

NÚMERO 149

ALEJANDRO CUAUHTÉMOC ESCANDÓN JIMÉNEZ
CARLOS JACK LÓPEZ MOCTEZUMA JASSÁN

Efectos del marco regulador en la eficiencia de las compañías de telefonía móvil

JULIO 2004



www.cide.edu

• Las colecciones de **Documentos de Trabajo** del **CIDE** representan un medio para difundir los avances de la labor de investigación, y para permitir que los autores reciban comentarios antes de su publicación definitiva. Se agradecerá que los comentarios se hagan llegar directamente al (los) autor(es).

• D.R. © 2004. Centro de Investigación y Docencia Económicas, carretera México-Toluca 3655 (km. 16.5), Lomas de Santa Fe, 01210, México, D.F.
Tel. 5727•9800 exts. 2202, 2203, 2417
Fax: 5727•9885 y 5292•1304.
Correo electrónico: publicaciones@cide.edu
www.cide.edu

• Producción a cargo del (los) autor(es), por lo que tanto el contenido así como el estilo y la redacción son su responsabilidad.

Resumen

Dada la importancia del sector de telefonía móvil en la economía y ya que es un sector altamente politizado, por lo que resulta conveniente regularlo, se demostrará, a través de indicadores objetivos de eficiencia, cuáles son las empresas más eficientes de una muestra de cinco países de América Latina dentro del periodo 2000-2001. Con dichos indicadores se identificarán las medidas que deben implementar los entes reguladores en cada uno de sus países para obtener un ambiente despolitizado, competitivo, de certidumbre y de confianza que coadyuven con el desarrollo de la industria y la obtención de un mayor beneficio social. Para obtener estos resultados se utilizarán las siguientes cuatro metodologías para el cálculo de la eficiencia:

- 1. Indicadores Operativos (KPI - por sus siglas en inglés "Key Performance Indicators").*
- 2. Mínimos Cuadrados Ordinarios.*
- 3. Análisis Envolvente de Datos (DEA - por sus siglas en inglés "Data Envelopment Analysis").*
- 4. Fronteras Estocásticas de Producción.*

La principal contribución de este trabajo es la utilización del Análisis Envolvente de Datos y el análisis a través de Fronteras Estocásticas, metodologías que no han sido usadas en América Latina para el cálculo de eficiencia en la industria de la telefonía móvil. Su importancia no radica tanto en los resultados obtenidos, sino en que marca la pauta para futuras investigaciones en el sector de telecomunicaciones a través de la profundización de estas metodologías con una muestra mayor y con la inclusión de nuevas variables.

Abstract

Given the importance of the wireless sector in a certain economy and given its high politics matters, where results adequate regulate it, we will demonstrate through objectives efficiency indicators, what companies are the most efficient of a five countries sample around Latin America during 2000-2001 period. With these indicators we will get measures that must be implemented for the regulatory entities in each country to get a depoliticized, competitive and certainty environment; creating more investment and a higher development in the sector, besides higher social

benefits. To get these efficiency indicators we will use the next four methodologies:

- 1. Key Performance Indicators (KPI's).*
- 2. Ordinary Least Squares (OLS).*
- 3. Data Envelopment Analysis (DEA).*
- 4. Stochastic Production Frontiers.*

The principal contribution of this paper is the application of DEA and Stochastic Production Frontiers methodologies, never used before in Latin America to calculate efficiency in the wireless companies. This work represents a landmark for future investigation papers in telecom sector through these methodologies using new variables and new data.

Introducción

Las telecomunicaciones se definen como los sistemas y técnicas que permiten la emisión y recepción de señales, sonidos, imágenes, escritos o informaciones de cualquier naturaleza por procedimientos ópticos, eléctricos o electromagnéticos¹. Esta definición fue dada por el organismo Unión Internacional de Telecomunicación (ITU - por sus siglas en inglés), creado en 1934 con el objeto de regular y fomentar el desarrollo internacional de las telecomunicaciones.

El sector de las telecomunicaciones es un sector prioritario para las economías alrededor del mundo, ya que representa un medio para el desarrollo integral de los países dada su importancia como herramienta de comunicación, detonador del crecimiento económico y como un medio de intercambio de información entre los diferentes agentes económicos. Estas características hacen de dicho sector objeto de estudio en términos económicos.

