el caso de Chile, el porcentaje de hogares atendidos era de 66% en el 2006 y, se incrementó a 69.2% en el 2013. En cambio, en el caso peruano, el porcentaje de atendidos se encontraba en 70.8% en el 2006 y, se redujo a 59.5% en el 2013.

Cabe recordar que el porcentaje de hogares atendidos se define con respecto a la cantidad de suscripciones de banda ancha entre el total de hogares con una computadora (PC), que sería el mercado potencial, dado que los hogares sin computadora se encuentran excluidos del mercado.

De manera, que la reducción del porcentaje de atendidos se podría deber a una tasa de crecimiento de hogares con computadora superior a la tasa de crecimiento de suscriptores de banda ancha. El detalle de la evolución del número de atendidos se puede apreciar en la ilustración N° 39.

Los países, como el Perú, cuyos resultados se asemejan al escenario 3, reflejan una cierta insensibilidad al ciclo tecnológico y a la competencia en calidad, de forma que el desarrollo de nuevas tecnológicas se encuentra altamente limitado, y tiene como consecuencia un menor número de hogares atendidos. Además, en el caso peruano se debe destacar que la empresa incumbente de telefonía fija, es también el principal proveedor de televisión de cable.

Ilustración 38: Porcentaje de Atendidos

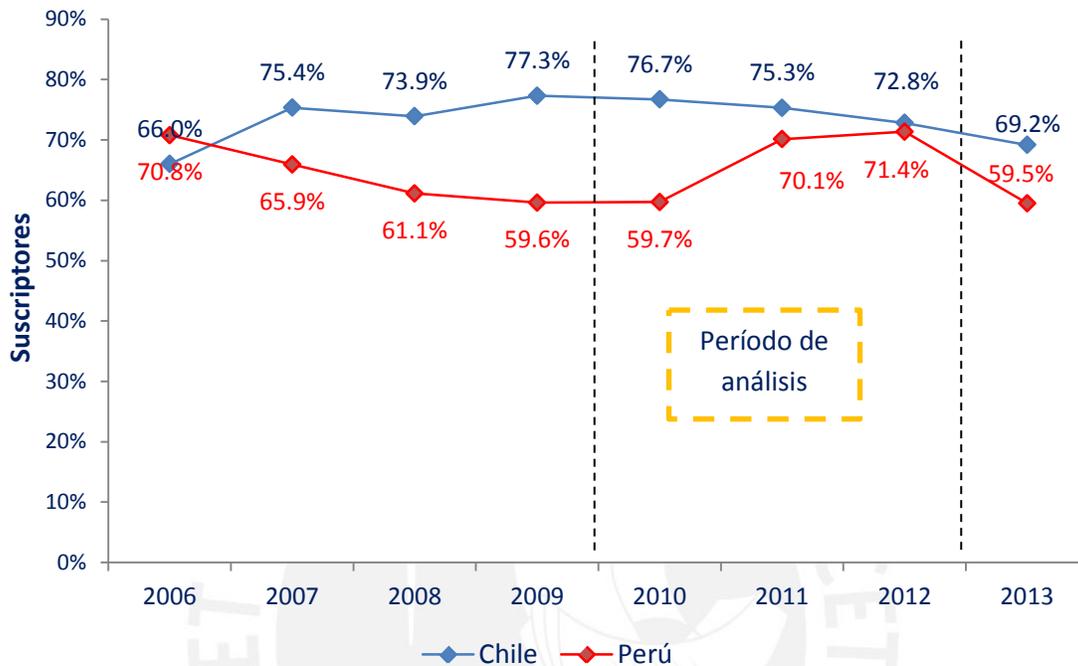


Elaboración: Propia.

En cambio, en países como Chile, cuyo desempeño se asemeja al escenario 2, se podría afirmar que el ciclo tecnológico influye relevantemente en el número de hogares atendidos, gracias al desarrollo de varias tecnologías alternativas. Esto demostraría la hipótesis planteada acerca de que la competencia intermodal tiene un efecto positivo en el

bienestar agregado de los consumidores, dado que la empresa incumbente tratará de mantenerse en el mercado masificando, y extendiendo el servicio a los hogares de menores recursos, compensando así la pérdida de clientes.

Ilustración 39: Porcentaje de hogares atendidos



Fuente: ITU, SUBTEL y OSIPTEL.
Elaboración: Propia.

En efecto, en Chile se ha generado una competencia intermodal entre la tecnología xDSL y Cable Módem, donde el ciclo tecnológico ha influido plenamente en las decisiones adoptadas en el mercado, gracias a un menor rezago tecnológico y una mayor prosperidad económica. De manera que, el número de hogares no atendidos ha disminuido, las redes alámbricas se han modernizado, y por tanto el bienestar social se ha incrementado.

CONCLUSIONES

En mercados con alto nivel de desarrollo tecnológico, donde continuamente surgen versiones mejoradas de la tecnología que se usa para producir un bien o servicio, como es el caso de mercado de banda ancha fija, se requiere analizar el desarrollo de la competencia en función del ciclo tecnológico. En efecto, dicho ciclo domina las decisiones de las empresas respecto a la adopción y difusión de un nuevo producto.

En ese sentido, la competencia intermodal es a la vez una competencia entre tecnologías sustitutas, como es el caso de la competencia entre la tecnología xDSL y Cable Módem, desarrolladas precisamente por las empresas de telefonía fija y las empresas de televisión de paga, respectivamente. En ese escenario, usualmente la empresa de telefonía fija tiene un poder de mercado superior debido a su presencia casi monopólica en el servicio de telefonía fija, mientras que las empresas de televisión de cable usualmente han crecido y existido en mercados competitivos.

De este modo, en el servicio de banda ancha confluye por una parte, las empresas de telefonía fija, con su típica estructura monopólica; y del otro lado, las empresas de televisión de cable que usualmente están acostumbradas a competir, como estrategia. Estas empresas de televisión de cable apostarán por la calidad de su servicio, dado que la empresa de telefonía fija dispone de facilidades para masificar su oferta de banda ancha.

Por tal motivo, el segundo capítulo ha estado dedicado a la revisión teórica de la competencia con diferenciación en calidad e innovación tecnológica, buscando vincular este tipo de competencia con la competencia intermodal y con las externalidades de red. Particularmente, se ha logrado determinar que la competencia en calidad (vertical) rivaliza con la competencia en marca (horizontal), de manera que cada empresa decidirá por una de ellas dependiendo de la sensibilidad del consumidor marginal.

Precisamente, la sensibilidad a la localización horizontal será más relevante ahí donde la empresa de televisión de paga tenga una reducida red propia, mientras que cuando sucede lo contrario se observará una mayor incidencia de diferenciación en calidad. Es así como en el caso chileno, la empresa VTR tiene una cantidad considerable de suscriptores de televisión de paga, lo cual le ha permitido expandir su servicio de banda ancha; mientras que, en el caso peruano, la empresa Claro no dispone de una gran red de cable coaxial, de forma que su posicionamiento en el mercado de banda ancha fija se encuentra de por sí bastante limitado.

Esta intuición ha sido formalizada en el tercer capítulo de este trabajo de investigación, donde además de asumir el modelo de Filippini y Vergari, se ha incluido en el modelo la conjetura acerca del ciclo tecnológico, el cual permite analizar el efecto de las diversas fases del desarrollo tecnológico, las cuales se caracterizan por una inicial exclusividad de la adopción, seguida luego por un acercamiento u homogenización tecnológica entre los competidores y finalmente cerrada por un nuevo impulso de innovación.

También se ha incluido un proceso de diferenciación en la calidad aplicado por la empresa entrante, dado que las empresas no adoptan una tecnología de manera inmediata, sino que la renovación es paulatina. Por este motivo, el indicador de diferenciación de la calidad es creciente, hasta llegar a su máxima diferenciación. Esto permite entender porque las empresas entrantes, a pesar de tener una mejor tecnología y potencialmente una mayor calidad, empiezan usualmente con bienes y servicios cercanos a los estándares.

En ese sentido, la lentitud de la empresa entrante en adaptar su red a la nueva tecnología le podría llevar a desaprovechar el ciclo tecnológico y, por tanto, a no lograr posicionarse en el mercado de banda ancha fija. En efecto, en el caso peruano es evidente que las empresas de televisión de paga no han tenido la suficiente capacidad tecnológica para diferenciarse rápidamente, o diferenciarse lo suficiente como para desplazar a la empresa incumbente. Cabe destacar que el principal operador de televisión de paga (Telefónica Multimedia) es una empresa subsidiaria de la empresa incumbente de telefonía fija, por lo que no existe un interés en desarrollar una competencia entre tecnologías.

Otro elemento importante que se ha incluido en el modelo planteado en el tercer capítulo es la función decreciente del precio de la innovación, la cual, en efecto, tiene como objetivo reflejar un aspecto que se observa en los hechos. Como se puede ver en el cuarto capítulo, el precio por Mb en las conexiones de cable coaxial ha descendido permanentemente desde el 2004, donde estaba en US \$ 14, y luego llegó a cerca de US \$ 2.0 en el 2012, lo cual refleja que la innovación tecnológica cuesta menos conforme va pasando el tiempo.

Tal vez uno de los elementos que caracterizan mejor este modelo es la inclusión de costos no lineales a la empresa entrante, los cuales surgen del planteamiento de una función de producción donde la innovación tecnológica tiene un efecto no lineal en la cantidad de suscripciones de banda ancha. Esta no linealidad conlleva a que el modelo tenga tres soluciones o escenarios.

El primer escenario se caracteriza por la presencia de una empresa entrante con capacidad competitiva y suficientemente agresiva, o también de empresas incumbentes que no disponen de la capacidad para responder. Por ejemplo, en los países donde se ha desarrollado el servicio de Cable Módem las empresas de telefonía fija no podían invertir en xDSL, dado que todavía estaban amortizando sus inversiones en RDSI.

En el tercer escenario la entrada de la empresa de televisión de paga fracasa en la provisión de banda ancha fija, debido a que ha elegido una estrategia demasiado conservadora y poco agresiva. También se puede deber a que la empresa incumbente dispone una capacidad significativa para hacerse con el mercado de banda ancha.

En el caso peruano, por ejemplo, la empresa incumbente es dueña de la principal empresa de televisión de paga, lo que hace que la empresa entrante no disponga de suficientes clientes de televisión sobre los que implementar el servicio de banda ancha. A

su vez, esto constituye una amenaza a la entrada, dado que el incumbente podría migrar rápidamente a ofrecer conexiones de cable módem.

El segundo escenario es un caso intermedio entre los dos escenarios anteriormente explicados, donde la empresa entrante asume una estrategia moderada pero efectiva, la cual le permite posicionarse de igual a igual con la empresa incumbente.

A partir de los hechos observados, así como de la simulación del modelo, se concluye que el escenario 2 es el correspondiente para Chile, dado que la empresa VTR efectivamente ha logrado hacerse un lugar en el mercado de banda ancha, ofreciendo un servicio de mayor calidad que el que ofrece Telefónica de Chile. Todo esto explica por qué Chile tiene un mayor nivel de cobertura y acceso de banda ancha, y por qué se encuentran tecnológicamente por delante del Perú.

En el caso peruano, el escenario 3 sería el que se acerca más a la realidad, dado que la empresa de telefonía fija ha logrado apalancar su poder de mercado sobre el servicio de banda ancha. Así, las empresas entrantes han ingresado al mercado con bastante precaución y se han mantenido dentro de sus nichos de mercado, lo cual en el largo plazo ha llevado a que salgan del mercado. En la actualidad, la empresa Claro ha realizado esfuerzos por revertir esta situación, que se ha reflejado en una mayor presencia en el mercado. Sin embargo, dicho esfuerzo es insuficiente como para afirmar que existe competencia en el mercado de banda ancha fija peruano.

En este trabajo se ha verificado que la estrategia de diferenciación en calidad promueve la competencia, lo cual genera que la empresa incumbente masifique el servicio xDSL como una forma de compensar su pérdida de cuota de mercado. De este modo, en aquellos países como Chile, los niveles de no atendidos son considerablemente inferiores en comparación a países como el Perú.

Por tal motivo, se considera que el desarrollo de la competencia intermodal mejora el bienestar agregado de los consumidores, dado que la empresa incumbente tenderá a compensar los clientes perdidos ofreciendo sus servicios a los hogares con menores ingresos.

Además, en el Perú la tecnología xDSL ha sido comercializada prolongadamente durante 14 años y no existen indicios de una migración a otro tipo de tecnología. Considerando que no existe presión competitiva para hacerlo, la empresa incumbente podría seguir explotando sus redes de cobre con pequeñas mejoras, lo cual en largo plazo nos llevarían a estar rezagados en términos de desarrollo digital.

El desarrollo de la competencia intermodal como objetivo de la política de competencia requeriría, en el caso peruano, algo más que la regulación *ex post*. Dado que existen razones estructurales que inducen a que el escenario 3 sea el correspondiente al Perú. Esta realidad podría llegar a ser un obstáculo para el desarrollo de cualquier otra tecnología de banda ancha fija, dado que la empresa incumbente no tiene incentivos para realizar otras inversiones en redes de acceso.

Una opción de política sería el control de estructuras, la cual permita que la empresa de telefonía fija se deshaga de su subsidiaria de televisión de paga. Esta medida podría poner al Perú inmediatamente en un nuevo escenario de mercado, mucho más competitivo y dinámico.



BIBLIOGRAFÍA

- Betancourt, J. C. (2004). *Evaluación de la Tecnología de Modem de Cable (DOCSIS) y Comparación con la Tecnología xDSL*. Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Blevins, J. (2009). A Fragile Foundation - The Role of "Intermodal" and "Facilities-Based" Competition in Communicatios Policy. *Alabama Law Review*, 241-289.
- Borreau, M., Dogan, P., & Manant, M. (2010). A critical review of the "ladder of investment" approach. *Telecommunications Policy*, 34(11), 683-696.
- Bourreau, M., & Dogan, P. (2002). Unbundling the Local Loop. *Working Paper 33648 - Harvard University Openscholar*.
- Cable Europe Labs. (2009). Cable Network Handbook. Overview of Architecture, Technical Features and Services of Integrated Broadband and Cable TV Networks. *Cable Europe Labs*.
- Cournot, A. (1838). *Mathematical Principles of the Theory of Wealth*. (N. T. Bacon, Trad.) New York: The Macmillan company.
- Filippini, L., & Vergari, C. (junio de 2012). Product Innovation in a vertically differentiated model. *Quaderni - Working Paper DSE(833)*.
- Greenstein, S., & McDevitt, R. (2010). Evidence of a modest price decline in US Broadband Services. *National Bureau of Economic Research (NBER) - Working paper(16166)*.
- Hotelling, H. (1929). Stability in Competition. *Economic Journal(39)*, 41-57.
- Katz, L., & Shapiro, C. (1985). Network Externalities, Competition, and Compability. *The American Economic Review*, 75(3), 424-440.
- Kleinrock. (2008). History of the internet and its flexible future. *Journal IEEE Wireless Communications*, 15(1), 8-18.
- Kleinrock, L. (1964). *Communication Nets; Stochastic Message Flow and Delay*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Large, D., & Farmer, J. (2009). *Broadband Cable Access Networks - the HFC Plant*. Barlington: Morgan & Hausman - Elsevier.
- Mussa, M., & Rosen, S. (1978). Monopoly and Product Quality. *Journal of Economic Theory(18)*, 301 - 317.
- Neven, D., & Thisse, J.-F. (1989). Choix des produits: concurrence en qualité et en variété. *Annales d'économie et statistique(15/16)*.
- Point Topic. (2013). Broadband Operators and Tariffs. *Point Topic*.

Pularikkal, B. (s.f.). Introduction to DOCSIS 3.0. Cisco System Inc.

Riordan, M. H. (1992). Regulation and preemptive technology adoption. *RAND Journal of Economics*, 23(3), 334-349.

Talvi, E., & Munyo, I. (junio de 2013). Latin America Macroeconomic Outlook. A Global Perspective. Are the Golden Years for Latin America Over? *CERES - Global Economy and Development*.



ANEXOS

Anexo N° 01: Modelo de Competencia con Diferenciación de Calidad en Banda Ancha

1. El Problema del Consumidor

Los consumidores se distribuyen según sus preferencias por la calidad, de forma que se encuentran dentro del espacio $\theta \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$, la función de utilidad es igual al excedente resultante de la valoración de la calidad del servicio (θs) y el precio del servicio de banda ancha (p):

$$U(\theta) = \theta s - p \quad (1)$$

Para la determinar la demanda correspondiente de cada empresa se requiere identificar el nivel de calidad del consumidor marginal:

$$\begin{aligned} \hat{\theta} s_1 - p_1 &= \hat{\theta} s_2 - p_2 \\ \hat{\theta} &= \frac{p_2 - p_1}{s_2 - s_1} \end{aligned} \quad (2)$$

Adicionalmente, asumiendo que se extrae la totalidad del excedente del consumidor de baja valoración:

$$\begin{aligned} \underline{\theta} s_1 - p_1 &= 0 \\ \underline{\theta} &= \frac{p_1}{s_1} \end{aligned} \quad (3)$$

La demanda de la empresa 1 será igual al nivel mínimo de provisión identificado en (3) y al nivel de calidad del consumidor marginal ($\hat{\theta}$); mientras que la demanda de la empresa 2 será igual al conjunto de consumidores que valoran más que $\hat{\theta}$, además para simplificar se asume que $\bar{\theta} = 1$.

$$q = \begin{cases} q_1 = \hat{\theta} - \frac{p_1}{s_1} \\ q_2 = 1 - \hat{\theta} \end{cases} \quad (4)$$

Considerando el valor de $\hat{\theta}$ indicado en (2), se obtiene las funciones de demanda directa de ambas empresas:

$$q = \begin{cases} q_1 = \frac{p_2}{s_2 - s_1} - \frac{s_2 p_1}{s_1 (s_2 - s_1)} \\ q_2 = 1 - \frac{p_2}{s_2 - s_1} + \frac{p_1}{s_2 - s_1} \end{cases} \quad (5)$$

Para simplificar el análisis se asumirá que $b = (s_2 - s_1)^{-1}$ y $bd = s_2 s_1^{-1} (s_2 - s_1)^{-1}$, así las funciones de demanda se pueden expresar de la siguiente manera:

$$q = \begin{cases} q_1 = bp_2 - bdp_1 \\ q_2 = 1 - bp_2 + bp_1 \end{cases} \quad (6)$$

En vista que, en un modelo de Cournot, se optimiza respecto a las cantidades, se requiere establecer las demandas indirectas, por lo que se procederá a despejarlas matricialmente:

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 - 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -bd & b \\ b & -b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Despejando respecto a los precios:

$$\begin{bmatrix} p_2 \\ p_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -bd & b \\ b & -b \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 - 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} p_2 \\ p_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -b & -b \\ -b & -bd \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 - 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Finalmente, se tiene que este sistema de ecuaciones es igual a la siguiente expresión:

$$\begin{bmatrix} p_2 \\ p_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -1 & -d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 - 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Considerando que $\frac{1}{b(1-d)} = s_1$ y $\frac{d}{b(1-d)} = s_2$, el resultado se simplifica en lo siguiente:

$$\begin{bmatrix} p_2 \\ p_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -s_1 & -s_1 \\ -s_1 & -s_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 - 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Así, finalmente la demanda inversa de cada empresa es:

$$p_1 = s_1[1 - q_1 - q_2] \quad (12)$$

$$p_2 = s_2 - s_1q_1 - s_2q_2 \quad (13)$$

Si se asume que $s_2 = \psi s_1$, la función de demanda de la segunda empresa se puede expresar de la siguiente manera:

$$p_2 = s_1[\psi - q_1 - \psi q_2] \quad (14)$$

Y el consumidor marginal será:

$$\hat{\theta} = \frac{p_2 - p_1}{s\psi - s} \quad (15)$$

2. Determinación de las funciones de costos

La empresa entrante que innova en nueva tecnología minimiza la siguiente función de costos:

$$\min_{k, a} C = rk + za \quad (16)$$

$$\text{Sujeto a: } q_1 = a^\beta k$$

La función Lagrangeana correspondiente a este problema es igual a la siguiente expresión:

$$\mathcal{L} = rk + za + \lambda[q_2 - a^\beta k] \quad (18)$$

Las condiciones de primer orden son las siguientes: $r - \lambda a^\beta = 0$ y $z - \lambda \beta a^{\beta-1} k = 0$.

Despejando se obtiene la relación de sustitución técnica:

$$\frac{r}{z} = \frac{a}{\beta k} \quad (19)$$

Las demandas de factores se definen de la siguiente manera:

$$a = \left[\frac{\beta r}{z} q \right]^{\frac{1}{1+\beta}} \quad \text{y} \quad k = q^{\frac{1}{1+\beta}} \left[\frac{z}{\beta r} \right]^{\beta/(1+\beta)} \quad (20)$$

Finalmente, la función de costos de la empresa será la siguiente:

$$C = r q^{\frac{1}{1+\beta}} \left[\frac{z}{\beta r} \right]^{\beta/(1+\beta)} + z \left[\frac{\beta r}{z} q \right]^{\frac{1}{1+\beta}} \quad (21)$$

Asumiendo que $\beta = 1$, entonces la función de costos se modifica de la siguiente manera:

$$C = q^{1/2} [rz]^{1/2} \quad (22)$$

Y además, la función de demanda de los factores será:

$$a = \left[\frac{r}{z} q \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{y} \quad k = q^{\frac{1}{2}} \left[\frac{z}{r} \right]^{1/2} \quad (23)$$

Asumiendo que la diferenciación en calidad depende de los precios relativos de los factores de producción:

$$\psi = \frac{r}{z} > 1 \quad (24)$$

De forma que:

$$a = [\psi q]^{\frac{1}{2}} \quad \text{y} \quad k = \left[\frac{q}{\psi} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (25)$$

La diferenciación vertical, desde el punto de vista de los costos, implica que un mayor precio relativo de la infraestructura (k) inclina a la empresa en invertir en activos que mejores su rendimiento tecnológico (a).