Dentro del sector de las telecomunicaciones el principal desarrollo observado en el siglo XX se dio en el ámbito de la telefonía fija y sus aplicaciones. Este desarrollo y el descubrimiento de la telecomunicación por microondas, a principios de la década de 1950, formó un nuevo sector en la industria: la telefonía móvil, la cual cuenta con algunas características compartidas con la telefonía fija, como son externalidades de red, problemas de interconexión y subsidios cruzados.

Este nuevo sector, dentro del ámbito de las telecomunicaciones, se ha desarrollado fuertemente en todo el mundo y en los últimos años sobre todo para América Latina. Esta región, no ha sido la excepción y aunque va pasos atrás de regiones altamente desarrolladas como Europa y Estados Unidos (más del 50% y más de 45% de penetración respectivamente²) es la que muestra un crecimiento más dinámico en los últimos años.

Pero nos podemos preguntar ¿por qué la importancia de este sector? Para contestar esto podemos decir que este sector muestra inversiones multimillonarias en América Latina (14,984 millones de pesos tan sólo en los países que analizaremos más adelante³). Podemos ver cómo uno de cada cinco habitantes en la región cuenta con un teléfono móvil, y no sólo es el número de personas que cuentan con el servicio sino también la tasa de crecimiento de la industria en la región, una tasa de crecimiento mayor al 70% al año, nivel que se ha mantenido por más de tres años consecutivos⁴.

La telefonía fija ha presentado un lento crecimiento de la red y un difícil acceso a regiones que no son económicamente viables, por sus características geográficas. Este es un problema que se ha resuelto por medio de la tecnología

¹ Definición dada por la Unión Internacional de Telecomunicación (ITU- por sus siglas en inglés)

² Wireless Matrix – 4Q01 Quarterly on Global Wireless Industry Metrics, Merrill Lynch, March 2002 (13-14).

³ Ver informe anual 2001 de América Móvil.

⁴ Wireless Matrix – 4Q01 Quarterly on Global Wireless Industry Metrics, Merrill Lynch, March 2002.

de la telefonía móvil, la cual le ha permitido a una gran parte de la población, utilizar un medio de comunicación al que antes no tenía acceso. Para dar un ejemplo, en México el número de líneas móviles ha superado el de líneas fijas y esta tendencia se espera continúe en otros países de la región⁵.

Además la telefonía móvil representa un nuevo canal de transmisión más rápido y eficiente para el intercambio de información. Asimismo permite a diferentes tipos de usuarios acceder a un servicio que satisfaga sus necesidades, las cuales pueden ser cubiertas desde una simple transmisión de voz, hasta sofisticados y rápidos sistemas de transmisión de datos.

La Tabla 1.1 resume los factores que hacen de la telefonía móvil una industria importante dentro de las economías de países como: Brasil, Colombia, Ecuador, Guatemala y México⁶. Se presentarán los datos del monto de inversiones en millones de dólares, tráfico como medida de consumo, el número de suscriptores de líneas móviles contra los de telefonía fija. Y, finalmente, se compara el crecimiento de estos indicadores con la variación del PIB para el mismo periodo de 2000 a 2001.

T A B L A 1 . 1
IMPORTANCIA DE LA TELEFONÍA MÓVIL

	Monto de Inversiones (Millones de US\$)			Tráfico como medida de consumo (Millones Minutos)			Líneas mov./ Líneas fijas Como indicador de crec.			PIB Var ^o %
	2000	2001	Suma	2000	2001	Var ^o %	2000	2001	Var ^o %	2001
Brasil	n.d.	215.90	215.90	3,910.98	5,127.55	31.1%	70%	75%	6.8%	1.5%
Colombia	n.d.	64.52	64.52	1,052.00	1,497.89	42.4%	28%	41%	45.1%	1.5%
Ecuador	34.36	36.20	70.56	210.74	289.18	37.2%	40%	39%	-1.9%	5.4%
Guatemala	47.80	105.04	152.84	469.00	802.00	71.0%	109%	148%	36.2%	0.1%
México	1,310.00	1,186.00	2,496.00	7,892.04	11,677.22	48.0%	113%	148%	31.3%	-0.3%
TOTAL	1,392.16	1,607.67	2,999.83	13,534.76	19,393.83	43.3%	70%	75%	6.8%	1.5%