3. Competencia a lo Cournot

Para simplificar la notación se asumirá que $s_1 = s$:

$$p_1 = s[1 - q_1 - q_2] \quad (26)$$

$$p_2 = s[\psi - q_1 - \psi q_2] \quad (27)$$

Además se asumirá que la empresa incumbente tiene costos marginales igual a cero, dado que, en su nivel de producción y de escala, por cada nueva conexión no incurre en un costo significativo. De esta manera, las funciones de beneficio serían las siguientes:

$$\pi_1 = s[1 - q_1 - q_2]q_1 \quad (28)$$

$$\pi_2 = s[\psi - q_1 - \psi q_2]q_2 - c q_2^{1/2} \quad (29)$$

$$\text{Donde } c = 2(r + z + \beta)^{\frac{1}{2}}z$$

De esta manera, las condiciones de primer orden para cada empresa son las siguientes:

$$s[1 - q_1 - q_2] - s q_1 = 0 \quad (30)$$

$$s[\psi - q_1 - \psi q_2] - s \psi q_2 - \frac{c}{2} q_2^{-1/2} = 0 \quad (31)$$

Despejando se obtienen la función de reacción de la empresa incumbente:

$$q_1 = \frac{[1 - q_2]}{2} \quad (32)$$

Con este resultado se puede obtener el nivel de equilibrio de la empresa entrante:

$$s[\psi - q_1] - 2s\psi q_2 - \frac{c}{2} q_2^{-1/2} = 0 \quad (33)$$

$$s \left[\psi - \frac{1}{2} \right] + \frac{1-4\psi}{2} s q_2 - \frac{c}{2} q_2^{-1/2} = 0 \quad (34)$$

$$s \left[\psi - \frac{1}{2} \right] + \frac{(1-4\psi)s q_2}{2} - \frac{c}{2} q_2^{-1/2} = 0 \quad (35)$$

$$\frac{(1-4\psi)s}{2} q_2^{3/2} + s \left[\psi - \frac{1}{2} \right] q_2^{1/2} - \frac{c}{2} = 0 \quad (36)$$

Realizando un cambio de variable, donde $q_2^{1/2} = \hat{q}$

$$\frac{(1-4\psi)s}{2} \hat{q}^3 + s \left[\frac{2\psi-1}{2} \right] \hat{q} - \frac{c}{2} = 0 \quad (37)$$

$$\hat{q}^3 + \frac{2\psi-1}{1-4\psi} \hat{q} - \frac{c}{(1-4\psi)s} = 0 \quad (38)$$

Con la finalidad de resolver este problema con raíces cúbicas se asumirán las siguientes definiciones:

$$\ddot{Q} = \frac{2\psi-1}{3(4\psi-1)} y R = \frac{c}{2s(4\psi-1)} \quad (39)$$

La condición para obtener raíces reales es que: $R^2 - \ddot{Q}^3 < 0$.

De esta manera, las cantidades de equilibrio de q_1 y q_2 serán igual a:

$$q_1^* = \begin{cases} 4\ddot{Q}\cos^2\left(\frac{\gamma}{3}\right) \\ 4\ddot{Q}\cos^2\left(\frac{\gamma-2\pi}{3}\right) \\ 4\ddot{Q}\cos^2\left(\frac{\gamma+2\pi}{3}\right) \end{cases} \quad y \quad q_1^* = \begin{cases} \frac{[1-4\ddot{Q}\cos^2\left(\frac{\gamma}{3}\right)]}{2} \\ \frac{[1-4\ddot{Q}\cos^2\left(\frac{\gamma-2\pi}{3}\right)]}{2} \\ \frac{[1-4\ddot{Q}\cos^2\left(\frac{\gamma+2\pi}{3}\right)]}{2} \end{cases} \quad (40)$$

Donde: $\gamma = \text{Acos}\left(R/\sqrt{\ddot{Q}^3}\right)$.



Anexo N° 02: Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realiza para cada parámetro del modelo y consta de dos etapas. En la primera se asignan valores a todos los parámetros, y luego se hace variar el parámetro bajo estudio hasta llevarlo a sus valores críticos.

En la segunda etapa, se analiza la sensibilidad de los resultados finales frente a variaciones del 1% en el parámetro bajo estudio, de forma que se pueda identificar que parámetros que influyen más en los resultados finales.

1. Análisis del parámetro s_{10}

a. Valores Críticos

Para este análisis se están asumiendo los siguientes valores:

Cuadro N° 9: valores para s_{10}

Parámetro	Simulación 1
s_{10}	3.14
y_1	1.5
om_1	0.018
ϕ_1	2.14
z_0	1
b	0.05
d	0.005
r	0.1
ψ_0	1.1
τ	-0.08
w	-0.03

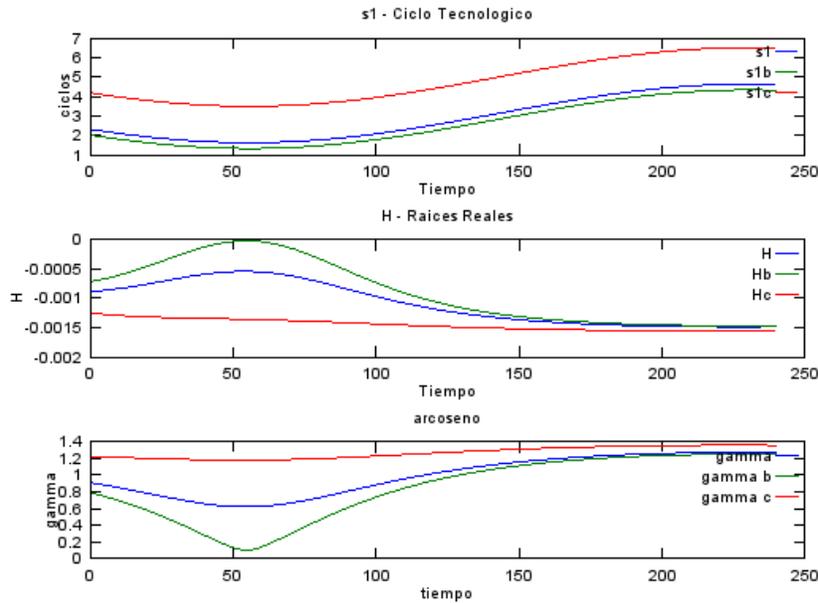
Elaboración: Propia

Bajo los valores indicados en el cuadro N° 9, se ha identificado que el parámetro s_{10} puede reducirse hasta 1.5, por debajo de este nivel la condición H deja de ser negativa y no se podrían tener soluciones reales, como se puede apreciar en el segundo gráfico de la Ilustración N° 38.

Por otra parte, técnicamente el parámetro s_{10} podría incrementarse infinitamente, pero por encima de 5, las variaciones de este parámetro no tendrían ningún efecto significativo en los resultados finales.

Las reducciones del parámetro s_{10} desplazan hacia abajo la curva del ciclo tecnológico (s_1), de forma que existe una relación positiva entre s_{10} y s_1 , esto se puede apreciar en el primer gráfico de la Ilustración N° 40, donde la curva de color verde representa una reducción, y la curva de color rojo un incremento. De la misma manera, la función gamma (γ_t) mantiene una relación positiva con el parámetro s_{10} , lo cual influye directamente en las cantidades de equilibrio.

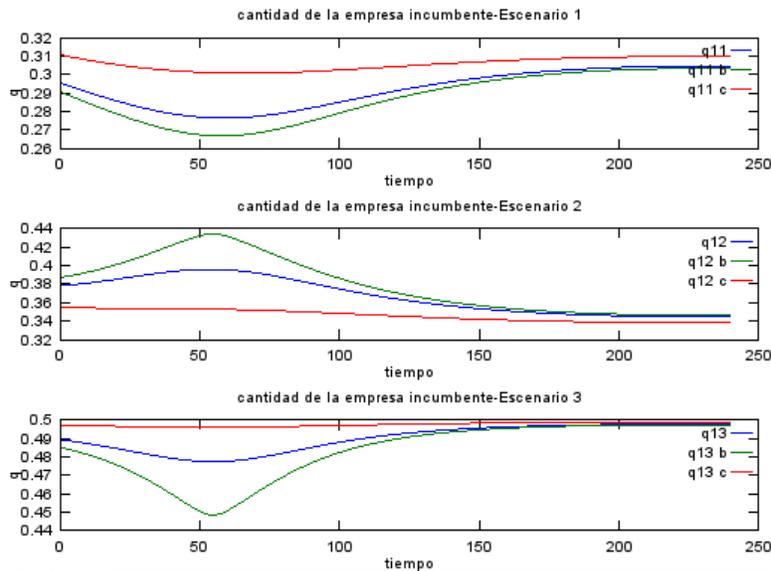
Ilustración 40: Efecto de s_{10} en las principales funciones



Elaboración: Propia

Con respecto a la empresa incumbente, una reducción de s_{10} implica una menor cantidad de equilibrio en los escenarios 1 y 3, mientras que será favorable en el escenario 2, como se puede apreciar en la Ilustración N° 41.

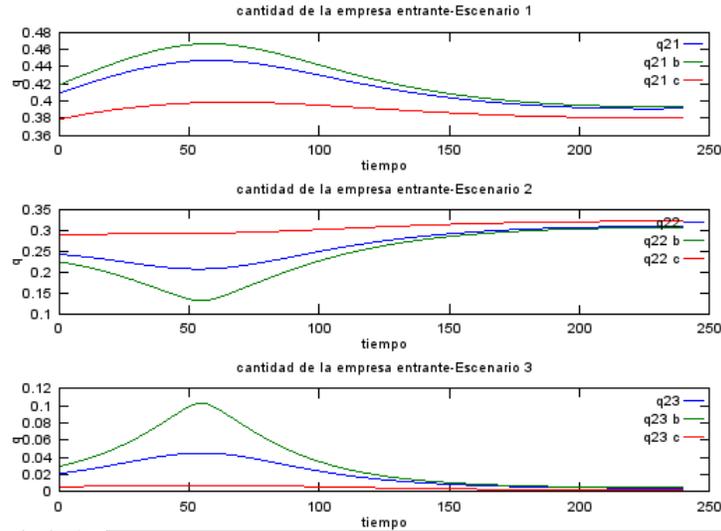
Ilustración 41: Efecto de s_{10} en las Cantidades de la Empresa Incumbente



Elaboración: Propia

En el caso de la empresa entrante, una reducción de s_{10} incrementa la cantidad de equilibrio en los escenarios 1 y 3, pero lo reduce en el escenario 2. Esto se debe a que, en el escenario 2, las cantidades de equilibrio de la empresa entrante son más sensibles al valor del índice del ciclo antes que a la forma, mientras que, en los demás casos un mayor valor promedio s_1 tiene como efecto darle ventaja a la empresa incumbente.

Ilustración 42: Efecto de s_{10} en las Cantidades de la Empresa entrante

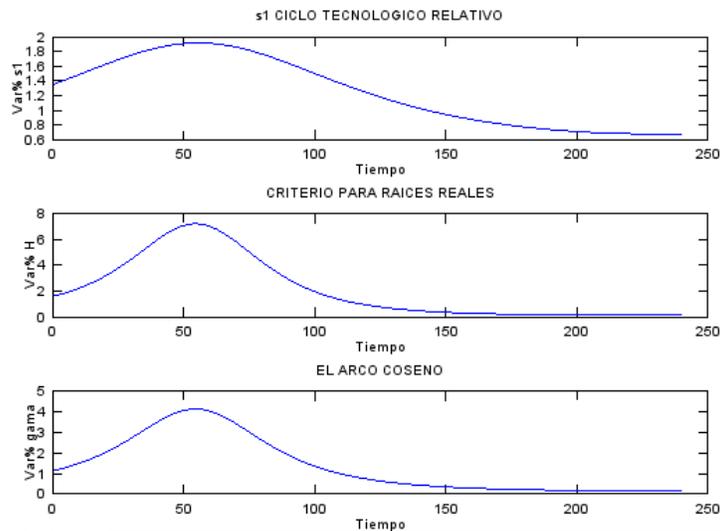


Elaboración: Propia

b. Sensibilidad ante una variación de 1%

Se observa que el ciclo tecnológico se modifica inicialmente en 1.4%, efecto que irá en aumento hasta $t = 50$, donde llega a cerca de 2.1%, para luego decrecer hasta llegar a cerca de 0.6%, es decir, el efecto se diluye en el tiempo.

Ilustración 43: Efecto Porcentual de una Variación de S_{10}



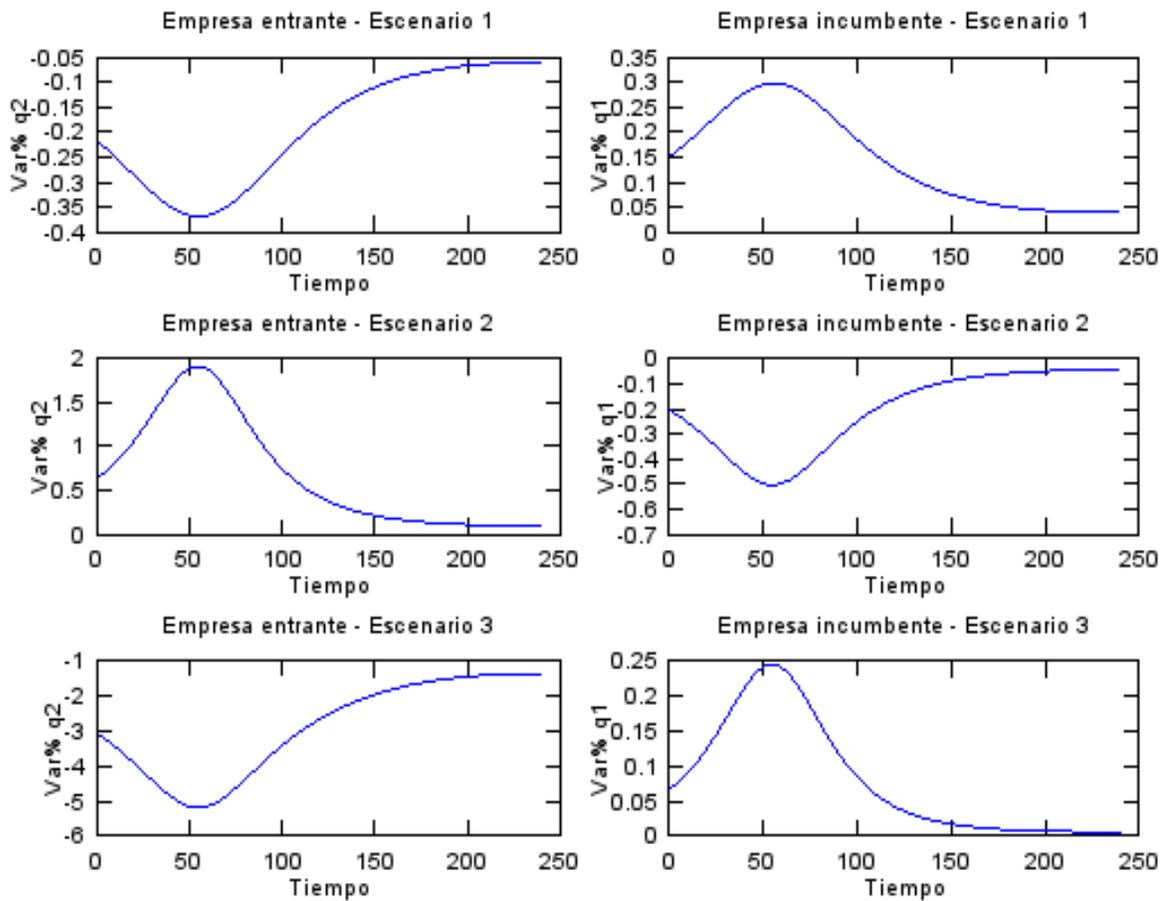
Elaboración: Propia

El efecto porcentual de la variación de s_{10} es muy semejante en la función H (criterio de raíces reales) y la función gamma que se usa para el cálculo de las cantidades de equilibrio, en ambos casos el efecto se hace evidente en $t = 50$, además posteriormente se diluye. No obstante, se observa que los picos son más breves en estas funciones.

En relación a la empresa incumbente, se observa que las cantidades en $t = 1$ se incrementan en 0.15% y 0.06% en los escenarios 1 y 3, mientras que, en el escenario 2 se reducen a -0.2%. Posteriormente, en $t = 50$, las cantidades se incrementan en 0.3% y 0.25% para los escenarios 1 y 3, mientras que, en -0.5% en el escenario 2. En los tres escenarios el efecto ha sido menor a 0.15%.

Por otra parte, la empresa entrante en $t = 1$ se reduce en -0.2% y -3.1%, y en $t = 50$ es de -0.35% y 5% para los escenarios 1 y 3, mientras que, en el escenario 2 se expande en 0.6% en $t = 1$ y 1.95% en $t = 50$. En el caso de la empresa entrante si se identifica que, en algunos escenarios el efecto es superior a 1%, pero esto debido a que la empresa entrante tiene un tamaño inicial más pequeño y es más sensible a las variaciones.

Ilustración 44: Efecto Porcentual de una Variación de S_{10} en las Cantidades



Elaboración: Propia

2. Análisis del parámetro y_1

a. Valores Críticos

Para el análisis del efecto de y_1 se desarrollarán dos simulaciones, los datos se reportan en el cuadro N° 10. La primera simulación utiliza los mismos valores del cuadro N° 9, mientras que, en la segunda simulación se toma el valor mínimo de s_{10} identificado en la sección anterior, es s_{10} igual 2.84.

Cuadro N° 10: Valores para y_1

Parámetro	Simulación 1	Simulación 2
s_{10}	3.14	2.84
y_1		1.5
om_1		0.018
ϕ_1		2.14
z_0		1
b		0.05
d		0.005
r		0.1
ψ_0	1.1	
τ	-0.08	
w	-0.03	

Elaboración: Propia

El método consiste en hallar los valores límites de y_1 , e identificar también en medida cambian cuando se emplea otro s_{10} . En el cuadro N° 11 se presentan los resultados de este ejercicio, se observa en primer lugar que bajo los datos de la Simulación N° 1 el valor máximo que puede alcanzar y_1 es de 1.8, no existe un valor mínimo, pero se sabe que por debajo de 0.6 este parámetro deja de tener influencia en los resultados.

Cuando se asume un s_{10} igual a 2.84, el cual corresponde al mínimo valor identificado en la sección anterior, se encuentra que y_1 puede incrementarse como máximo hasta 1.5. Finalmente, se ha desarrollado una tercera simulación, con el objetivo de identificar el valor mínimo de s_{10} si y_1 es 1.8, como resultado se ha obtenido que s_{10} puede ser como mínimo 3.14, el mismo valor que se usó en la Simulación 1. Por lo tanto, el parámetro y_1 se encuentra dentro del conjunto de números reales positivos, y tiene como valor máximo 1.8 si s_{10} es 3.14.

Cuadro N° 11: Resultados de las Simulaciones

Parámetro	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
s_{10}	3.14		
mínimo		2.84	3.14
y_1			1.8
máximo	1.8	1.5	

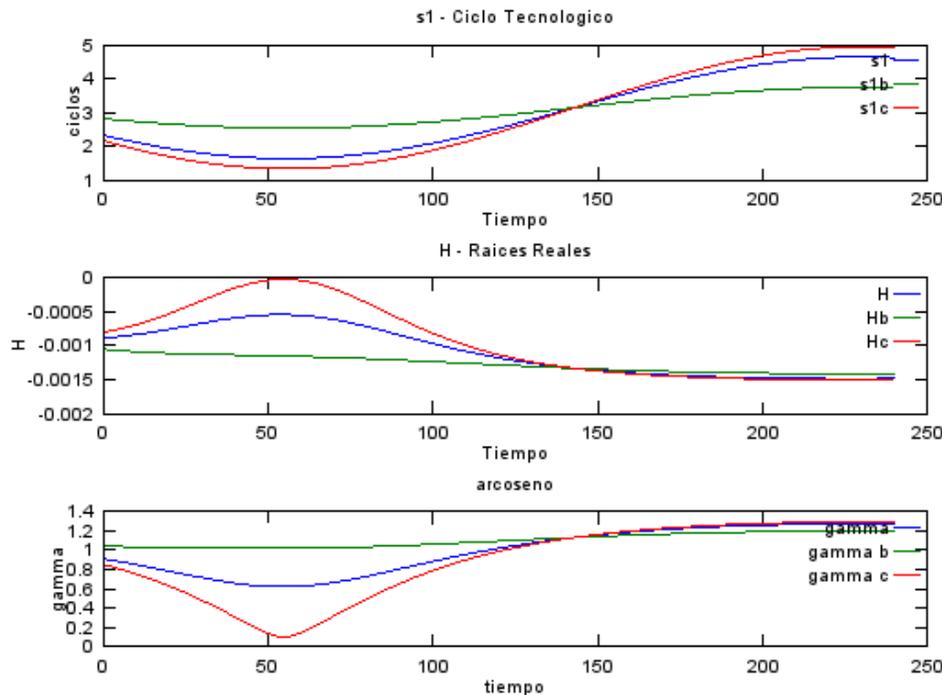
Elaboración: Propia

Cabe recordar que el parámetro y_1 se suele conocer como la amplitud de oscilación, porque hace que las ondas de la función se hagan más planas o más pronunciadas, como se puede apreciar en la Ilustración N° 45. Cuando y_1 se reduce se tiene que el ciclo tecnológico se hace más llano, si fuera menor a uno resultaría que el ciclo prácticamente desaparece; por otra lado, cuando y_1 se incrementa, el ciclo tecnológico se vuelve más pronunciado.

La causa por la que y_1 tiene un valor máximo crítico se puede apreciar en el segundo gráfico de la ilustración N° 45, dado que, en la medida que se incrementa y_1 , la curva roja se acercará a cero, si supera ese valor no se podrán obtener resultados reales. Por otra parte, y_1 puede decrecer todo lo posible, pero en la medida que lo haga los resultados perderán su carácter cíclico.

En relación a la función gamma, que como se dijo es parte importante de la solución del modelo, se observa que el efecto de incrementos en y_1 , implica reducciones de gamma.

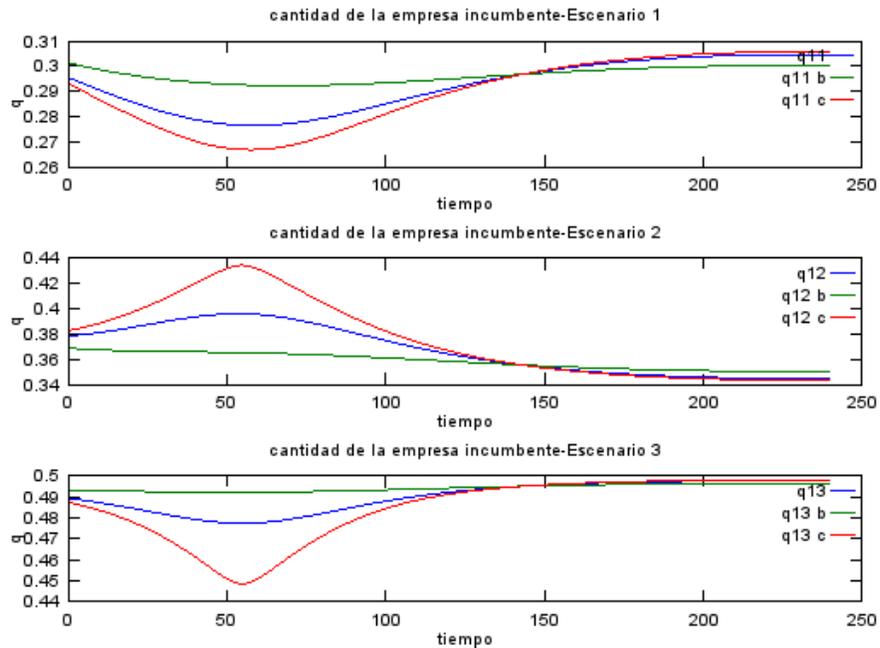
Ilustración 45: Efecto del parámetro de y_1



Elaboración: Propia

En la ilustración N° 45, se puede apreciar el efecto de las variaciones de y_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente. En primer lugar, las reducciones de y_1 atenúan las depresiones en las cantidades de equilibrio, mientras que valores mayores de y_1 acentúan la depresión de las cantidades del incumbente.