Fuente: Informe anual 2001 de América Móvil

Podemos ver en la tabla anterior que los crecimientos de cada uno de los indicadores han sido mayores que la variación en el PIB. A pesar de que el crecimiento en este último, ha sido relativamente moderado, éste no es el caso para el aumento en el número de inversiones, el consumo y el total de usuarios. Por lo que esto muestra la importancia del sector de la telefonía móvil en Latinoamérica y nos proporciona argumentos para considerarla como una industria digna de estudio y como detonadora del crecimiento económico.

⁵ Datos de Telmex, Iusacell y Telcel.

⁶ Estos países se escogieron debido a diferentes características de sus mercados que los hacen representativos en América Latina, las cuales serán explicadas más adelante.

1.1 Regulación en la Industria Telecom

El sector de las telecomunicaciones es un sector fuertemente regulado dadas las siguientes características:

Telefonía Fija:

- Altos costos fijos en la instalación de las redes (monopolio natural).
- Externalidades de red.
- Problema de interconexión.
- Subsidios cruzados.

Telefonía Móvil:

- Externalidades de red.
- Problema de interconexión.
- Subsidios cruzados.

Este sector se politizado mucho dada su importancia en la economía, su crecimiento, el control en sus tarifas y por sus características antes descritas. Otro factor que politiza al sector son los múltiples intereses, tanto privados como públicos, los que en muchas ocasiones se contraponen. Mientras el primero trata de maximizar sus beneficios, el segundo trata de maximizar los beneficios sociales de la economía.

Las empresas al intentar maximizar sus propios beneficios buscan apropiarse del excedente del consumidor, aprovechando las características del sector y la flexibilidad del marco regulatorio. Una manera de hacerlo es a través del ajuste en tarifas, ya sea a la alza o a la baja, o por medio de la aplicación de subsidios cruzados, lo que dependerá del ambiente competitivo y de la elasticidad de la demanda. Dicho ajuste en tarifas no implica necesariamente un aumento en la eficiencia ni de un mayor beneficio para el sector en su conjunto.

Por otro lado, el gobierno trata de maximizar el beneficio social y la eficiencia en el sector. Sin embargo, la búsqueda de distintos objetivos entre estos dos agentes económicos pueden provocar desequilibrios en la economía y, por tanto, menores beneficios sociales. Por lo anterior, surge la necesidad de crear un ente regulador, el cual por medio de un marco regulatorio genere un ambiente de certidumbre, confiabilidad, competencia, lo cual conlleva como consecuencia a una despolitización del sector. Cabe señalar, que la despolitización no es un objetivo del ente regulador, pero se genera a partir de la obtención de medidas objetivas de eficiencia, ya que éstas justifican las medidas tomadas por el ente regulador para aumentar dicha eficiencia, eliminando así el costo político.

Una vez mencionada la necesidad de la regulación dentro del sector de telecomunicaciones, y más específicamente dentro de la industria de la telefonía móvil, surge la necesidad de contar con indicadores de eficiencia. Éstos pueden contribuir a la despolitización del sector, siempre y cuando sean indicadores objetivos que le permitan al ente regulador tomar decisiones en cuanto a tarifas, límites de precios, subsidios y, en general, sobre la organización de su industria con lo cual justifique su régimen regulatorio y los cambios que quiera realizar en él. Asimismo el ente regulador puede verificar si está desempeñando de manera adecuada sus funciones por medio de los resultados de eficiencia en las compañías, los cuales mejorarán si dichas políticas han sido las adecuadas.

Cada país en América Latina cuenta con diferentes características en sus marcos regulatorios, las cuales dependen a su vez del entorno económico, los sistemas jurídicos y la situación de sus respectivos mercados. Dentro de cada marco regulador encontramos distintas características comunes para toda la industria, tales como: régimen de tarifas, sistemas de “el que llama paga”, regalías y duración de las concesiones. Éstas nos permiten observar las semejanzas y diferencias en los distintos marcos reguladores, por las que podemos obtener indicadores objetivos de eficiencia para las empresas que incluimos en este trabajo.