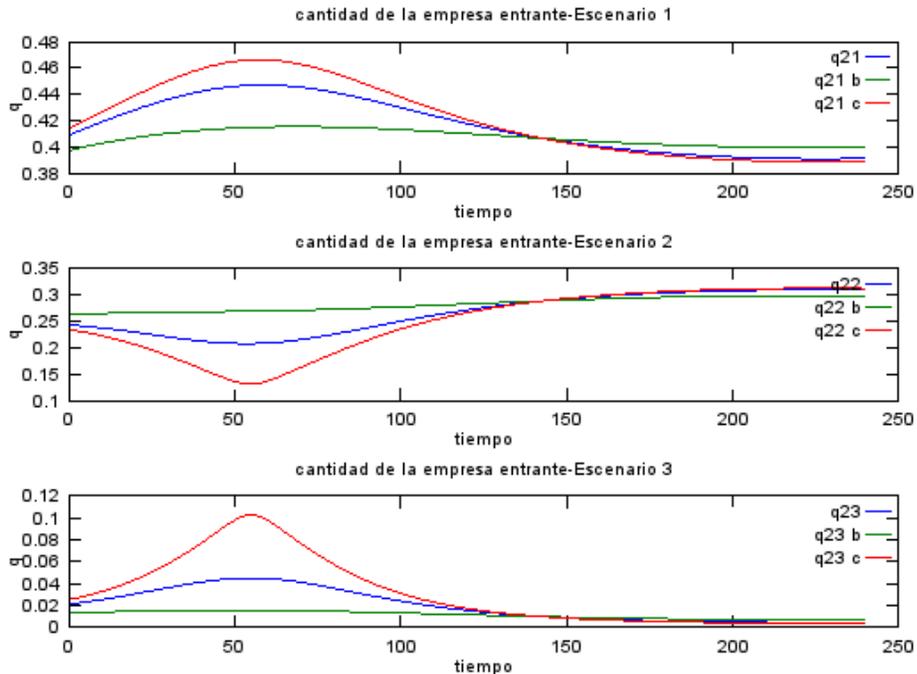
Ilustración 46: Efecto de y_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente



Elaboración: Propia

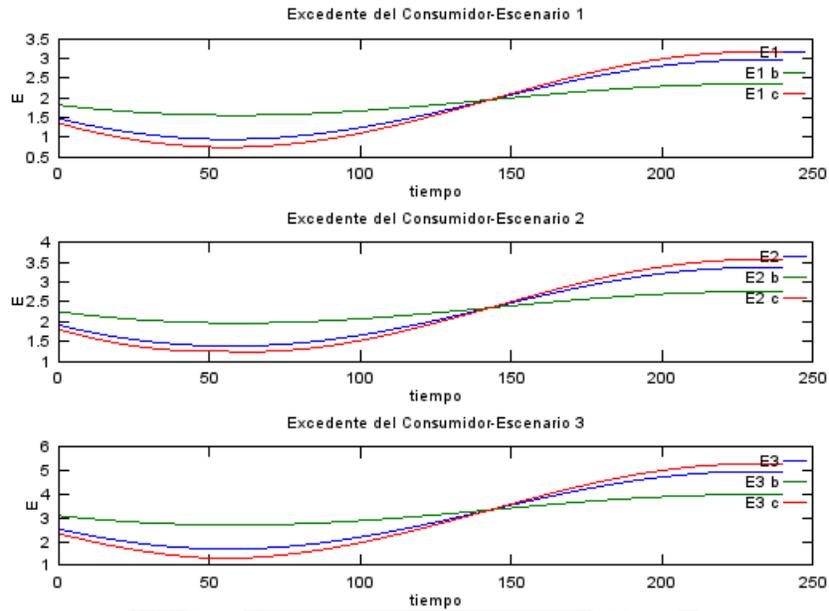
Las cantidades de la empresa entrante reaccionan a una variación en y_1 , de manera semejante al caso anterior, se puede apreciar también que y_1 influye positivamente en y_1 , al menos en el primer tramo del período.

Ilustración 47: Efecto de y_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa entrante



Elaboración: Propia

Ilustración 48: Efecto y_1 en el Excedente del Consumidor

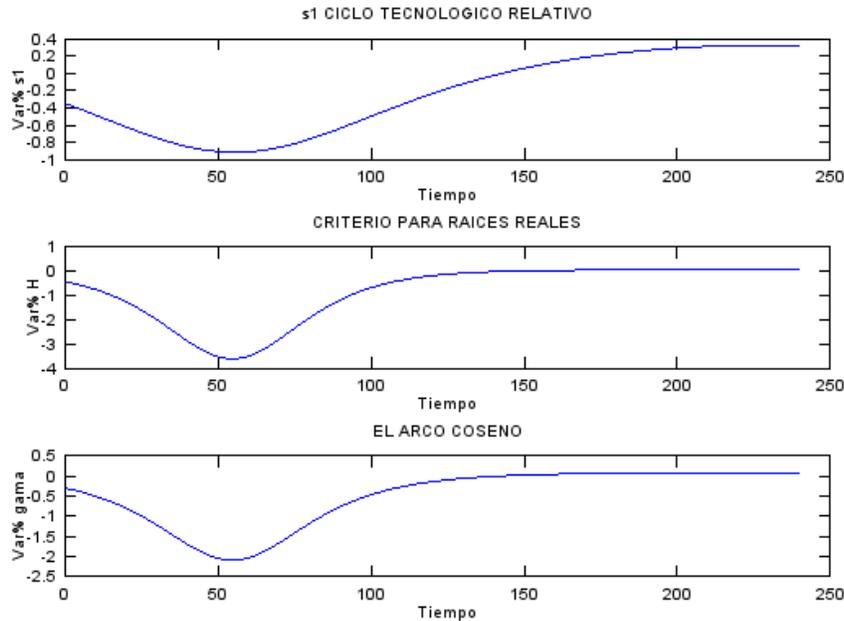


Elaboración: Propia

b. Sensibilidad ante una variación de 1%

En relación al parámetro de amplitud de oscilación (y_1) del ciclo tecnológico s_1 , este tiene inicialmente un efecto negativo sobre el ciclo s_1 , con una reducción de un poco menos de -0.4%, para posteriormente reducirse el indicador del ciclo en -0.99%, sólo al final del período se observará que el efecto se torna positivo en s_1 .

Ilustración 49: Efecto de y_1 en las principales funciones



Elaboración: Propia

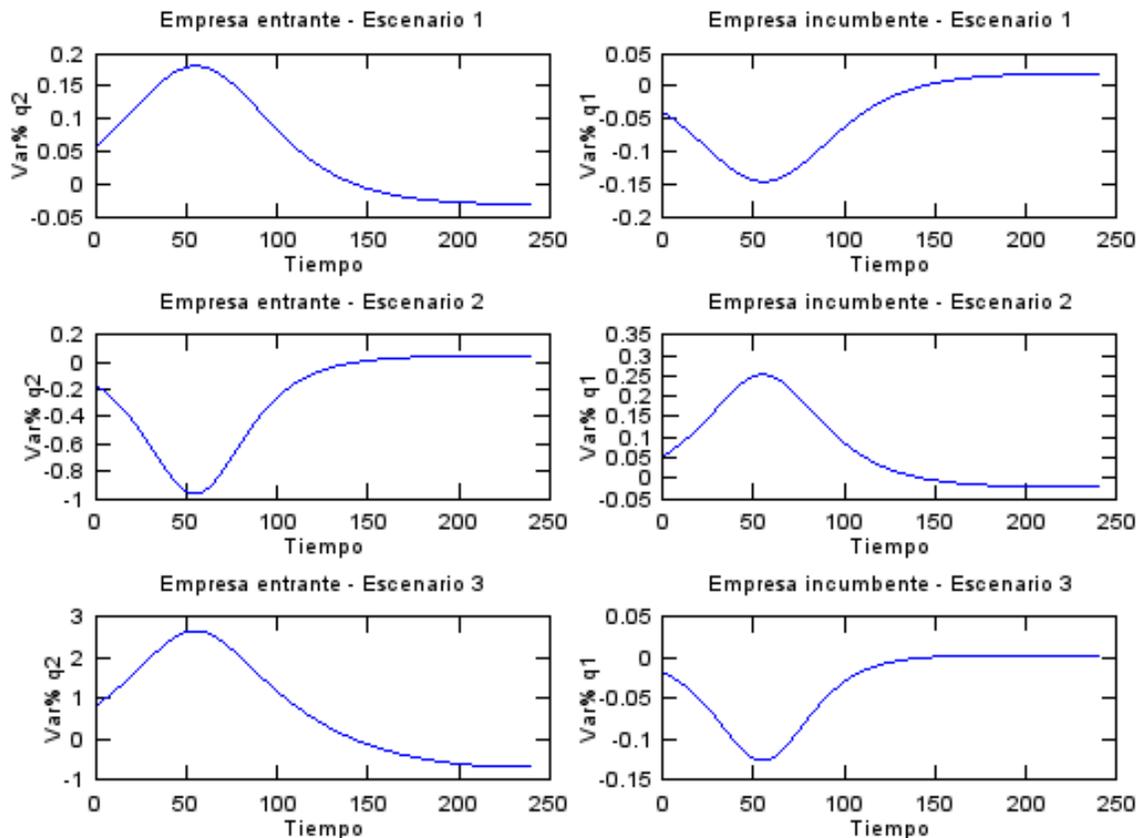
De manera semejante, una variación de 1% en y_1 hace que la función gamma se reduzca inicialmente en -0.45%, y luego en -2% en $t = 55$, para luego diluirse el efecto en el tiempo, este resultado impactará directamente en las cantidades de equilibrio.

Por otra parte, una variación de 1% en y_1 hace que las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente se reduzcan inicialmente en -0.05% y -0.01% en los escenarios 1 y 3 respectivamente, y se incremente en 0.05% en el escenario 2, como se puede observar en la ilustración N° 49.

Los momentos pico de las variaciones de las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente se encuentran en $t = 52$, de forma que, en los escenarios 1 y 3 se reducirán en -0.15% y -0.13%, respectivamente. Mientras que, en el escenario 2 se incrementa en 0.25%.

El efecto en las cantidades de equilibrio de la empresa entrante será de incrementos iniciales en los escenarios 1 y 3 en el orden de 0.05% y 0.9% respectivamente, mientras que de reducciones en el escenario 2, inicialmente de -0.2%.

Ilustración 50: Efecto de y_1 en las cantidades



Elaboración: Propia

3. Análisis del parámetro ω_1

a. Valores Críticos

Para analizar el efecto de las variaciones de ω_1 se plantean dos simulaciones cuyos datos se encuentran consignados en el Cuadro N° 12.

Cuadro N° 12: Datos para el análisis de ω_1

Parámetro	Simulación 4	Simulación 5
s10	3.14	2.84
y1	1.8	1.5
ω_1		0.018
phi1		2.14
z0		1
b		0.05
d		0.005
r		0.1
psi0		1.1
tau		-0.08
w		-0.03

Elaboración: Propia

Los resultados de la simulación se presentan en el cuadro N° 13, donde se ha identificado que el parámetro ω_1 se encuentra del rango 0.0224 y 0.0067, en ambas simulaciones el rango obtenido es prácticamente igual.

Cuadro N° 13: Resultados del Análisis de ω_1

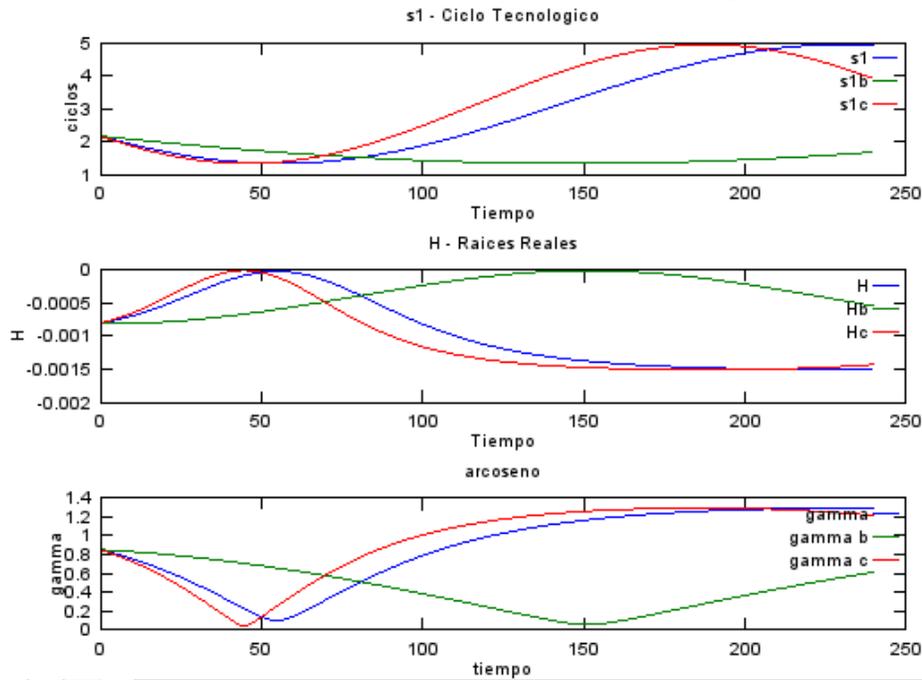
Parámetro	Simulación 4	Simulación 5
s10	3.14	2.84
y1	1.8	1.5
ω_1		
Máximo	0.022	0.0224
Mínimo	0.0068	0.0067

Elaboración: Propia

En relación al ciclo tecnológico, se sabe que ω_1 determina la frecuencia del ciclo, en ese sentido una reducción de ω_1 hace que el ciclo tecnológico se haga más plano, mientras que un incremento de ω_1 hace que aumente la frecuencia del ciclo.

Con respecto a la función H se sabe que ω_1 no incrementarse más allá de 0.022, ni reducirse por debajo de 0.0068, dado que no se obtendrían soluciones reales. En el caso de la función gamma, se observa que su punto de mayor depresión se desplaza hacia la derecha en la medida que aumenta ω_1 .

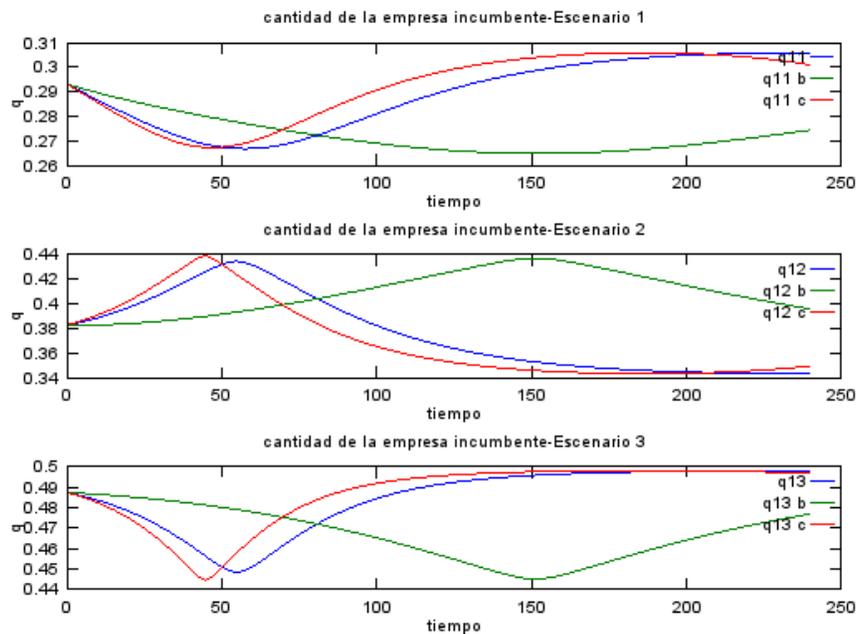
Ilustración 51: Efecto de ω_1 en el Ciclo Tecnológico



Elaboración: Propia

Las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente reflejan un punto mínimo para los escenarios 1 y 3, este punto se desplaza hacia la izquierda en la medida que se incrementa ω_1 . Mientras que en el caso del escenario 2 existe más bien un punto máximo, pero que también se desplaza hacia la izquierda cuando ω_1 aumenta.

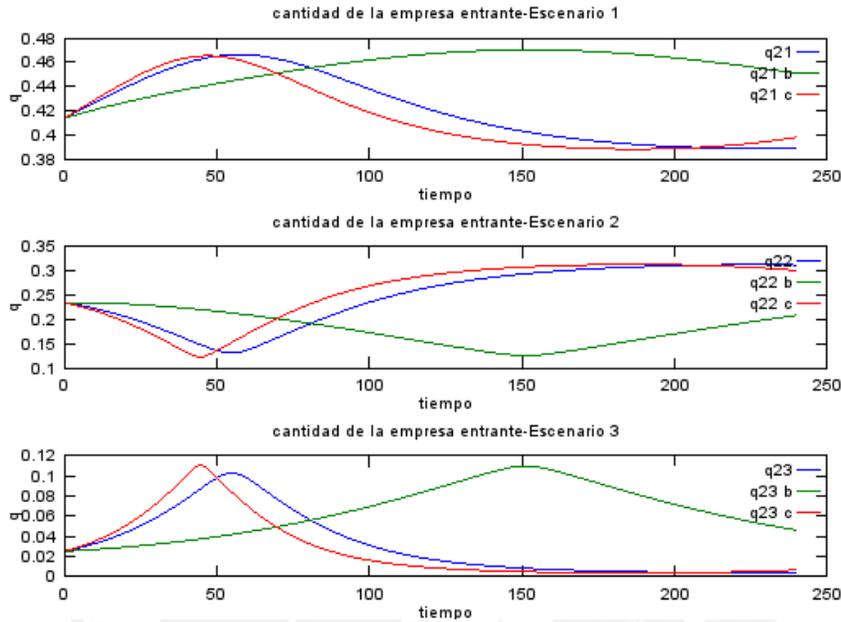
Ilustración 52: Efecto de ω_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente



Elaboración: Propia

En el caso de la empresa entrante se observan picos máximos en los escenarios 1 y 3, y un pico mínimo en el caso del escenario 2, además las curvas se desplazan hacia la izquierda cada vez que se incrementa ω_1 .

Ilustración 53: Efecto de ω_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa entrante

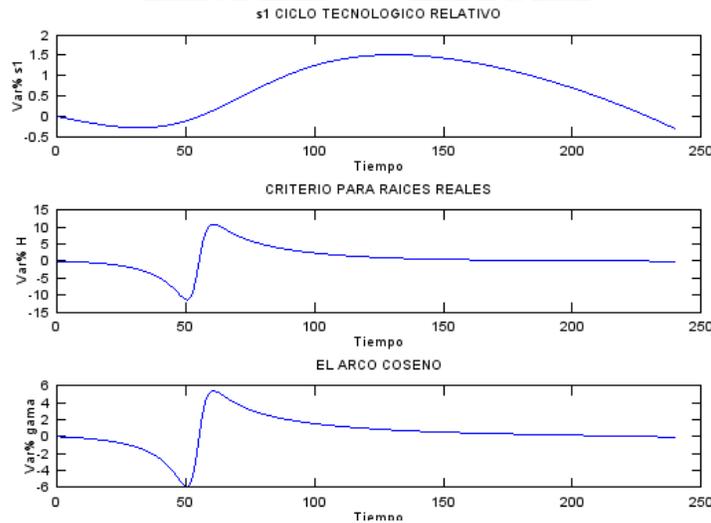


Elaboración: Propia

b. Sensibilidad ante una variación de 1%

Una variación del parámetro de frecuencia (ω_1) afecta el ciclo tecnológico dentro de un rango de -0.1% y 15%, también influye en la función H entre -10% y 10% y en la función gamma entre el -6% y el 6%.

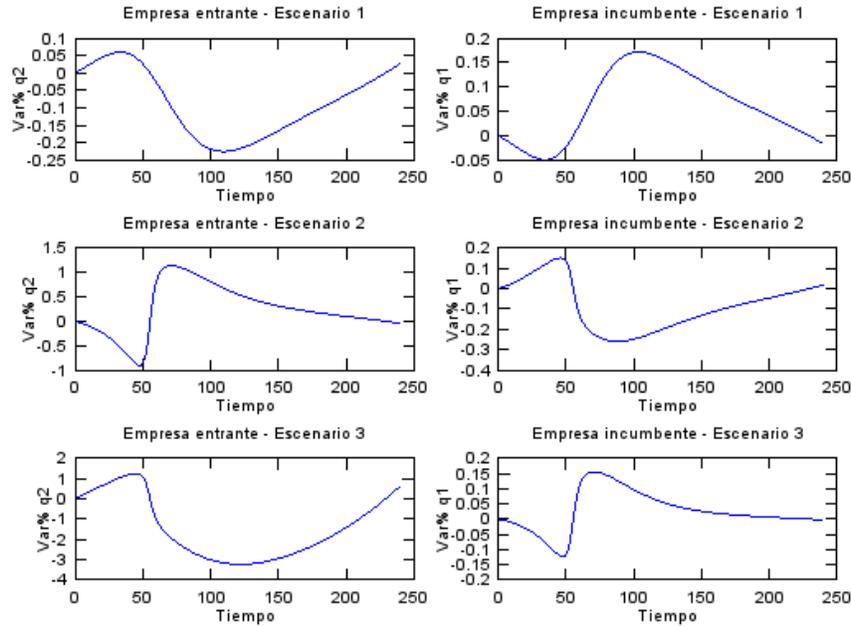
Ilustración 54: Efecto de ω_1 en las principales funciones



Elaboración: Propia

Las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente varían entre -0.05% y 0.15% en los tres escenarios, mientras que en el caso de la empresa entrante las cantidades de equilibrio varían entre -3% y 1%, por lo que los cambios en om_1 afectan más a la empresa entrante.

Ilustración 55: Efecto de om_1 en las cantidades



Elaboración: Propia

4. Análisis del parámetro ϕ_1

a. Valores Críticos

Para este análisis los valores que asumirán se reportan en el cuadro N° 14. Por otra parte, el resultado de las simulaciones indica que valor máximo de ϕ_1 es de 2.33.