En esta investigación utilizaremos datos de ocho trimestres que comprenden los años de 2000 y 2001 de cinco empresas representativas de cada uno de los siguientes países: Brasil, Colombia, Ecuador, Guatemala y México. Las razones para escoger estos países son las siguientes:

- Penetración de usuarios promedio en la región similar para todos los países;
- Muestran un desarrollo de mercados similar dentro de la región; y
- Empresas públicas donde la información es de fácil acceso y de mayor veracidad.

A pesar de que las empresas argentinas y chilenas presentan una penetración similar a la de los países antes mencionados, no serán incluidas en nuestro análisis. En el caso de Chile, su mercado muestra una industria con mayor madurez, lo que le da características similares a las de un mercado desarrollado como el de los países europeos, por lo que no es representativo de la región. En cuanto a las empresas argentinas, no fueron incluidas debido a la grave crisis económica que se ha presentado en los últimos años, situación que podría distorsionar los resultados de eficiencia.

La elección de las compañías, dentro de cada uno de sus países, se hizo tomando en cuenta que éstas cuentan con una alta participación en sus

mercados por lo que inferimos que son líderes y representativas en cada una de sus industrias. Dichas empresas son las siguientes:

1. Conecel (Consortio Ecuatoriano de Telecomunicaciones), Ecuador.
2. Comcel (Comunicación celular), Colombia.
3. Sercom (Servicios de Comunicación Celular), Guatemala.
4. TAL (Telecom Americas), Brasil.
5. Telcel, México.

Hipótesis

Una vez vista la importancia del sector de telefonía móvil en la economía y dado que es un sector altamente politizado, por lo que resulta conveniente regularlo, se demostrará, a través de indicadores objetivos de eficiencia, cuáles empresas son las más eficientes. Con dichos indicadores se identificarán las medidas que debe implementar los entes reguladores en cada uno de sus países para obtener un ambiente despolitizado, competitivo, de certidumbre y de confianza que coadyuven con el desarrollo de la industria y la obtención de un mayor beneficio social.

Para obtener los resultados arriba planteados utilizaremos las siguientes cuatro metodologías para el cálculo de la eficiencia:

- Indicadores Operativos (KPI - por sus siglas en inglés "Key Performance Indicators").
- Mínimos Cuadrados Ordinarios.
- Análisis Envoltante de Datos (DEA - por sus siglas en inglés "Data Envelopment Analysis")⁷.
- Fronteras Estocásticas de Producción⁸.

1.2 Eficiencia

Debido a que nuestro análisis se basa en la medición de eficiencia de dichas empresas es conveniente definir este término. Podemos señalar que un incremento en la eficiencia significa mejoras en la productividad de una organización (i.e. un incremento en la producción de bienes y servicios dado un

⁷ Coelli, T.J., D.S.P. Rao and G.E. Battese (1998), *"An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis"*, Kluwer Academic Publishers, Boston, Cap. 5-6.

⁸ Los primeros trabajos sobre la estimación de los parámetros de una Función de Frontera de Producción fueron Aigner, D.J. and S.F. Chu (1968), *"On Estimating the Industry Production Function"*, American Economic Review 58, pg. 826-839, Afriat, S.N. (1972), *"Efficiency Estimation of Production Functions"*, International Economic Review 13, pg. 568-598, Richmond, J. (1974), *"Estimating the Efficiency of Production"*, International Economic Review 15, pg. 515-521, pero los que introdujeron el factor estocástico son Aigner, D.J., C.A.K. Lovell and P. Schmidt (1977), *"Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models"*, Journal of Econometrics 6, pg. 21-37.

conjunto de insumos). También la introducción de nuevas tecnologías es otra manera de que una organización pueda aumentar su productividad.

Usualmente las empresas y los gobiernos tratan de disminuir sus costos por servicios y sus empleados para incrementar sus finanzas y así simular que son más eficientes; sin embargo, es posible mejorar la eficiencia incrementando la producción de bienes y servicios fijando una cantidad de insumos. A pesar de esto, el concepto de eficiencia es muy relativo, ya que también se entiende como el cociente entre insumos y productos finales. Por lo tanto se definirán los siguientes tres conceptos de eficiencia:

- *Eficiencia Técnica*: Es una medida de habilidad que posee una organización para convertir insumos en productos, es decir maximizar la producción dados los insumos o producir dicha cantidad con el mínimo de insumos. Las decisiones de los directivos de la empresa o su tamaño pueden influir en este tipo de eficiencia⁹.
- *Eficiencia en la Asignación de Recursos*: Prácticamente es la misma definición que de eficiencia técnica, sólo que en la asignación de recursos se toman en cuenta los precios relativos de los insumos, por lo que se generará una tasa marginal de sustitución técnica y una restricción presupuestal.
- *Eficiencia Total*: Es la combinación de la Eficiencia Técnica y de la Eficiencia en la Asignación de los Recursos¹⁰.

Una vez que definimos los conceptos de eficiencia, así como la finalidad y motivación de nuestra investigación, podemos hablar del contenido de los cinco capítulos subsecuentes:

Capítulo 2. Industria de las Telecomunicaciones: En este capítulo hablaremos de la industria de las Telecomunicaciones dentro de un marco de Organización Industrial, así como de las diferencias y semejanzas con respecto a la telefonía fija.

Capítulo 3. Marcos Regulatorios: En este capítulo hablaremos de los diferentes marcos regulatorios, sus características, semejanzas, diferencias, ventajas y desventajas.

Capítulo 4. Metodología de evaluación para el cálculo de eficiencia: Se describirán, teóricamente, las cuatro metodologías que se utilizarán para el cálculo de la eficiencia antes descritas, así como las ventajas y desventajas que muestran estos métodos en su aplicación.

Capítulo 5. Evaluación y Resultados: en este capítulo presentaremos los resultados obtenidos de cada uno de los cuatro métodos utilizados.

Capítulo 6. Discusión y Conclusiones.

⁹ Coelli, Tim, Prasada, Rao y George E. Battese, "An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis", Kluwer Academic Publishers, 1998. pg. 1-9.

¹⁰ *Ibidem*.

2. Industria Telecom

En este capítulo entraremos en la historia y en las características de la industria de la telefonía móvil dentro de un contexto económico y de organización industrial. Nuestro método para analizar el tema será tomando como base la literatura de la telefonía fija. Con esta comparación describiremos semejanzas y diferencias entre estas dos industrias para poder concluir un contexto de organización industrial en la industria de la telefonía móvil.

En una industria que se caracteriza por tener un monopolio natural, con características de altos costos fijos en la instalación de las redes, externalidades de red, problemas de interconexión, integración vertical y subsidios cruzados, nos enseña que lo más eficiente es tener una sola empresa (ya sea estatal o privada) la cual provea, de manera exclusiva, los servicios demandados en esta industria. Estas características del sector promueven la creación de empresas monopólicas prestadoras del servicio que generan distorsiones en la economía como son: ganancias extranormales, precios no competitivos y una baja calidad en el servicio o producto final.

Por todo lo anterior, los gobiernos se han visto en la necesidad de regular a esta industria de una manera más eficiente, y así evitar todas las externalidades negativas del monopolio descritas en el párrafo anterior. Por lo tanto, el objetivo de un ente regulador debe ser el establecimiento de un marco regulador que genere condiciones competitivas en el mercado y que brinde certidumbre, transparencia y confianza para permitir el desarrollo del sector.

2.1 Historia de la telefonía móvil (síntesis histórica)

El primer sistema de telefonía móvil inició en 1946 en St. Louis Missouri, fue un sistema de teléfonos para automóviles. Este servicio era sumamente caro (entre 2,000 y 2,500 US\$), y su capacidad era muy limitada. Cada operador local operaba un transmisor y un receptor para el área entera. El área cubierta por el transmisor compartía los mismos canales, lo que significaba que sólo se podían realizar entre 25 y 30 llamadas simultáneas por ciudad. Aunado a la capacidad limitada también se tenía una pobre calidad en el servicio con una gran estática e interrupción de las llamadas.