Cuadro N° 14: Datos para el análisis de ϕ_1

Parámetro	Simulación 4	Simulación 5
s10	3.14	2.84
y1	1.8	1.5
om1		0.018
ϕ_1		2.14
z0		1
b		0.05
d		0.005
r		0.1
psi0		1.1
tau		-0.08
w		-0.03

Elaboración: Propia

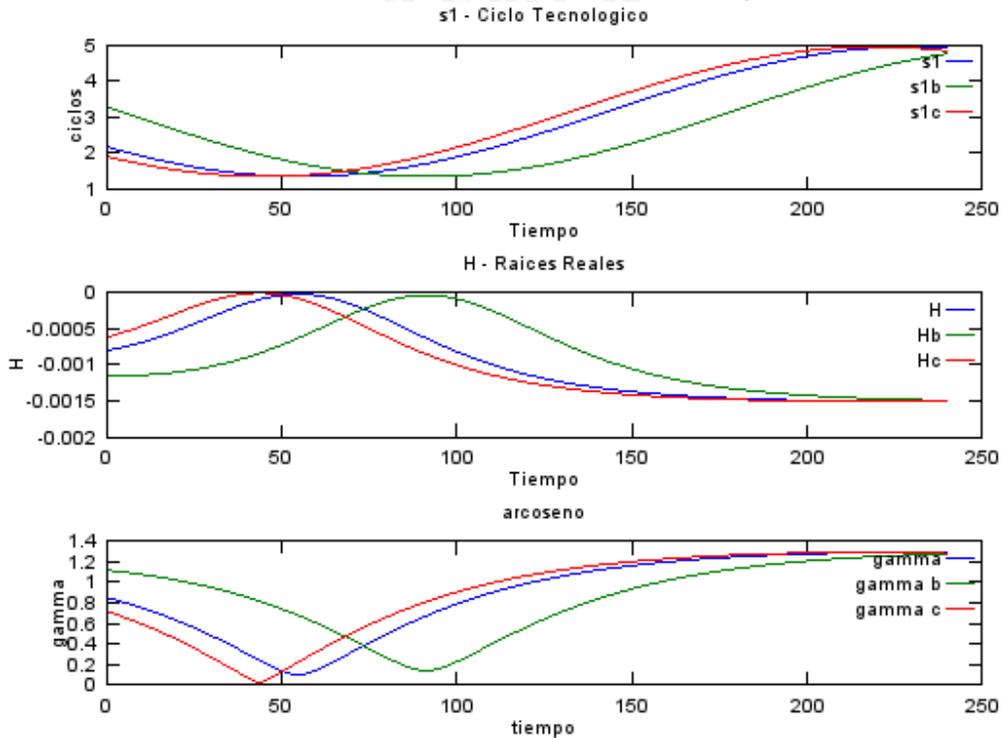
Cuadro N° 15: Resultados del análisis de ϕ_1

Parámetro	Simulación 4	Simulación 5
s10	3.14	2.84
y1	1.8	1.5
om1	0.018	0.018
ϕ_1	2.14	2.14
Máximo	2.3	2.33

Elaboración: Propia

La variación de ϕ_1 hace que el ciclo tecnológico se desplace hacia la izquierda, de la misma forma la función H y la función gamma. Como se ha indicado, el parámetro ϕ_1 tiene un valor máximo, por encima del cual la función H se hace positiva, y deja de cumplir la condición de raíces reales.

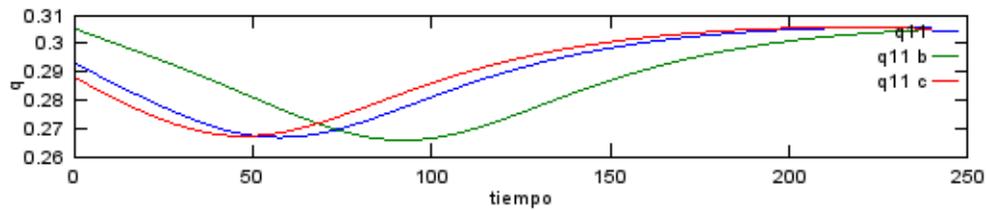
Ilustración 56: Efecto ϕ_1 en el ciclo tecnológico



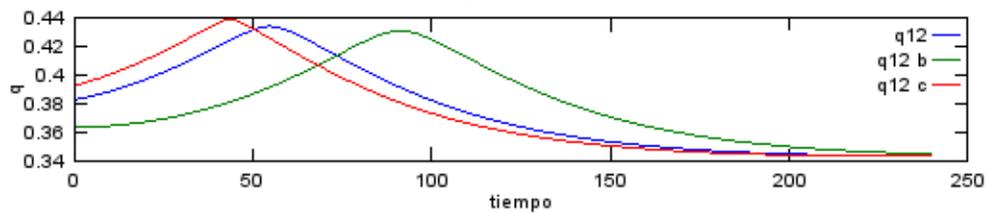
Elaboración: Propia

Las curvas de las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente y de la empresa entrante se desplazan hacia la izquierda cada vez que se incrementa ϕ_1 .

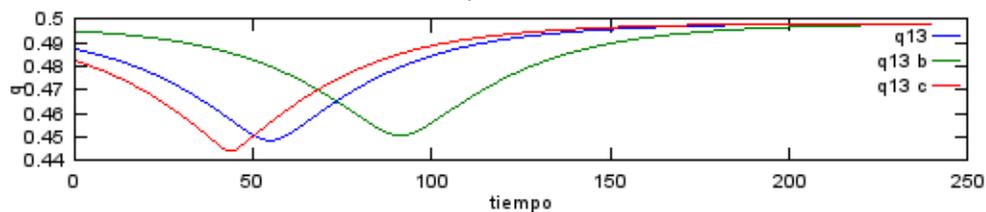
Ilustración 57: Efecto de ϕ_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente
cantidad de la empresa incumbente-Escenario 1



cantidad de la empresa incumbente-Escenario 2



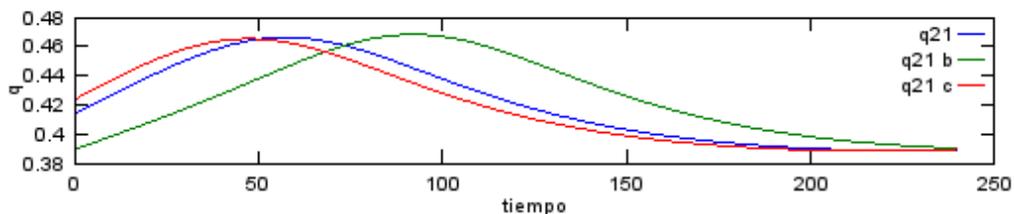
cantidad de la empresa incumbente-Escenario 3



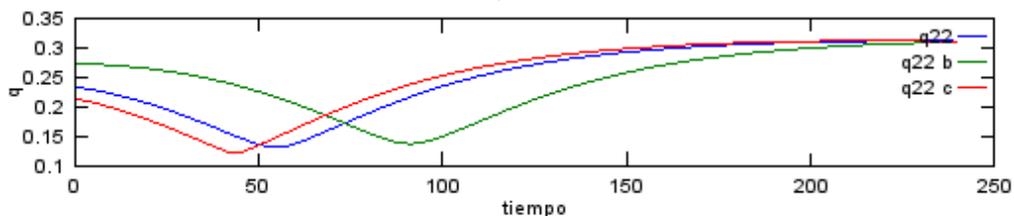
Elaboración: Propia

Ilustración 58: Efecto de ϕ_1 en las cantidades de equilibrio de la empresa entrante

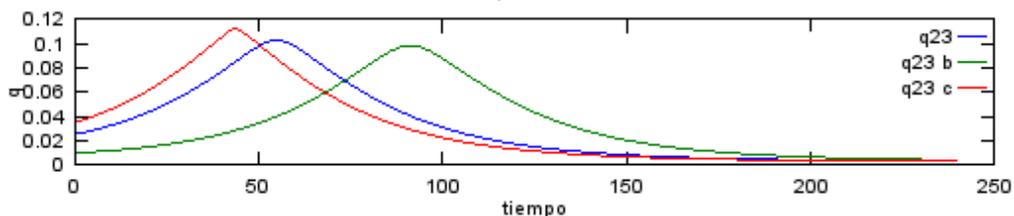
cantidad de la empresa entrante-Escenario 1



cantidad de la empresa entrante-Escenario 2



cantidad de la empresa entrante-Escenario 3

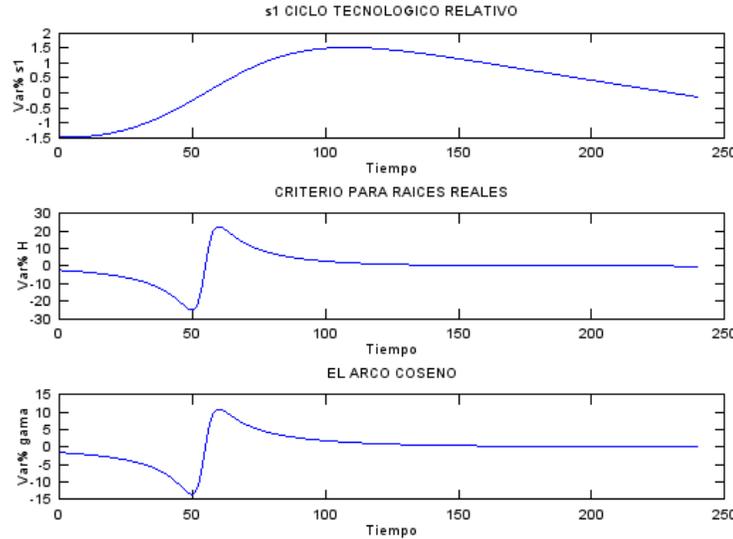


Elaboración: Propia

b. Sensibilidad ante una variación de 1%

La variación del parámetro de corrimiento de fase (ϕ_1) tiene un efecto equivalente al parámetro ω_1 , de la misma manera su efecto en las cantidades no es significativo. Porcentualmente en el ciclo tecnológico su máximo efecto se encuentra en el orden del -1.5% y 1%, de la misma manera en las raíces reales y en la función gamma.

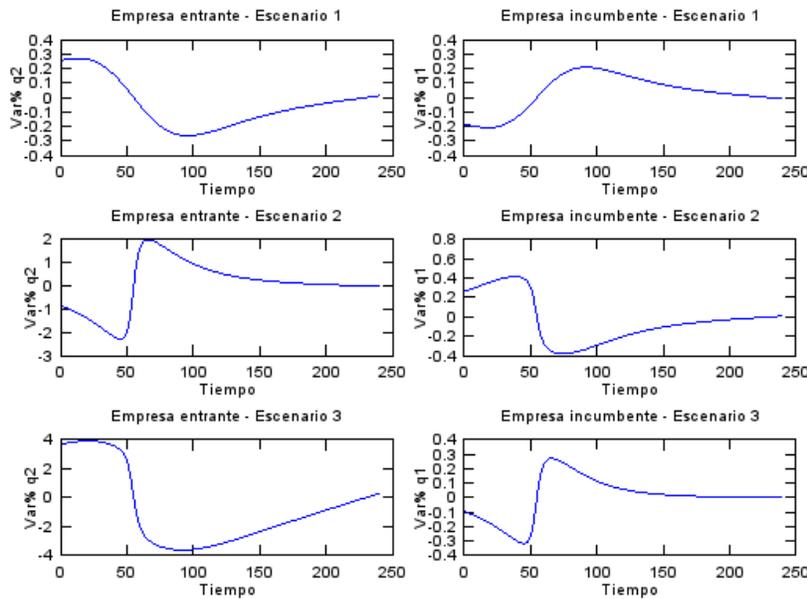
Ilustración 59: Efecto de ϕ_1 en las principales funciones



Elaboración: Propia

Las cantidades de equilibrio de la empresa incumbente varía en menos de 1%, mientras que en el caso de la empresa entrante si hay casos en los su variación supera el 1%.

Ilustración 60: Efecto de ϕ_1 en las cantidades



Elaboración: Propia

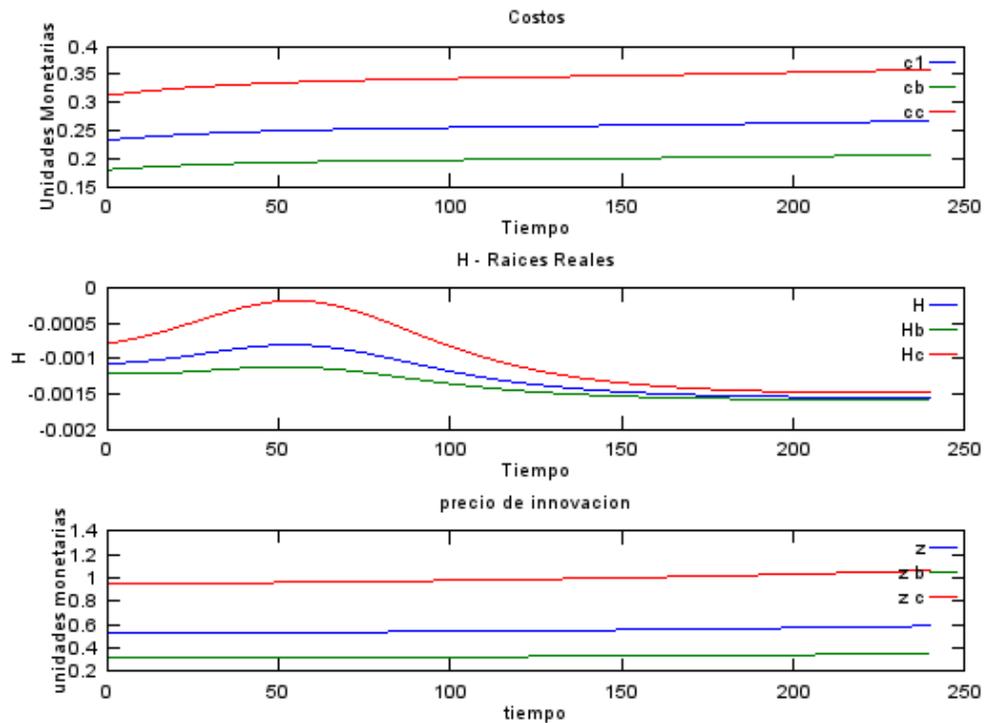
5. Análisis del parámetro z_0

a. Valores Críticos

Particularmente para este ejemplo se está tomando un $\phi_1 = 2.14$, y se evalúan los valores de z_0 en 0.3, 0.5 y 0.9. Tal y como se espera existe una relación positiva de los costos y del precio de la innovación con respecto al parámetro z_0 , que es el precio de innovación promedio.

Cabe señalar que z_0 tiene como valor máximo $z_0=0.9$, dado que por encima de este nivel no existirían soluciones reales; esta consideración supone los valores límite identificados en los párrafos anteriores.

Ilustración 61: Efecto de z_0 en los Costos

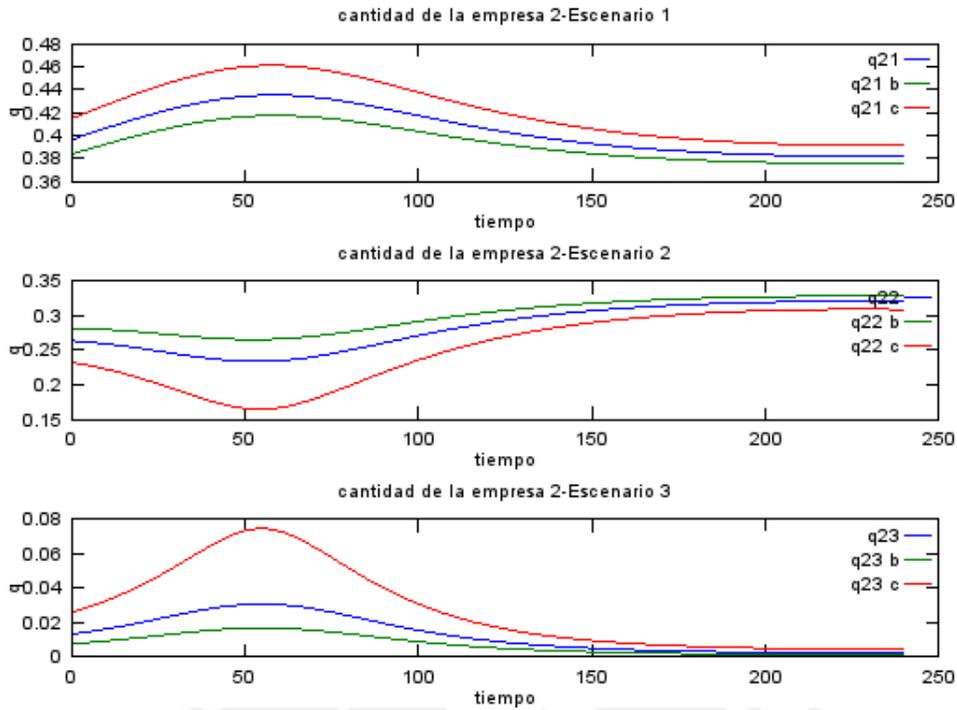


Elaboración: Propia

Los incrementos en z_0 generan que las cantidades de equilibrio de la empresa entrante se expandan hacia arriba en los escenarios 1 y 3, mientras que en el escenario 2 se contraigan.

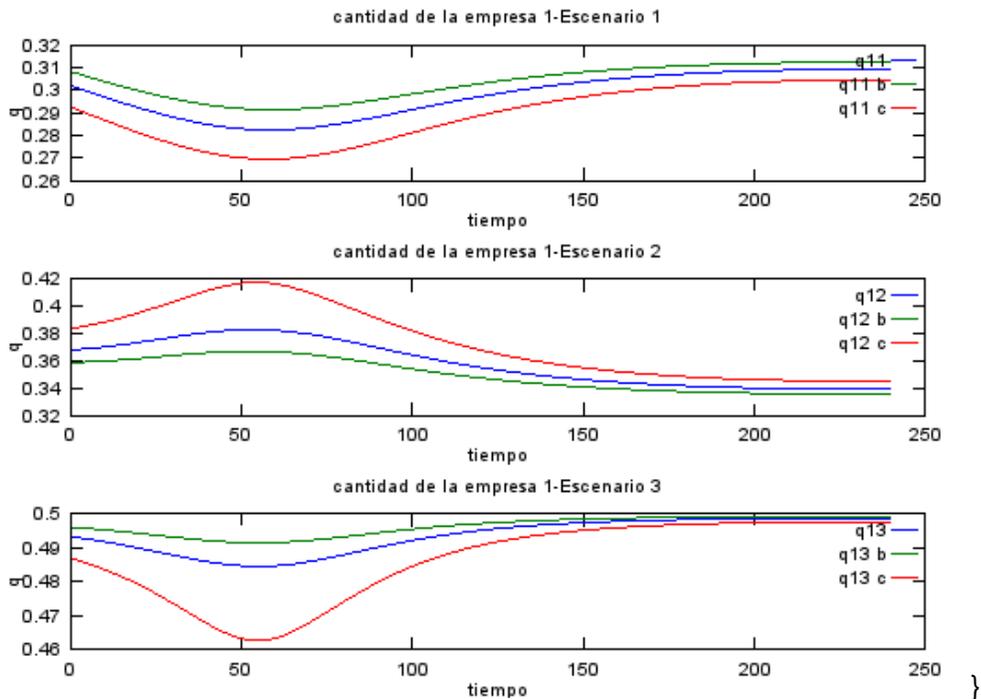
En cambio, en la empresa incumbente, el efecto de z_0 es la contracción de las cantidades de equilibrio en los escenarios 1 y 3, mientras que sucede todo lo contrario en el escenario 2.

Ilustración 62: Efecto de z_0 en las Cantidades de Equilibrio de la empresa entrante



Elaboración: Propia

Ilustración 63: Efecto de z_0 en las Cantidades de Equilibrio de la empresa incumbente

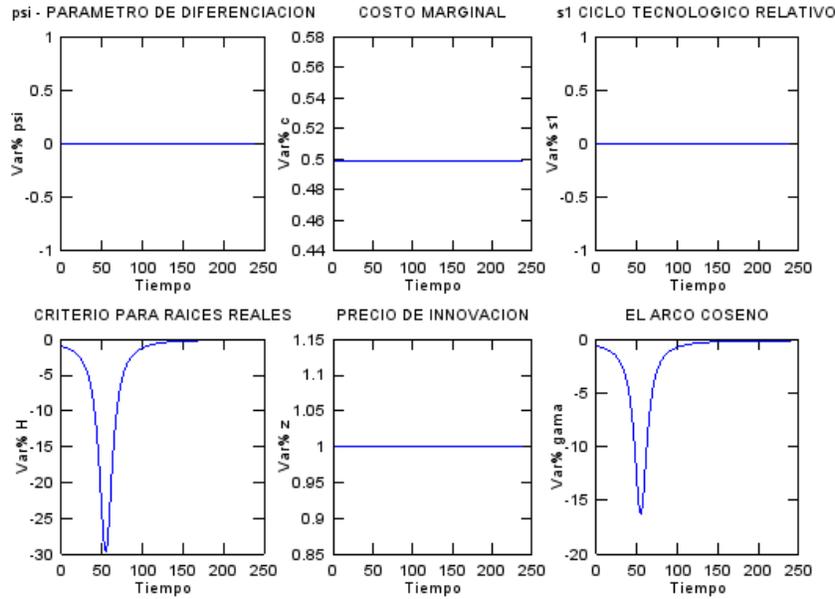


Elaboración: Propia

b. Análisis de sensibilidad

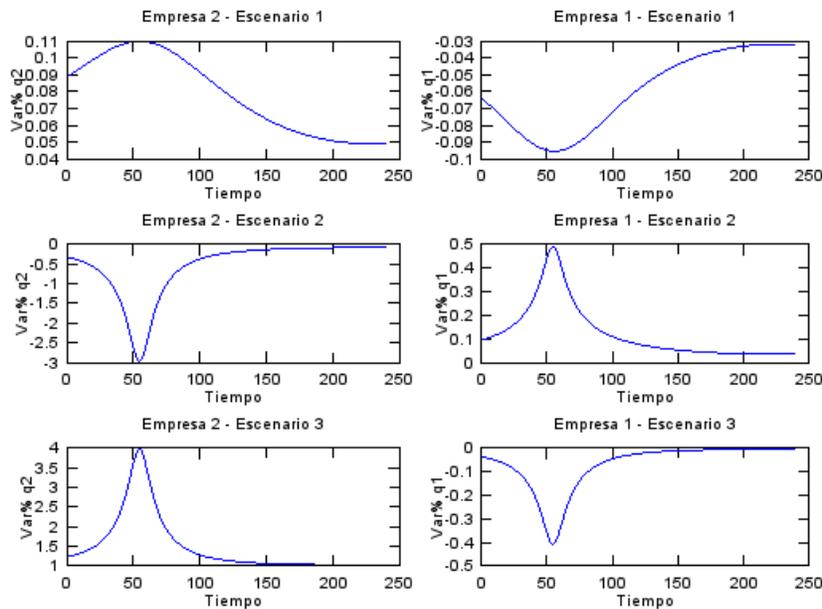
Una variación de 1% de z_0 implica la variación estrictamente proporcional del precio de la innovación (z), como se puede observar en la ilustración N° 63, implica además una variación de -15% en la función gamma, la cual, sin embargo, no tiene un gran efecto sobre las cantidades resultantes.

Ilustración 64: Efecto de z_0 en las principales funciones



Elaboración: Propia

Ilustración 65: Efecto de z_0 en las cantidades



Elaboración: Propia

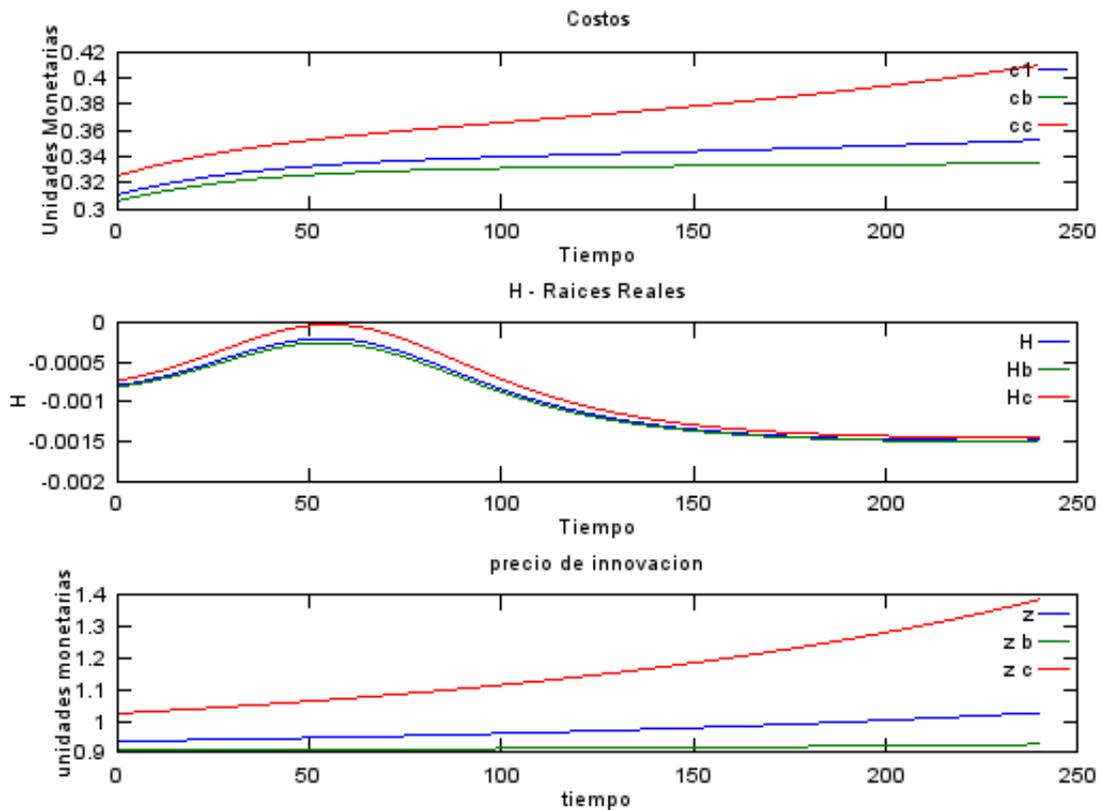
6. Análisis del parámetro b

a. Valores Críticos

En este análisis se asume $z_0=0.9$ y se evalúa los siguientes de valores de b: 0.009, 0.004 y 0.13. Los otros valores son los mismos especificados al inicio de esta sección. Una reducción de b genera que los costos se contraigan, así como el precio de la innovación.

Por otra parte, el valor máximo que puede tomar b es de 0.13, dado que por encima de ese valor no se puede tener raíces reales, la curva correspondiente a este valor es la línea roja de la ilustración N° 66.

Ilustración 66: Efecto de b en los Costos

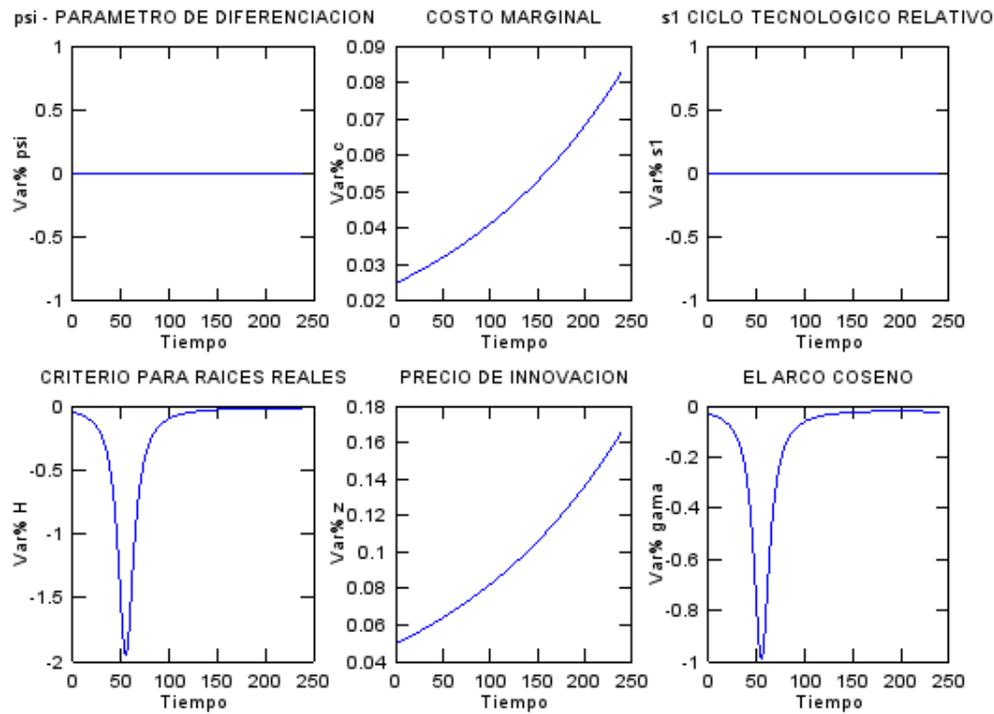


Elaboración: Propia

b. Análisis de sensibilidad

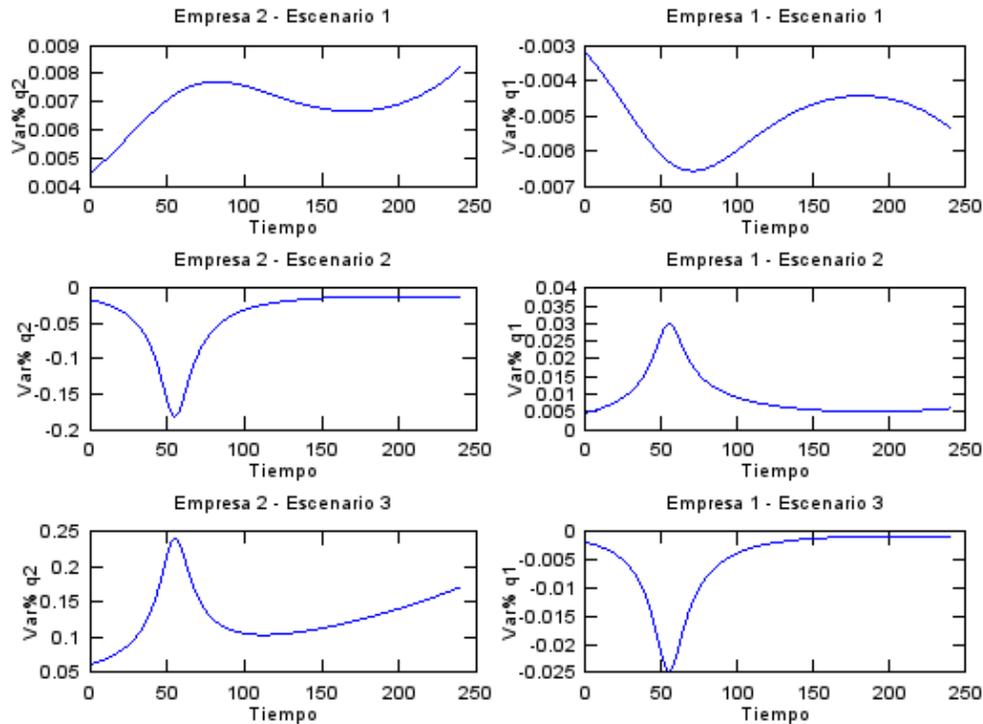
La variación en b genera un cambio de -2% en la función H, de -1% en la función gamma, entre 0.03% y 0.16% a la función de precio de innovación, y entre 0.025% y 0.08% en la función de costo marginal.

Ilustración 67: Efecto de b en las principales funciones



Elaboración: Propia

Ilustración 68: Efecto de b en las cantidades



Elaboración: Propia

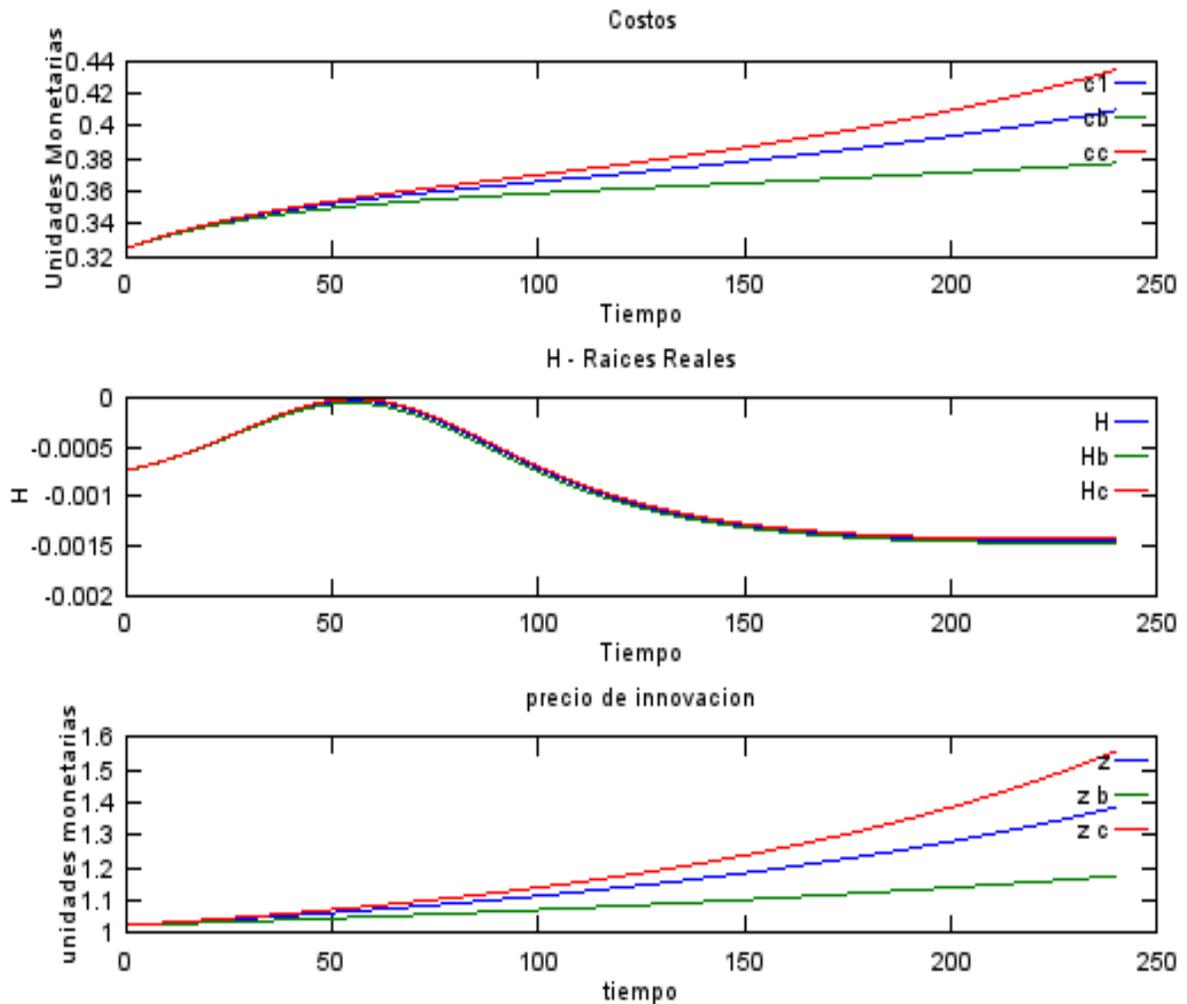
7. Análisis del parámetro d

a. Valores Críticos

En este análisis se asigna un valor de 0.13 para el parámetro b , dado que es su valor límite, y se evalúa d en 0.003, 0.005 y 0.006. Se ha observado que 0.006 es el valor máximo de d , dado que por encima de él no se podrían obtener soluciones reales.

La relación entre d , los costos y el precio de la innovación (z) es positiva, de forma que cada vez que se incrementa d , también ocurrirá lo mismo en los costos. No obstante, los efectos de z no son de importancia en los costos, ni tampoco en el modelo, dado que la variación no es fuerte.

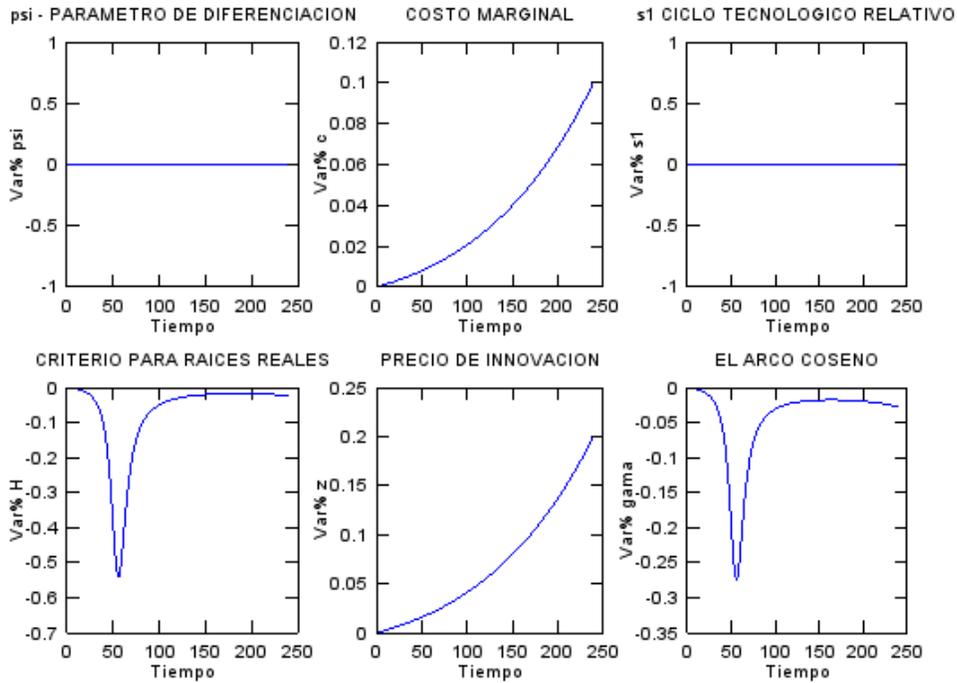
Ilustración 69: Efecto de d en los Costos



Elaboración: Propia

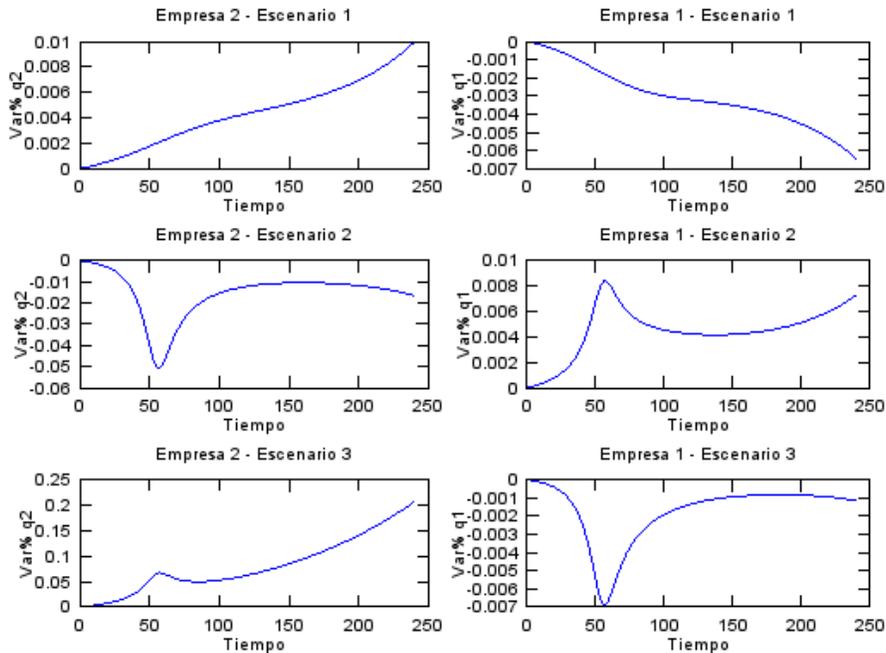
b. Análisis de sensibilidad

Ilustración 70: Efecto de d en las principales funciones



Elaboración: Propia

Ilustración 71: Efecto de d en las cantidades



Elaboración: Propia

8. Análisis del parámetro r

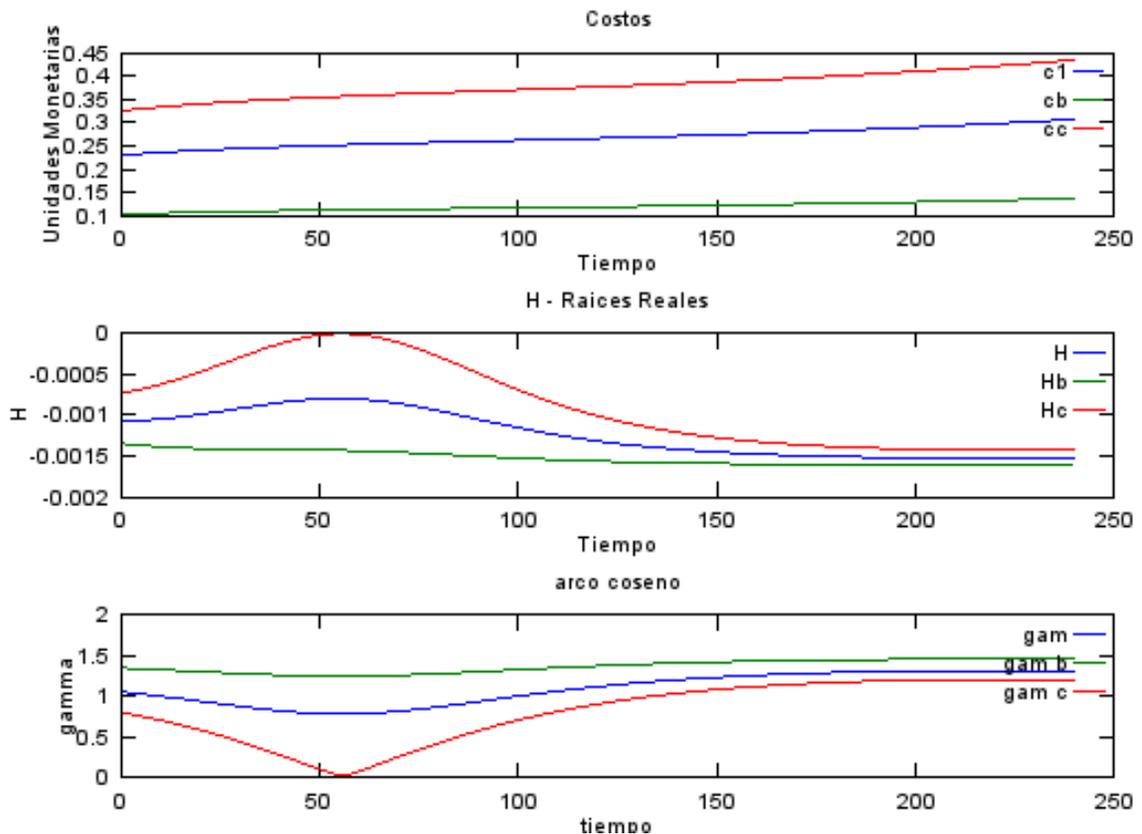
a. Valores Críticos

En el caso de este parámetro se establece $d=0.006$, mientras que r se evalúa en 0.01, 0.05 y 0.1; particularmente $r=0.1$ es el valor límite, dado que por encima de ese valor no se cumple con la condición de raíces reales.

Las cantidades de equilibrio de la empresa entrante en los escenarios 1 y 3 responden de manera positiva a los cambios del parámetro r , mientras que en el escenario 2 sucede todo lo contrario.

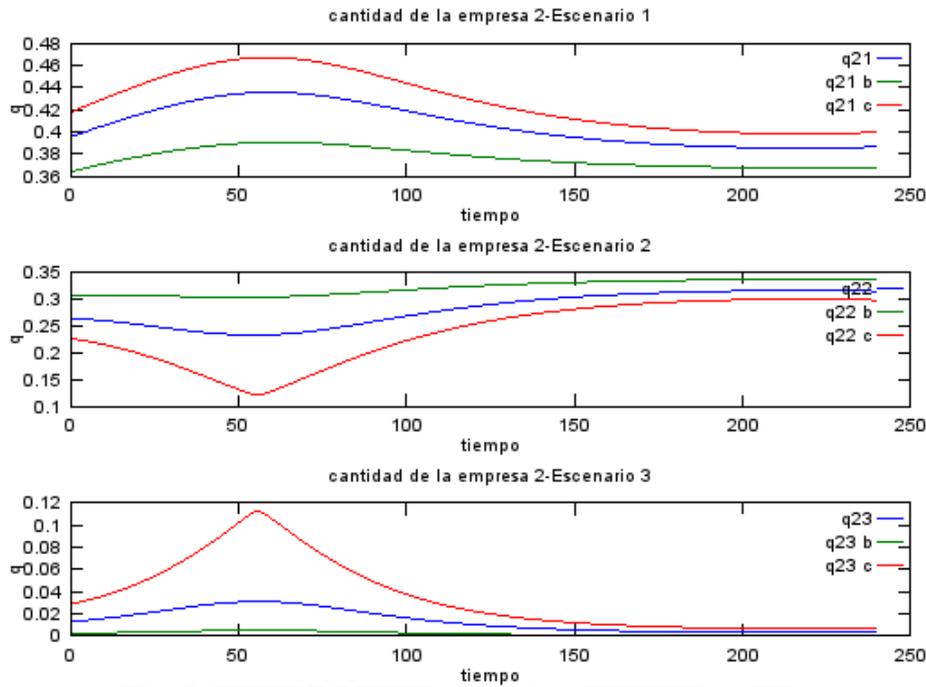
Por otra parte, en el caso de la empresa entrante los cambios en r tienen una relación directa solamente en el escenario 2, mientras que ocurre todo lo contrario en el escenario 1 y 3.