En el año de 1984 comenzó la telefonía celular propiamente dicha, con una tecnología AMPS (por sus siglas en inglés "*Advanced Mobile Phone Services*") con una tecnología y una red análoga. Sin embargo, por el crecimiento en los usuarios de los servicios celulares, la capacidad de las redes se vio superada.

Como resultado se desarrollaron las "*Digital cellular multiplexing technologies*" para aumentar la capacidad de las redes y continuar con el

crecimiento de la industria, con esto se crearon los teléfonos digitales celulares llamados en inglés “*Digital advanced mobile services*”, los cuales ofrecían nuevos servicios de valor agregado tales como: identificador de llamadas, llamada en espera y comunicación tripartita. Aunado a lo anterior, algunos teléfonos contaban con sistemas de radiolocalización (“*paging*”). La llegada de la tecnología digital celular y PCS (ver Tabla 2.1) propició una disminución en los precios. En 1998, por primera vez, la venta de equipos digitales en países desarrollados excedió la de aparatos análogos, meta que también se ha alcanzado, aunque posteriormente, en países latinoamericanos.

En la siguiente tabla se mencionan las características de cada una de las tecnologías usadas en telefonía móvil:

T A B L A 2 . 1
DESARROLLO DE LA TELEFONÍA MÓVIL

Tecnología	Frecuencias	Servicios	Comentarios
Análoga AMPS (Analog Advanced Mobile Phone Service)	824 a 893 MHz	Provee transmisión de voz simple	Se desarrolló en los 80 y la usaron todos los proveedores del servicio
Digital D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone Service) TDMA y CDMA	824 a 893 MHz	Provee transmisión de voz más servicios de valor agregado como identificador de llamadas, llamada en espera y comunicación tripartita. Le da mayor capacidad a los mismos canales de la tecnología AMPS	Se migró a ella de la AMPS en Estados Unidos y posteriormente en América Latina
Digital GSM (Global System for Mobile Communications)	890 a 960 MHz	Provee transmisión de voz más servicios de valor agregado como identificador de llamadas, llamada en espera y comunicación tripartita. Se pueden usar los teléfonos en todos los países que cuenten con red GSM	Usada en Europa, el lejano oriente, Israel, Nueva Zelanda y Australia y próximamente en México
PCS	1.8 a 1.9 GHz	Nuevas frecuencias que permiten mejorar la calidad de los servicios digitales tanto de las D-AMPS como de GSM	Con éstas se siguen usando las mismas tecnologías en frecuencias más altas y con antenas de transmisión más pequeñas y cercanas
Tercera Generación 3-G*	2.1 GHz	Nuevas tecnologías en desarrollo que presentarán una mayor velocidad en la transmisión de datos, con lo cual se obtendrán nuevos servicios como navegación en internet y mejora en gráficos	Sólo se han subastado frecuencias de 3-G en Japón y Europa, quienes se encuentran en una etapa de desarrollo de estas tecnologías

* Se denominan tercera generación ya que la primera era la AMPS, la segunda la D-AMPS y GSM

Fuente: Dood, Annabel (1999), "The Essential Guide to Telecommunications"

Los servicios celulares digitales han sido implementados por diferentes sistemas a través de las frecuencias ya existentes para AMPS y para las nuevas PCS, en

Europa se escogió el sistema GSM y en Estados Unidos los sistemas CDMA y TDMA¹¹ En América Latina se han escogido los sistemas CDMA y TDMA, aunque en algunos países como México se está migrando a GSM por considerarla como un paso intermedio entre la telefonía digital y la de tercera generación.

Viendo hacia el futuro, los países desarrollados están empezando a migrar a tecnologías de tercera generación que proporcionarán mayores servicios de valor agregado, todavía más allá de los que proveen las tecnologías digitales, como los de acceso a Internet y una mayor velocidad en la transmisión de datos. En los países latinoamericanos, este proceso tardará unos años ya que apenas se están desarrollando los sistemas digitales y todavía un 50% del tráfico total sigue siendo análogo. Las cinco empresas de nuestro análisis manejan sistemas digitales TDMA, esto nos permite ser consistentes en nuestro análisis de eficiencia, donde la diferencia en tecnología no debe distorsionar los resultados finales.