Ilustración 72; Efecto de r en los Costos



Elaboración: Propia

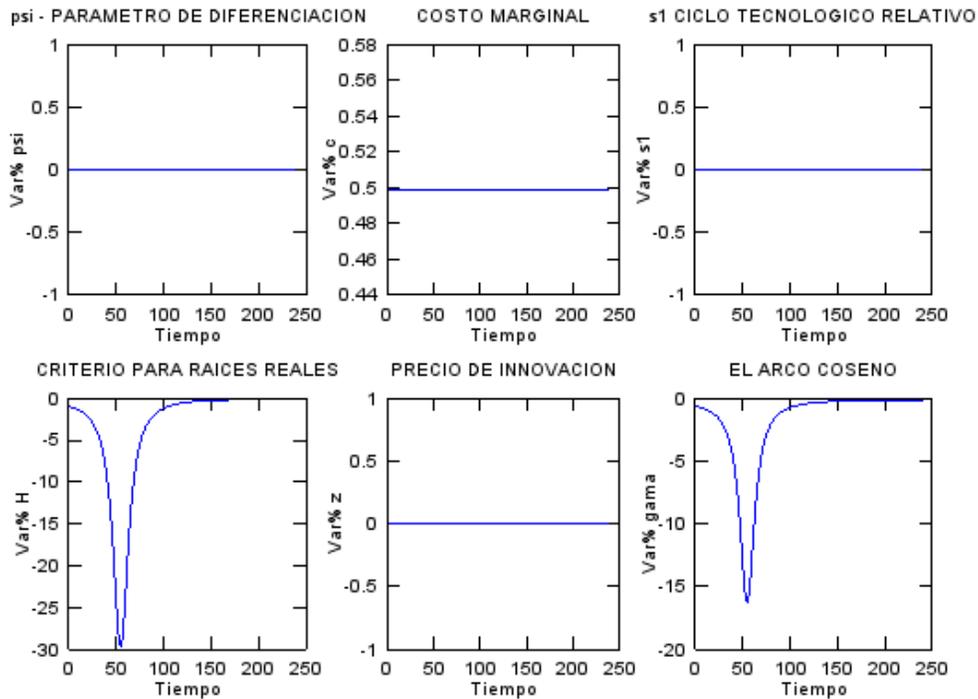
Ilustración 73: Cantidades de equilibrio y parámetro r



Elaboración: Propia

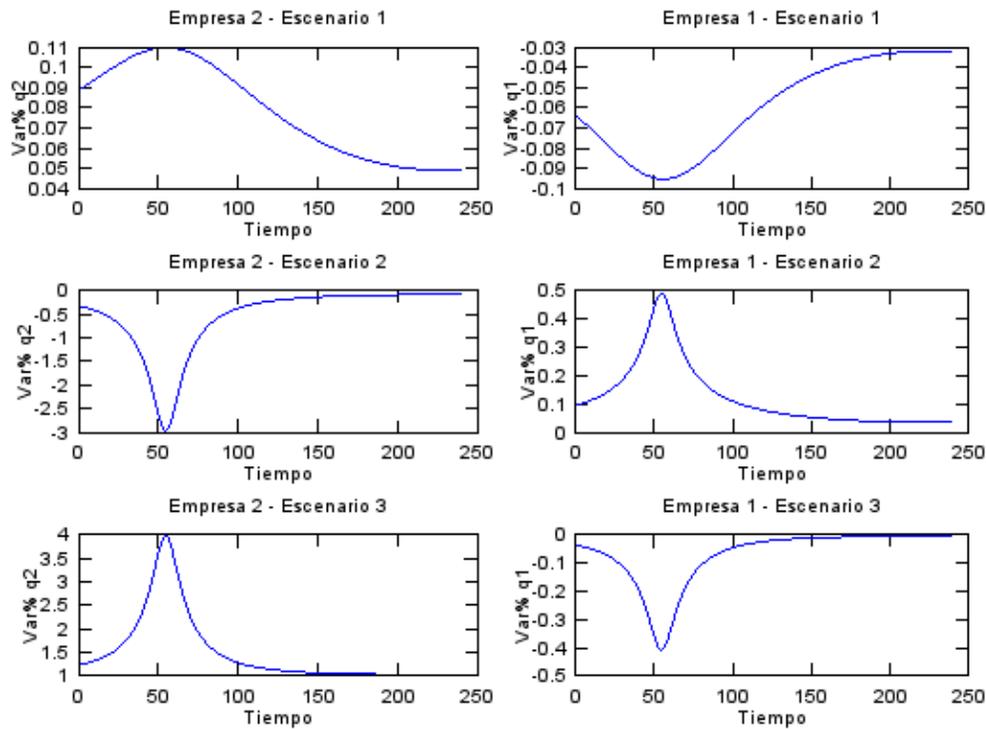
b. Análisis de sensibilidad

Ilustración 74: Efecto de r en las principales funciones



Elaboración: Propia

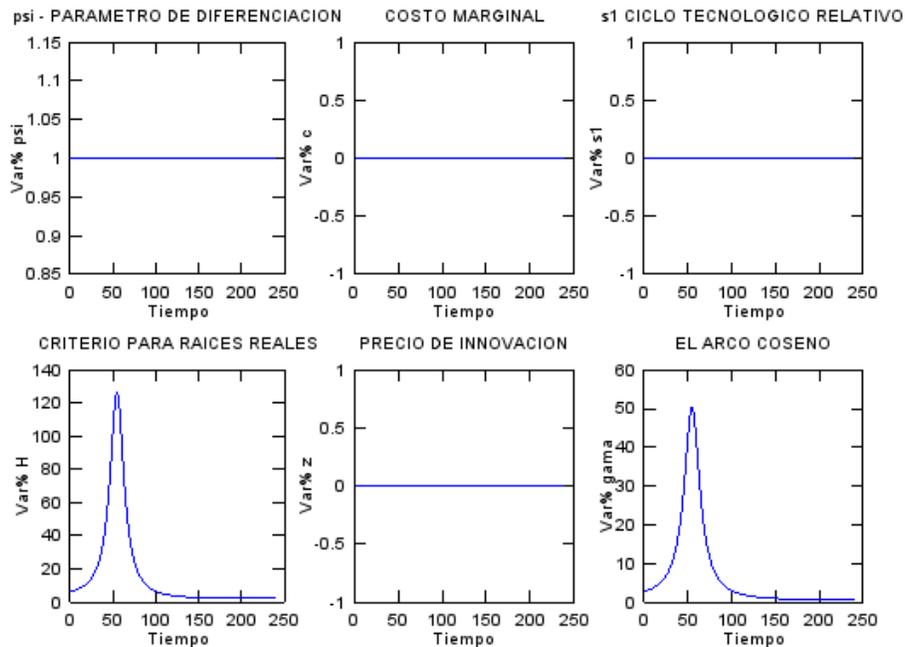
Ilustración 75: Efecto de r en las cantidades



Elaboración: Propia

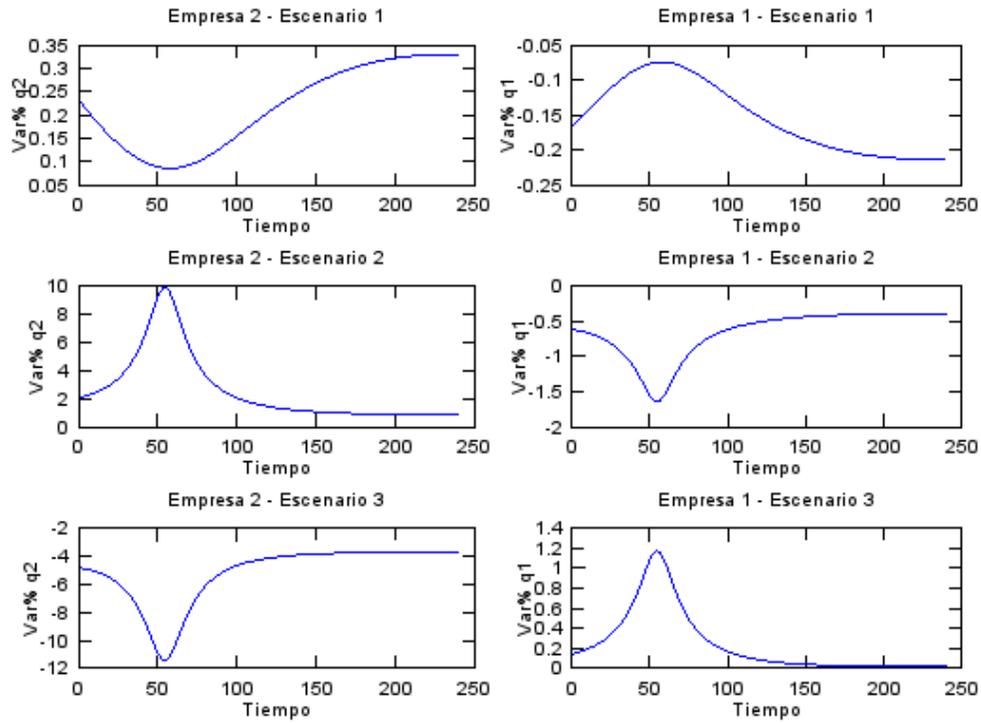
9. Análisis del parámetro ψ_0

Ilustración 76: Efecto de ψ en las principales funciones



Elaboración: Propia

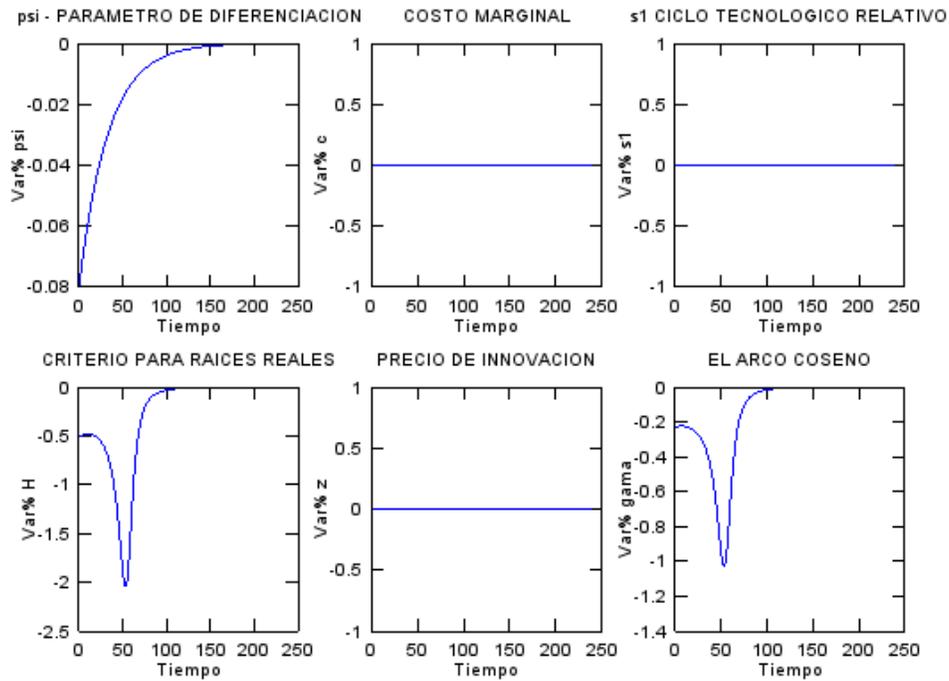
Ilustración 77: Efecto de ψ_0 en las cantidades



Elaboración: Propia

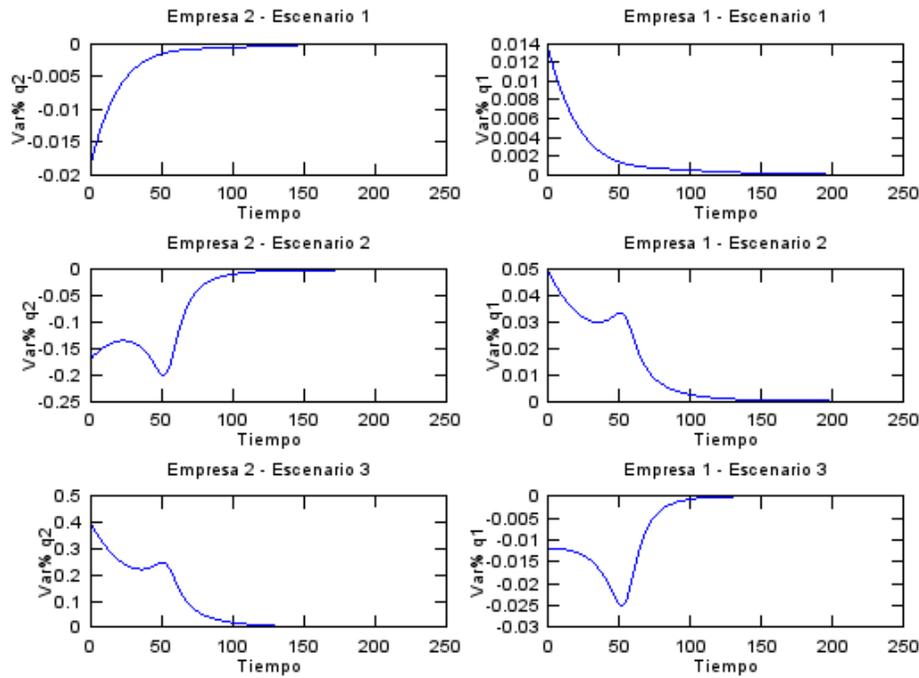
10. Análisis del parámetro tau

Ilustración 78: Efecto de tau en las principales funciones



Elaboración: Propia

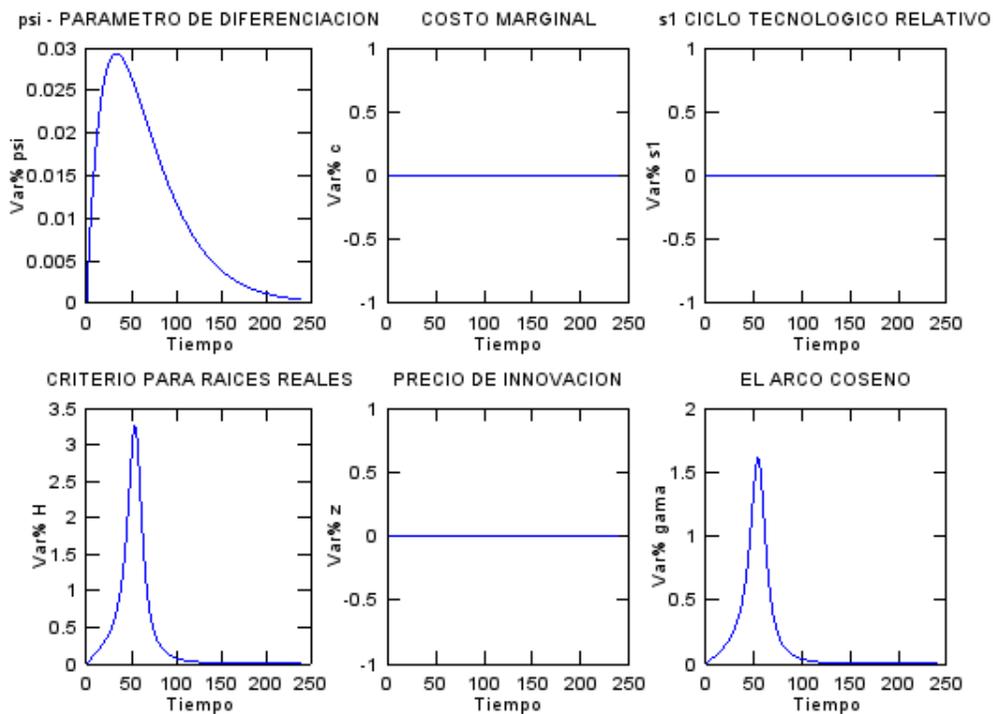
Ilustración 79: Efecto de tau en las cantidades



Elaboración: Propia

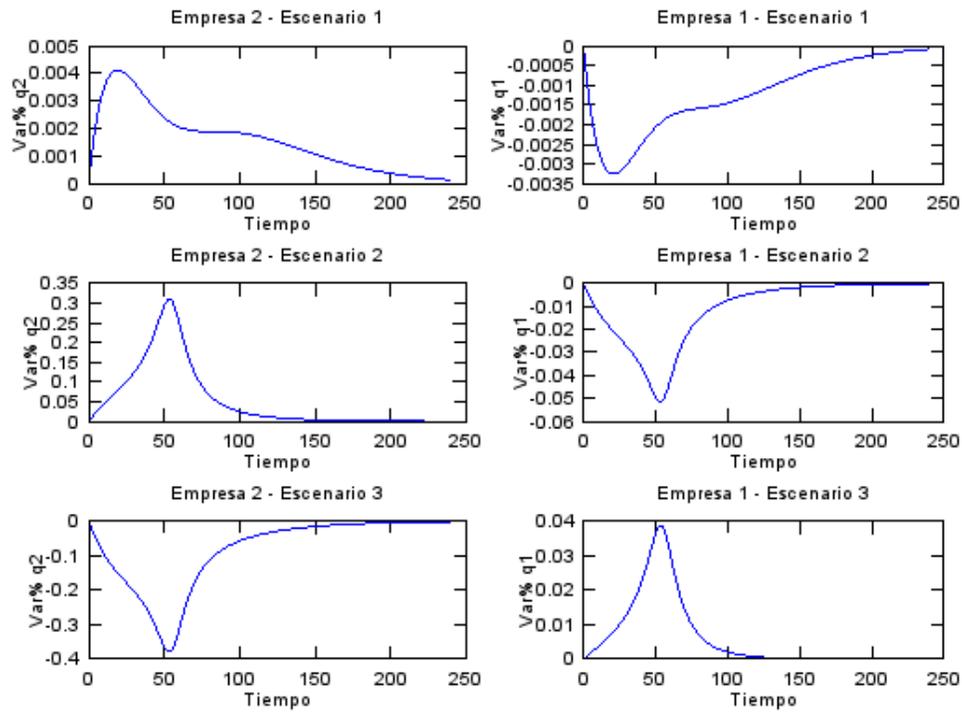
11. Análisis de parámetro w

Ilustración 80: Efecto de w en las principales funciones



Elaboración: Propia

Ilustración 81: Efecto de w en las cantidades



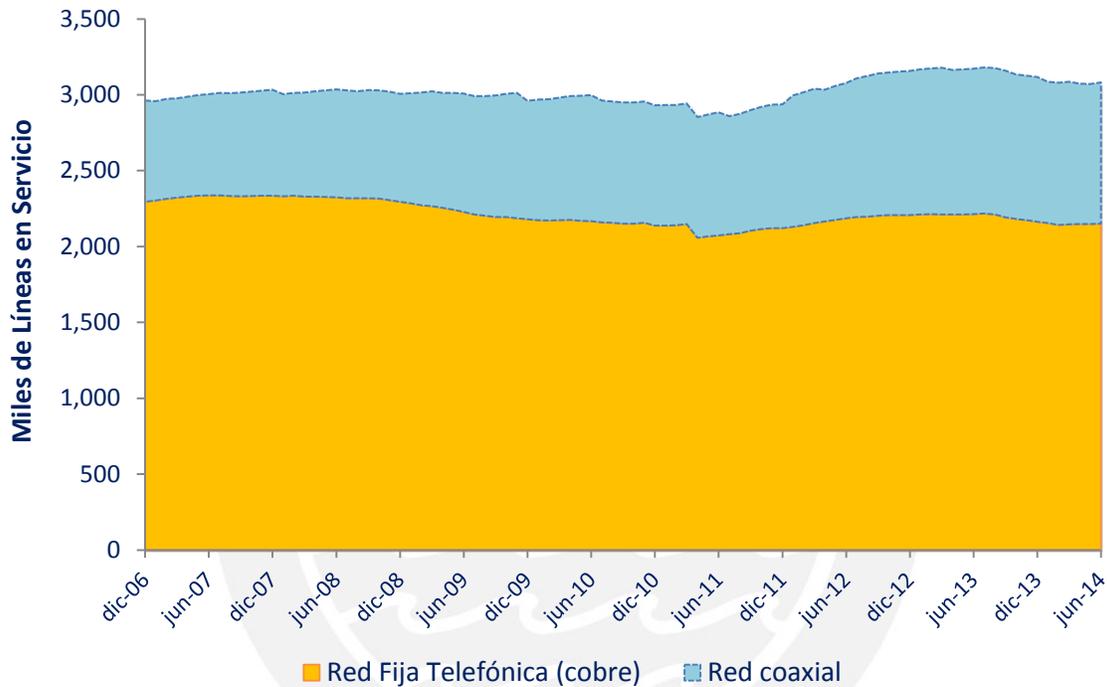
Elaboración: Propia



Anexo N° 03: Estado del Servicio de Banda Ancha Fija en el Perú

En el Perú, a junio del año 2014 la planta de telefonía fija de la red de cobre llegó a los 2.1 millones de líneas en servicio, pertenecientes a Telefónica del Perú, mientras que la planta de televisión de paga con cables coaxiales llegaron a 930 mil líneas en servicio, de tal manera que, en total la infraestructura de redes alámbricas llegó a cerca 3 millones de líneas en servicio, de las cuales el 69.8% corresponden a las clásicas líneas de cobre.

Ilustración 82: Infraestructura de Redes Fijas en el Perú

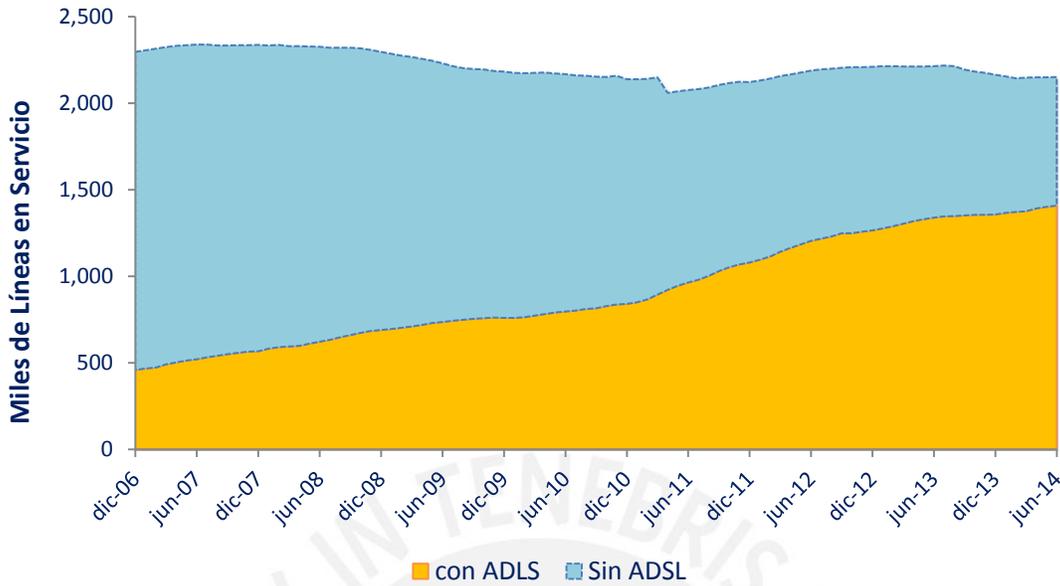


Fuente: OSIPTEL
Elaboración: Propia

La infraestructura alámbrica es manejada principalmente por el Grupo Telefónica, dado que es propietaria de la red de telefonía fija, y de la principal empresa de televisión de paga, así a junio del año 2014 casi el 90% de la infraestructura alámbrica se encontraba bajo la administración de Telefónica.

A partir de la implementación del sistema ADSL en el Perú, progresivamente los hogares han comenzado a contratar servicios ADSL. A junio del 2014, ya el 65% de los abonados de telefonía fija, es decir, 1.4 millones de líneas, ha adoptado el servicio ADLS.

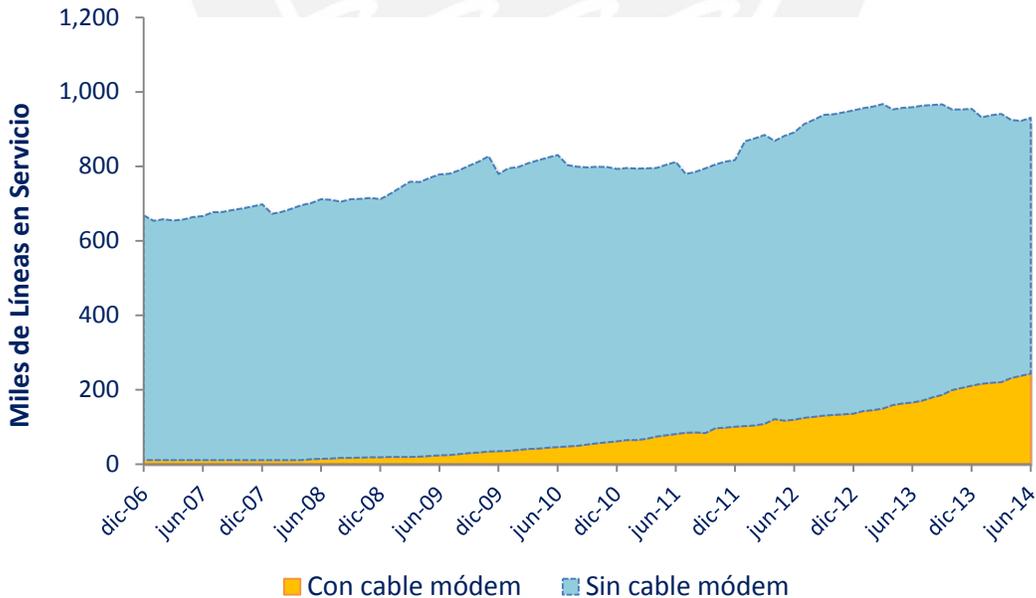
Ilustración 83: Adopción del Sistema ADSL



Fuente: OSIPTEL
Elaboración: Propia

Por otra parte, la adopción del sistema cable módem por parte de los suscriptores de televisión de paga ha llegado a menos del 26% a junio del 2014, es decir, gran parte de la red coaxial sólo provee televisión de paga, principalmente debido a que el principal operador de televisión de paga es el Grupo Telefónica.

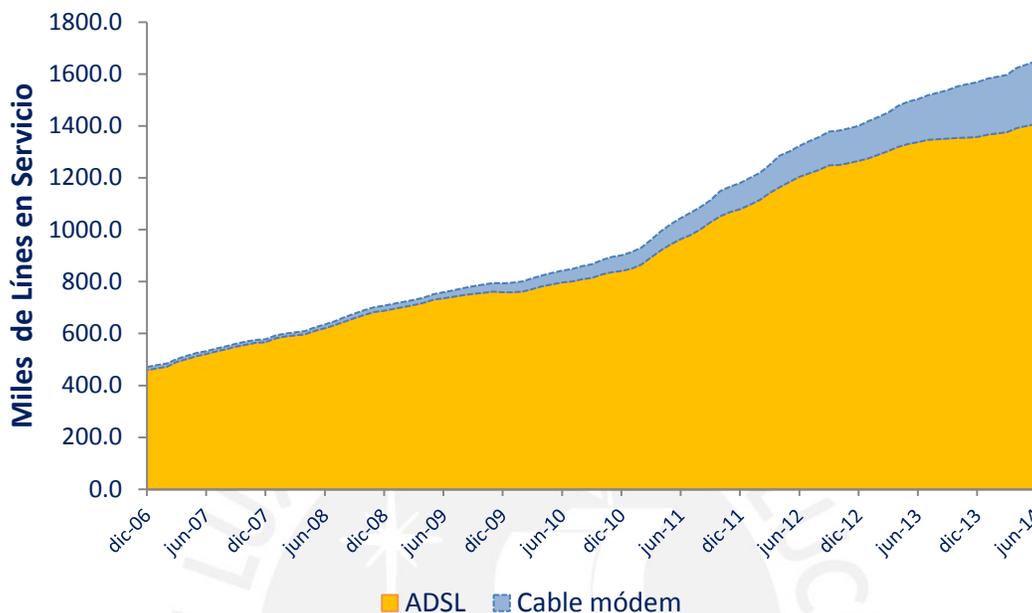
Ilustración 84: Adopción del Sistema DOCSIS



Fuente: OSIPTEL
Elaboración: Propia

Los accesos ADSL pasaron de 458 mil suscriptores en el año 2006 a 1.4 millones para junio del 2014, mientras que las suscripciones de cable módem pasaron de 12 mil en el 2006 a 242 mil en el junio del 2014.

Ilustración 85: Accesos de Banda Ancha por Tecnología



Fuente: OSIPTEL
Elaboración: Propia

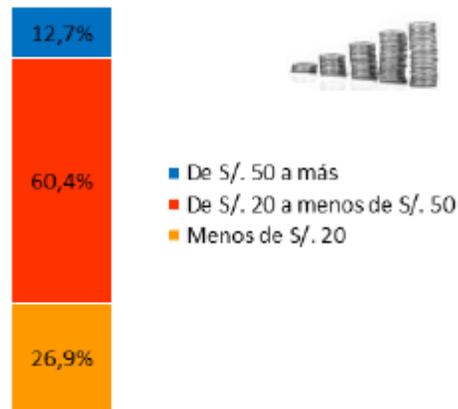
En relación a las características de la demanda de banda ancha, el OSIPTEL ha realizado dos encuestas sobre el uso de los servicios de telecomunicaciones (ERESTEL 2012 Y 2013) en el Perú, cuya información puede ayudar a clarificar algunos aspectos de la demanda de banda ancha.

En efecto, según la encuesta ERESTEL³⁷, el 51.9% de los hogares tiene un gasto mensual de S/. 50 a S/. 100 por acceder a internet. No obstante, el 29.9% de los hogares manifiesta que es muy probable que no contratará un servicio de internet fijo, un 35.3% indica que probablemente no contrate un servicio de banda ancha. De manera que solamente el 34.8% tiene disposición a contratar el servicio de banda ancha. En relación a la disponibilidad a pagar, los resultados de la encuesta al 2013 señalan que el 60.4% de los hogares está dispuesto a pagar una renta mensual entre S/. 20 y S/. 50.

Por otra parte, la encuesta ERESTEL 2013 también explora la potencial sustitución entre el internet móvil y el internet fijo. Al respecto, el 49.4% de los encuestados señalan estar nada dispuestos a dejar su servicio de internet fijo, el 19.3% poco dispuesto, el 23.7% indiferente. Se observa un resultado simétricamente semejante, cuando se consulta a los encuestados si están dispuestos a sustituir el internet móvil por el internet fijo.

³⁷ Los valores estimados que se presenta en esta parte fueron tomados de OSIPTEL, Los servicios de Telecomunicaciones en los hogares peruanos – Encuesta Residencial de Servicios de Telecomunicaciones (ERESTEL), Lima, 2014. Ubicado en la página web del OSIPTEL.

Ilustración 86: Disponibilidad a pagar por el servicio de internet fijo 2013



Fuente: OSIPTEL, ERETEL. 2013

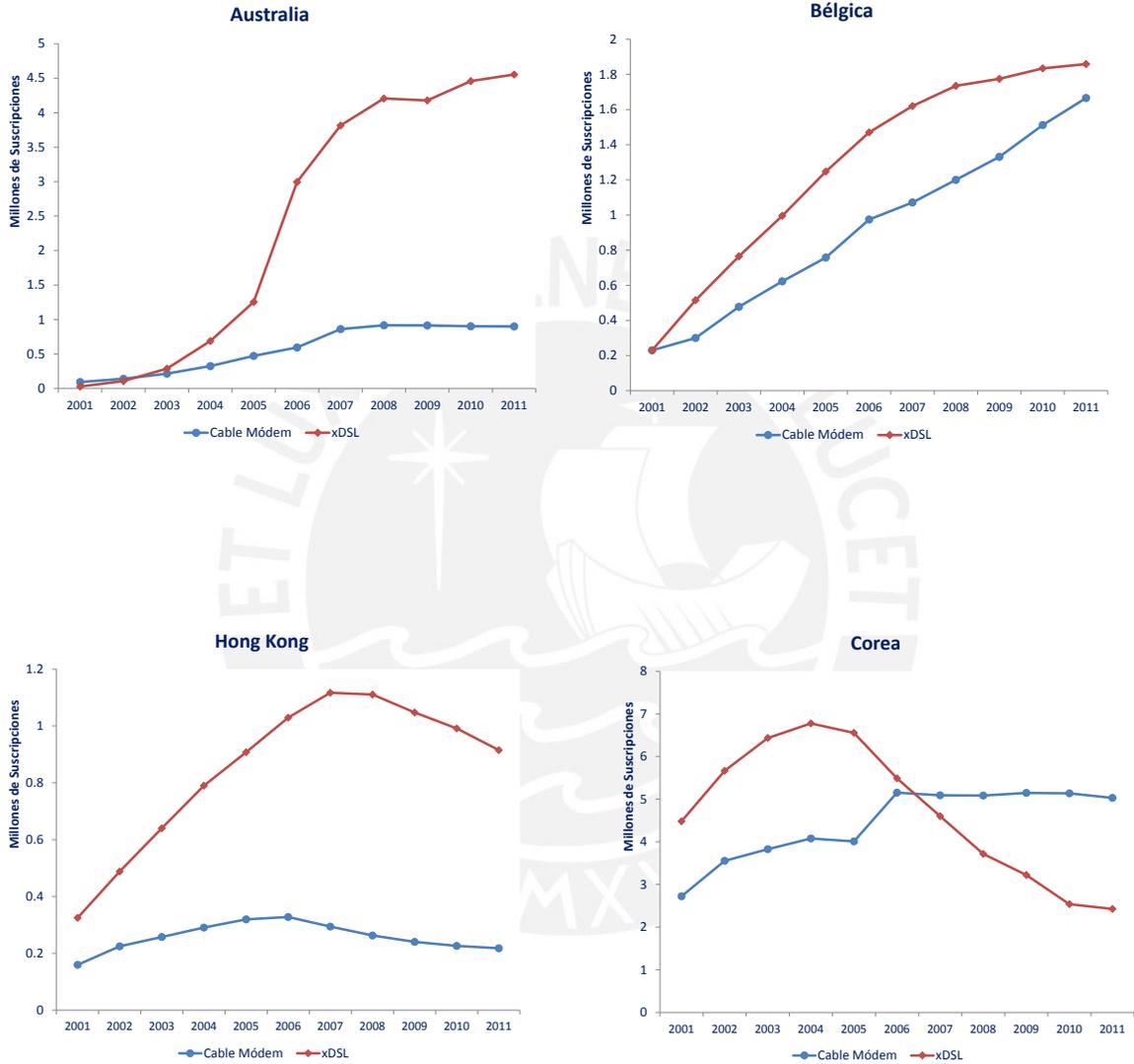
Elaboración: OSIPTEL



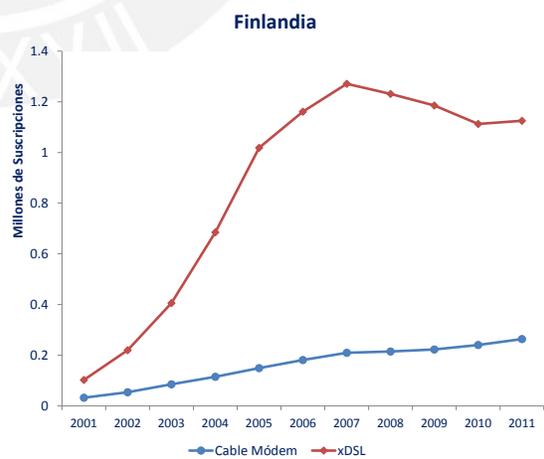
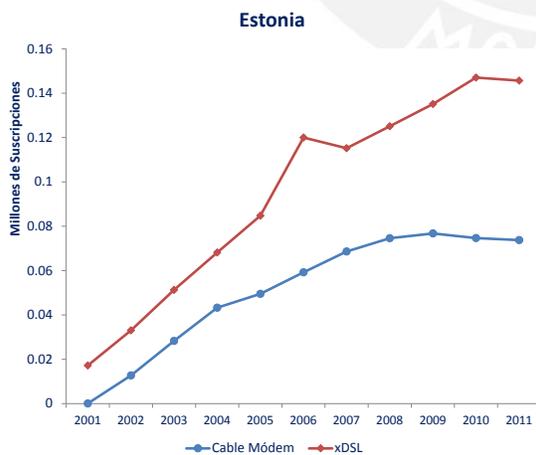
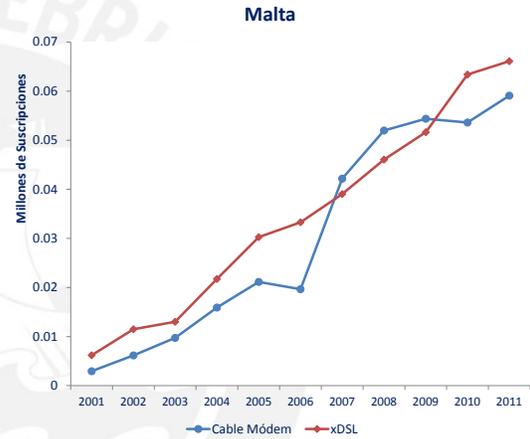
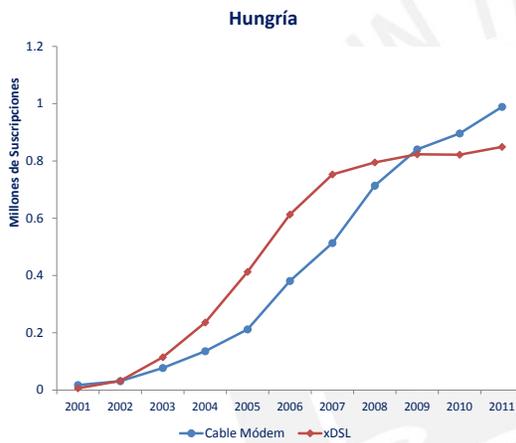
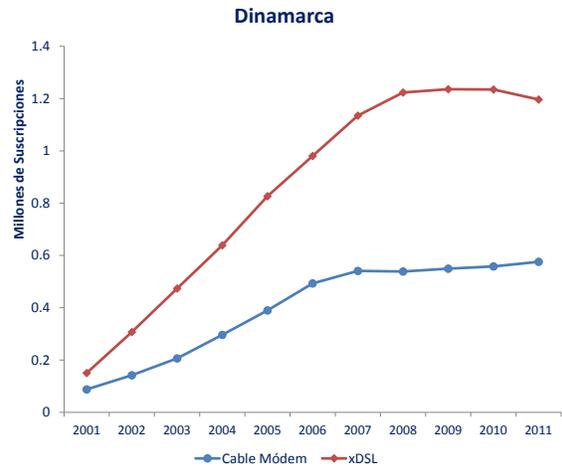
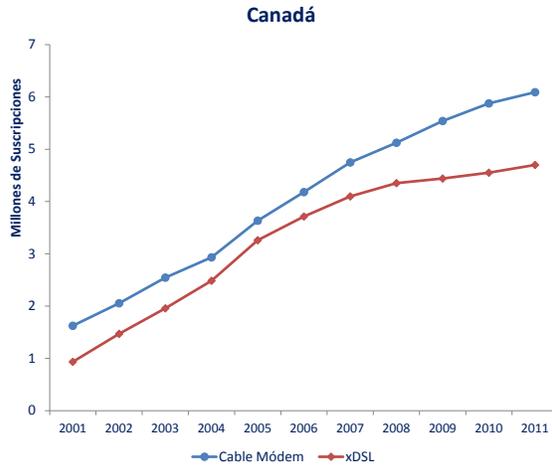
Anexo N° 04: Evolución de los accesos xDSL y Cable Módem en otros países

A continuación se presenta gráficamente la evolución de los accesos xDSL y cable módem en una muestra de 24 países.

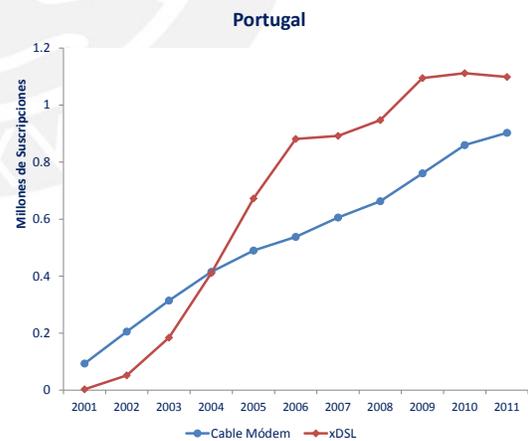
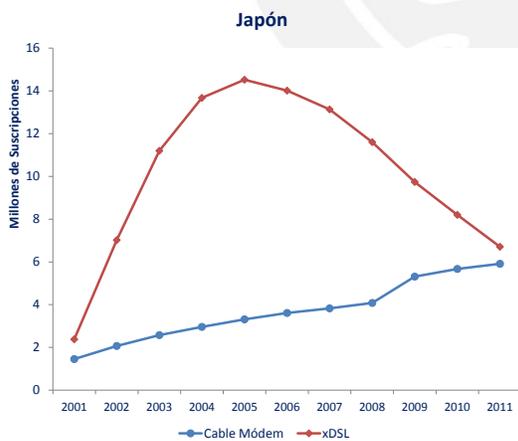
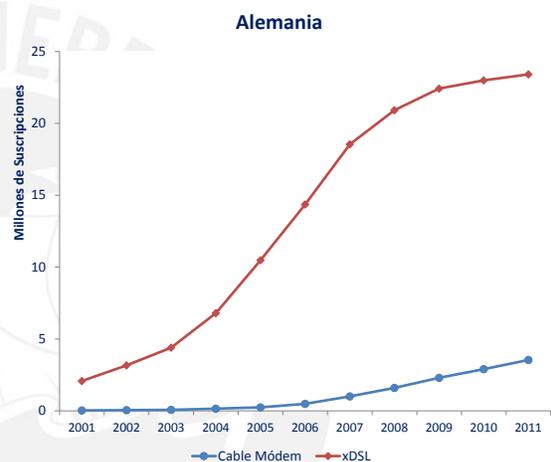
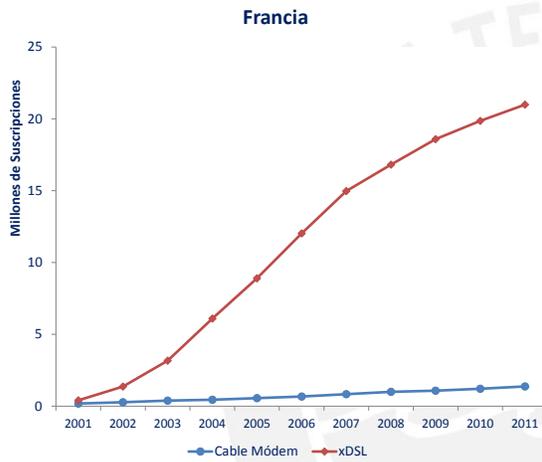
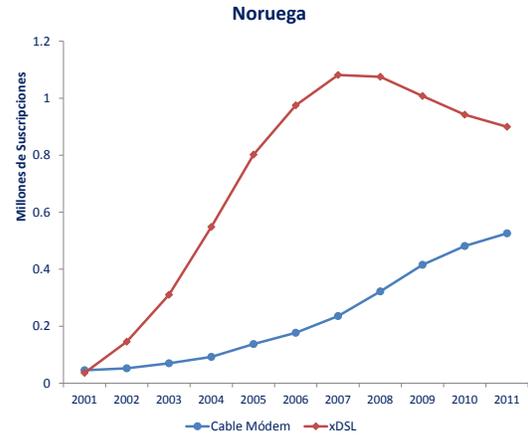
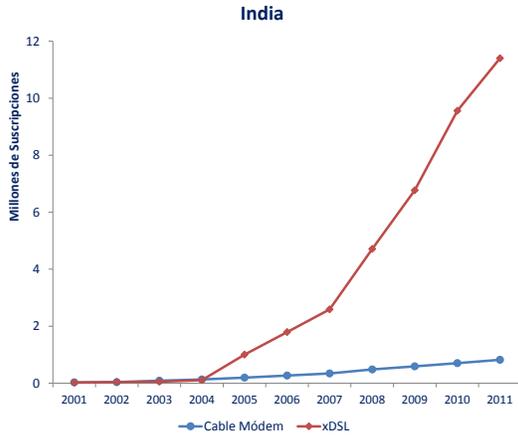
Ilustración 87: Muestra de países – Evolución de redes de banda ancha fija



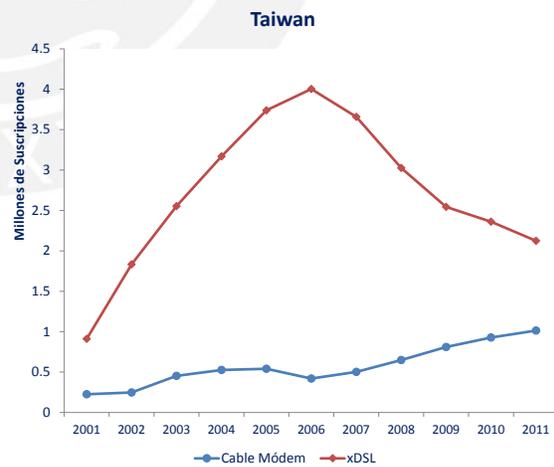
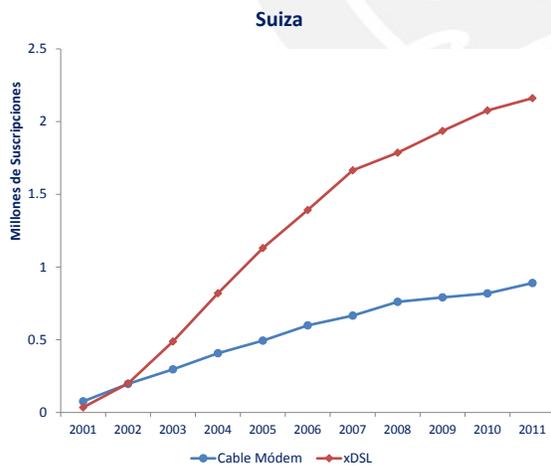
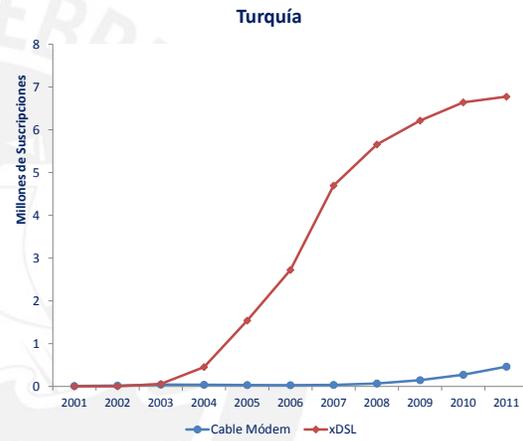
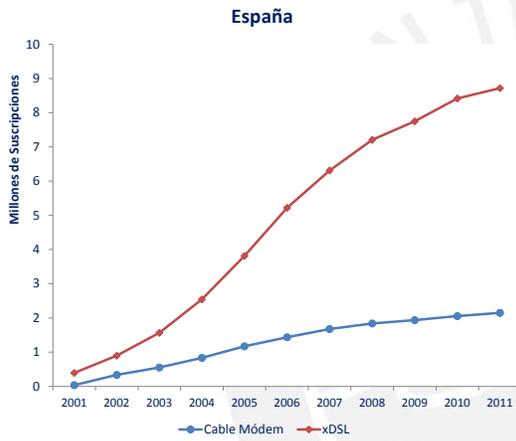
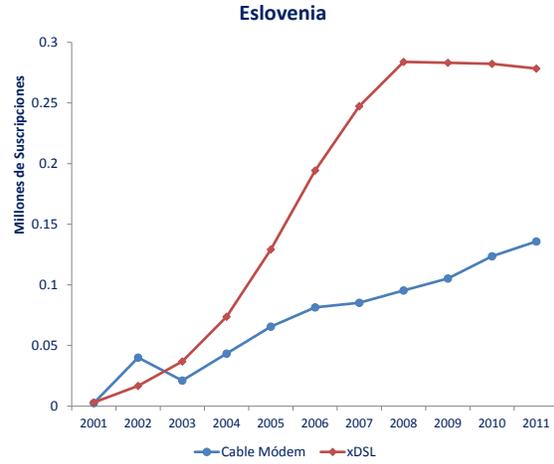
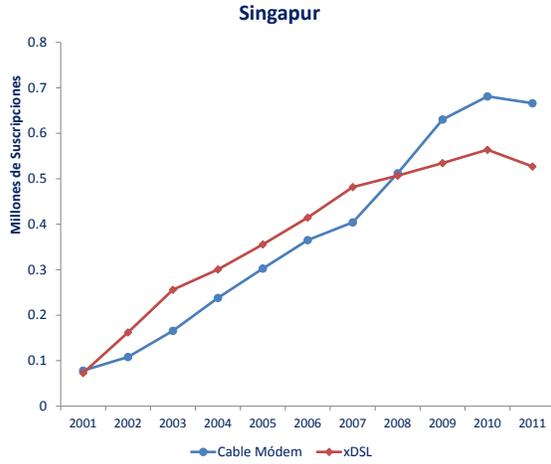
Fuente: ITU
Elaboración: Propia



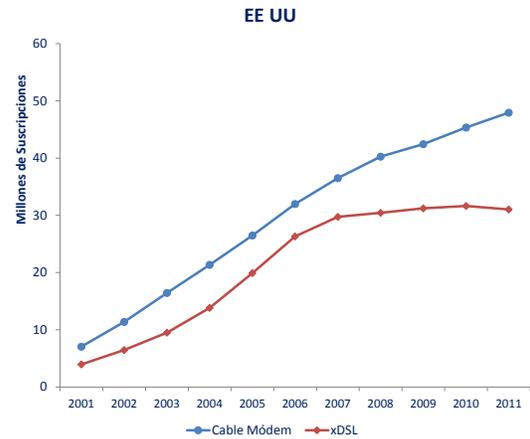
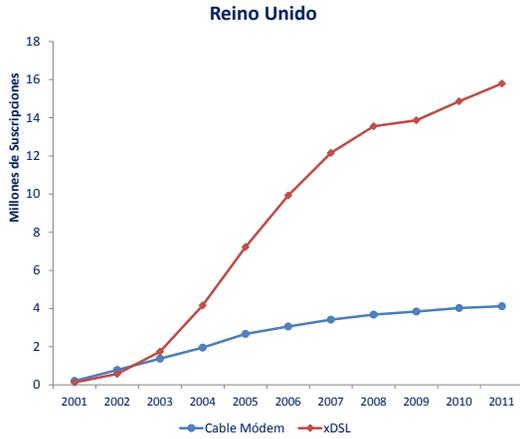
Fuente: ITU
Elaboración: Propia



Fuente: ITU
Elaboración: Propia



Fuente: ITU
Elaboración: Propia

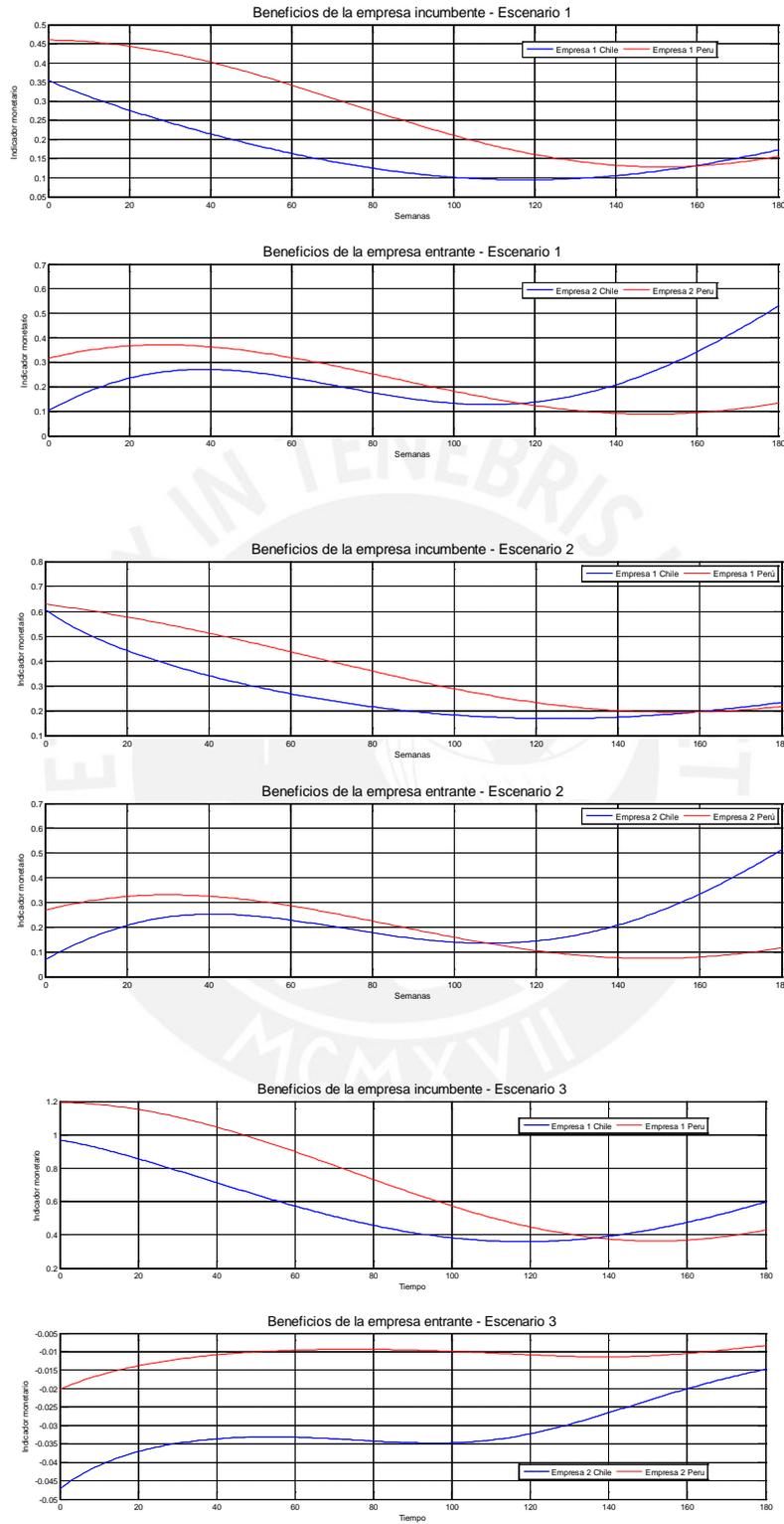


Fuente: ITU
Elaboración: Propia.



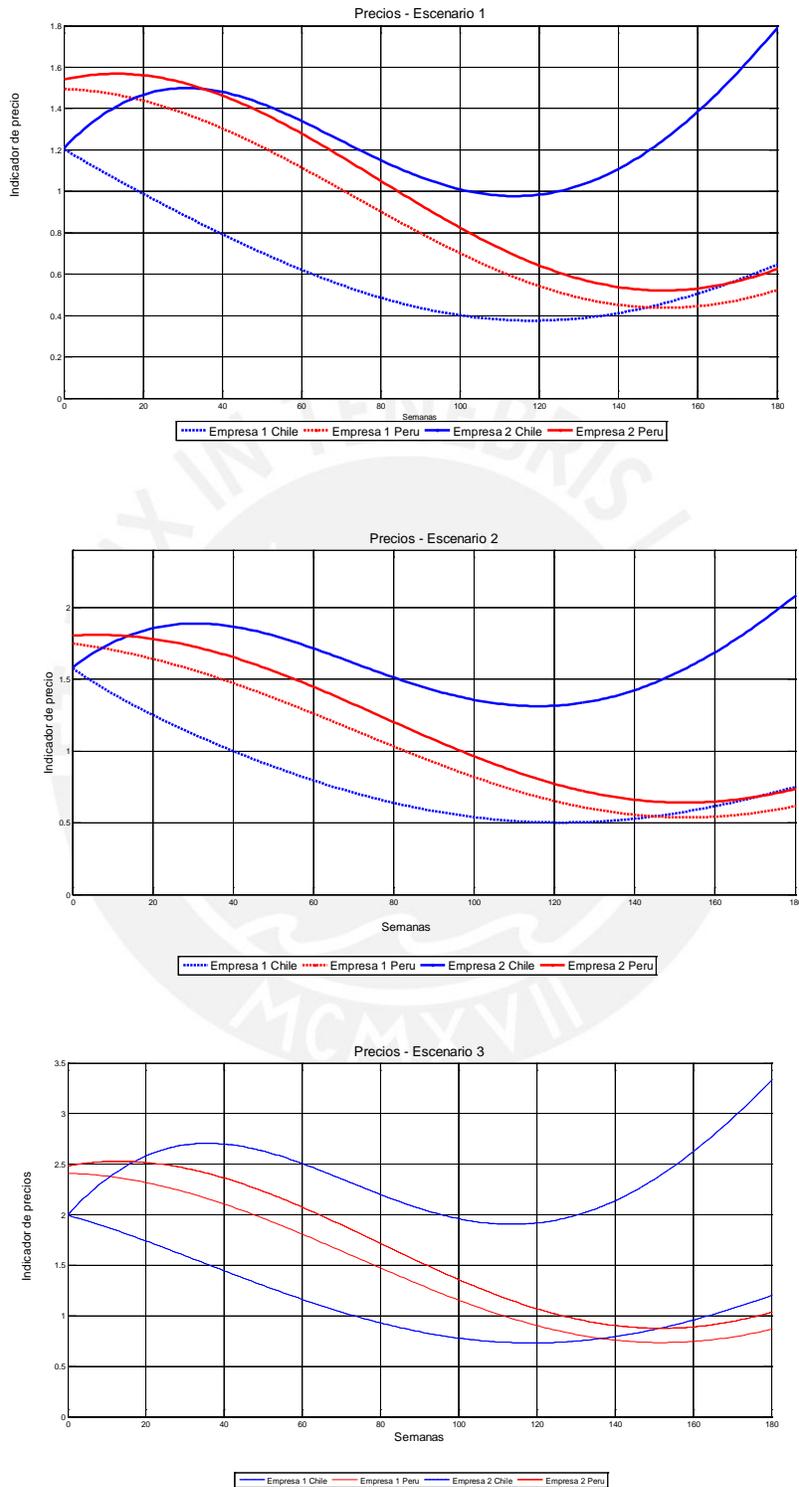
Anexo N° 05: Beneficios de las empresas en la calibración para Perú y Chile

Ilustración 88: Estimación de los beneficios



Elaboración: Propia.

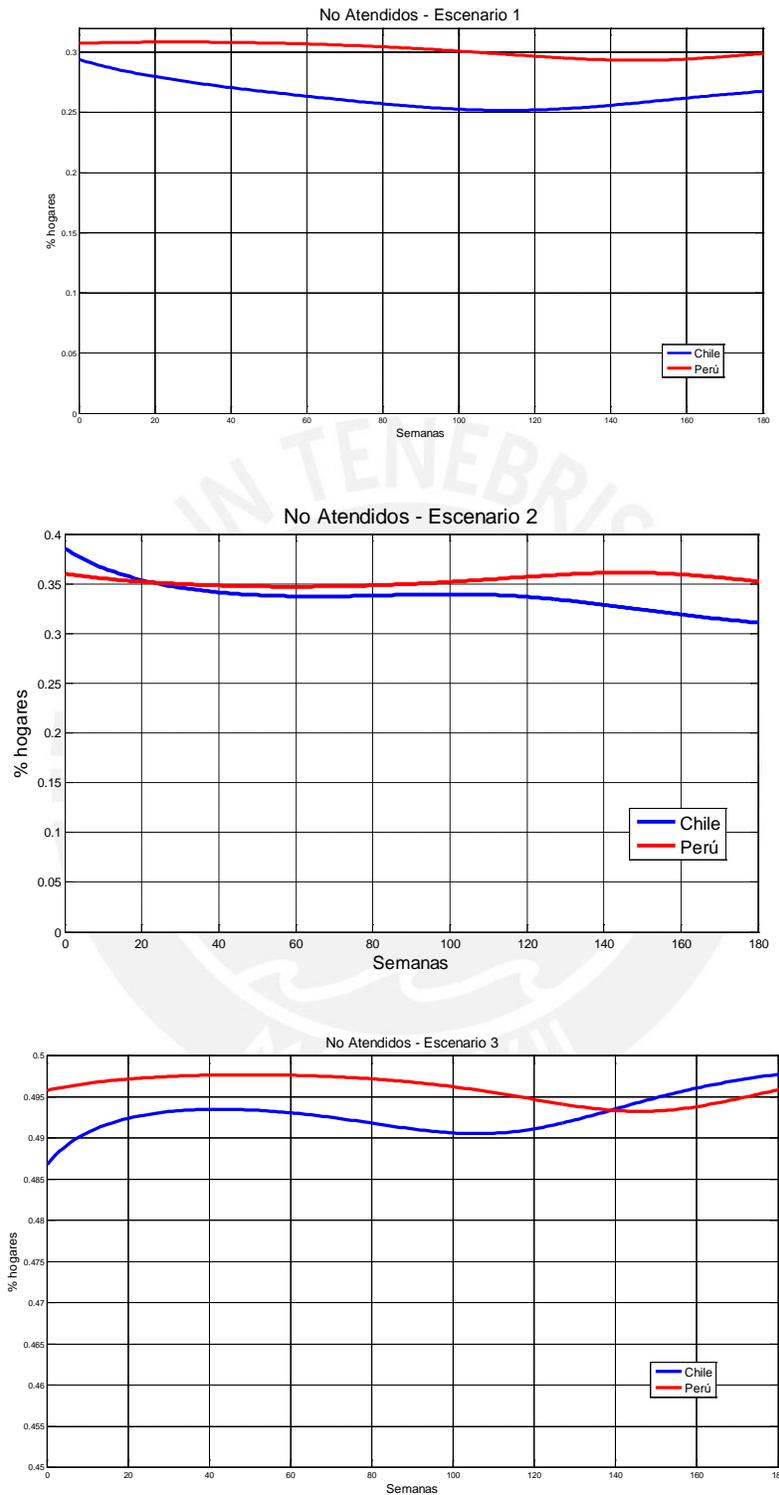
Anexo N° 06: indicadores de precios de equilibrio de las empresas en la calibración para Perú y Chile
Ilustración 89: Estimación de los precios



Elaboración: Propia.

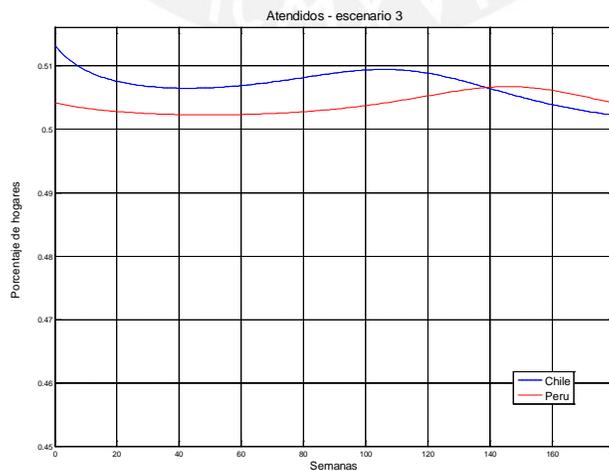
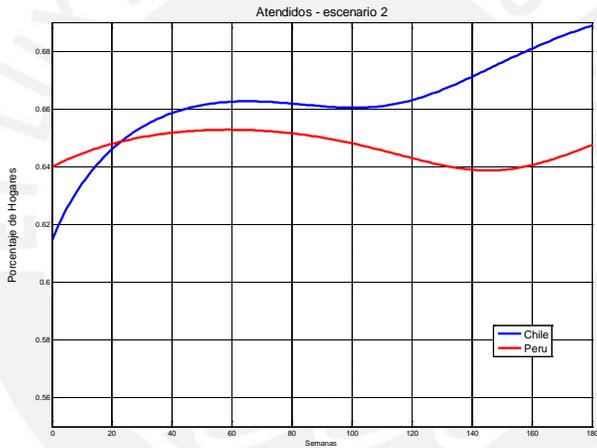
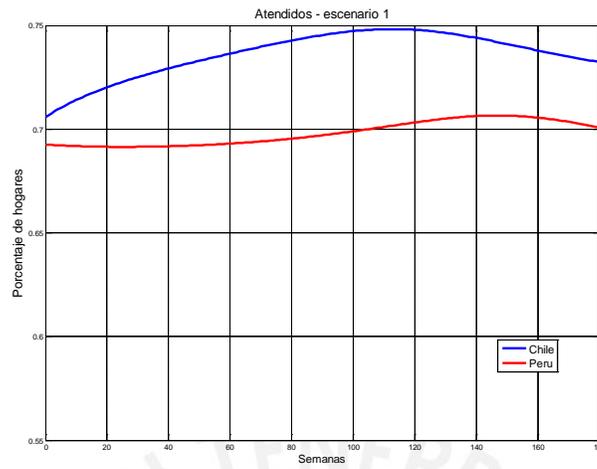
Anexo N° 07: Porcentaje de no atendidos en la calibración para Perú y Chile

Ilustración 90: Estimación de no atendidos



Elaboración: Propia.

Anexo N° 08: Porcentaje de atendidos en la calibración para Perú y Chile
Ilustración 91: Estimación de atendidos



Elaboración: Propia.

GLOSARIO

ARPANET:

“La red de computadoras *Advanced Research Projects Agency Network* (ARPANET) fue creada por encargo del Departamento de Defensa de Estados Unidos (“DO D” por sus siglas en inglés) como medio de comunicación para los diferentes organismos de EEUU”.

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/ARPANET>

Backbone:

“El término *backbone* también se refiere al cableado troncal o subsistema vertical en una instalación de red de área local que sigue la normativa de cableado estructurado.”

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Backbone>

Cable coaxial:

“El cable coaxial, *coaxcable* o *coax*, creado en la década de 1930, es un cable utilizado para transportar señales eléctricas de alta frecuencia que posee dos conductores concéntricos, uno central, llamado vivo, encargado de llevar la información, y uno exterior, de aspecto tubular, llamado malla, blindaje o trenza, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes. Entre ambos se encuentra una capa aislante llamada dieléctrico, de cuyas características dependerá principalmente la calidad del cable. Todo el conjunto suele estar protegido por una cubierta aislante (también denominada chaqueta exterior).

El conductor central puede estar constituido por un alambre sólido o por varios hilos retorcidos de cobre; mientras que el exterior puede ser una malla trenzada, una lámina enrollada o un tubo corrugado de cobre o aluminio. En este último caso resultará un cable semirrígido.

Debido a la necesidad de manejar frecuencias cada vez más altas y a la digitalización de las transmisiones, en años recientes se ha sustituido paulatinamente el uso del cable coaxial por el de fibra óptica, en particular para distancias superiores a varios kilómetros, porque el ancho de banda de esta última es muy superior.”

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_coaxial

CATV:

“La televisión por cable, comúnmente llamada video cable, o simplemente cable, es un sistema de servicios de televisión prestado a los consumidores a través de

señales de radiofrecuencia que se transmiten a los televisores fijos a través de redes de fibra óptica o cable coaxial. Usualmente se distribuyen a lo largo de la ciudad, compartiendo el tendido con los cables de electricidad y teléfono; en oposición al método a través del aire que se utiliza en la radiodifusión televisiva tradicional (a través de ondas de radio) en la que se requiere una antena de televisión. Pese a su nombre, los servicios de televisión por cable a menudo incluyen señales de radio.”

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/CATV>

DOCSIS:

“Se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV) existente. Muchos operadores de televisión por cable lo emplean para proporcionar acceso a Internet sobre una infraestructura HFC (red híbrida de fibra óptica y coaxial) existente. La primera especificación DOCSIS fue la versión 1.0, publicada en marzo de 1997, seguida de la revisión 1.1 en abril de 1999.”

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/DOCSIS>

Gateway:

“Una pasarela, puerta de enlace o *gateway* es un dispositivo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red inicial al protocolo usado en la red de destino. El *gateway* o «puerta de enlace» es normalmente un equipo informático configurado para dotar a las máquinas de una red local (LAN) conectadas a él de un acceso hacia una red exterior, generalmente realizando para ello operaciones de traducción de direcciones IP (NAT: *Network Address Translation*). Esta capacidad de traducción de direcciones permite aplicar una técnica llamada *IP Masquerading* (enmascaramiento de IP), usada muy a menudo para dar acceso a Internet a los equipos de una red de área local compartiendo una única conexión a Internet, y por tanto, una única dirección IP externa.”

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Pasarela_\(telecomunicaciones\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Pasarela_(telecomunicaciones))

HFC:

“Siglas de *Hybrid Fiber Coaxial* (Fibra híbrida coaxial). En Telecomunicaciones, es un término que define una red que incorpora tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha.”

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/HFC>

HTML:

“Siglas de *Hyper Text Markup Language* («lenguaje de marcas de hipertexto»), hace referencia al lenguaje de marcado para la elaboración de páginas web. Es un estándar que sirve de referencia para la elaboración de páginas web en sus diferentes versiones, define una estructura básica y un código (denominado código HTML) para la definición de contenido de una página web, como texto, imágenes, etc.”

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Html>

INTERNET

“Internet es un conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas que utilizan la familia de protocolos TCP/IP, lo cual garantiza que las redes físicas heterogéneas que la componen funcionen como una red lógica única, de alcance mundial. Sus orígenes se remontan a 1969, cuando se estableció la primera conexión de computadoras, conocida como ARPANET, entre tres universidades en California y una en Utah, Estados Unidos.

Uno de los servicios que más éxito ha tenido en Internet ha sido la *World Wide Web* (WWW o la Web), a tal punto que es habitual la confusión entre ambos términos. La WWW es un conjunto de protocolos que permite, de forma sencilla, la consulta remota de archivos de hipertexto. Esta fue un desarrollo posterior (1990) y utiliza Internet como medio de transmisión.”

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Internet>

ISP:

“Un proveedor de servicios de Internet (o ISP, por la sigla en inglés de *Internet Service Provider*) es una empresa que brinda conexión a Internet a sus clientes. Un ISP conecta a sus usuarios a Internet a través de diferentes tecnologías como DSL, Cable módem, GSM, Dial-up.”

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Proveedor_de_servicios_de_Internet

Mbps:

“Un megabit por segundo (Mb/s, Mbit/s o Mbps) es una unidad que se usa para cuantificar un caudal de datos equivalente a 1 024 kb/s.”

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Mbps>

UIT:

“La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de Telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las

distintas administraciones y empresas operadoras. La UIT es la organización intergubernamental más antigua del mundo, con una historia que se remonta más de 130 años hasta 1865, fecha de la invención de los primeros sistemas telegráficos. Se creó para controlar la interconexión internacional de estos sistemas de telecomunicación pioneros.”

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/UIT>

Router:

“Un *router* —anglicismo también conocido enrutador o encaminador de paquetes y españolizado como rúter—³ es un dispositivo que proporciona conectividad a nivel de red o nivel tres en el modelo OSI. Su función principal consiste en enviar o encaminar paquetes de datos de una red a otra, es decir, interconectar subredes, entendiendo por subred un conjunto de máquinas IP que se pueden comunicar sin la intervención de un encaminador (mediante bridges), y por tanto, tienen prefijos de red distintos.”

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Router>

xDSL:

“DSL (siglas de *Digital Subscriber Line*, "línea de suscripción digital") es una familia de tecnologías que proporcionan el acceso a Internet mediante la transmisión de datos digitales a través de los cables de una red telefónica local.”

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/XDSL>