La concesión de las frecuencias se ha vuelto imprescindible para las empresas celulares como un requerimiento para poder seguir creciendo y mejorando la calidad de sus servicios. Por lo que es necesario tener una regulación objetiva que justifique la toma de decisiones del ente regulador, y así obtener medidas de eficiencia que despoliticen el problema.

2.2 Espectro electromagnético

El término de Espectro Electromagnético, se refiere al rango de frecuencias de radio o de la porción de las ondas de radio usadas para realizar llamadas telefónicas o de transmisión de datos. Una frecuencia es el número de veces por segundo en que una onda de radio completa un ciclo. Cada ciclo se ve como una letra S invertida. Un ciclo es completo cuando una onda de radio pasa a través de la parte mayor y la parte menor de la onda de radio. El término Hertz se refiere a un ciclo de una onda de radio¹².

El espectro se descompone en bandas y es asignado por el ente regulador para fines específicos. Las frecuencias mayores tienen el menor ancho de onda. Los menores anchos de ondas son más susceptibles a la lluvia y a las condiciones climáticas. Por esta razón un sistema de alta frecuencias es más susceptible a las condiciones climáticas que un sistema de baja frecuencia. (un ejemplo de éstos son los de PCS).

Dado que el espectro es un recurso limitado, ya que su característica principal, el ancho de banda es limitado, es objeto de estudio económico. Esta es una razón más para la regulación del mercado de telefonía móvil. El ente regulador es el agente económico que tiene la función de asignar de la manera más eficiente el espectro a los diferentes concesionarios. Las medidas objetivas

¹¹ Hay dos tecnologías para operar las Bandas A y B que pueden ser CDMA o TDMA. Se escogió para este análisis empresas que utilizaran la misma tecnología para estandarizar y facilitar las comparaciones.

¹² Ver Dood, Annabel (1999), "*The Essential Guide to Telecommunications*"; Prentice Hall, pg. 313-346

de eficiencia lo ayudarán a determinar cómo asignar el espectro, y si es que ya está asignado, determinar si se necesitan aumentar o disminuir el número de concesionarios en el mercado.

2.3 Redes de transmisión

2.3.1 Monopolio natural

Un monopolio es una estructura de mercado en la que un único vendedor de un producto que no tiene sustitutos cercanos abastece a todo el mercado. Existen cuatro factores que pueden determinar la existencia de un monopolio: control exclusivo de algún factor que no es fácil duplicar, economías a escala, patentes y licencias o concesiones otorgadas por el estado. Pero habrá que definir que un monopolio natural es cuando la curva de costos medios es decreciente en todos sus puntos, en este caso siempre es más barato que toda la industria sea abastecida por una sola empresa¹³.

La principal característica de la telefonía fija es la red de transmisión, la cual presenta altos costos de instalación y expansión, lo que la describe como un monopolio natural. En consecuencia, resulta ineficiente la competencia entre dos empresas dedicadas a realizar dos redes paralelas de telefonía fija, debido a los grandes costos fijos y hundidos que implica construirlas¹⁴.

Esta es la razón por la que la industria nace con una sola empresa prestadora de los servicios; sin embargo, a través del tiempo y ya instalada la red, y por medio de la regulación, se puede romper el monopolio permitiendo la entrada de competidores. A pesar de esto, las empresas entrantes en el mercado no necesitan crear una nueva red, sino que deberán utilizar la ya establecida para poder brindar sus servicios a los usuarios finales. Por lo tanto, el ente regulador debe fijar un precio de acceso a la red que sea no discriminatorio por parte de la empresa dueña de la red.

La telefonía móvil, a diferencia de la fija, no nace siendo un monopolio sino que se encuentra en un entorno más competitivo, y aunque la construcción de la red implica costos altos, no es excluyente de la construcción de redes paralelas. Por esta razón, es una industria que se debe regular de una manera distinta a la de la telefonía fija, ya que no se debe disolver un monopolio, sino que el fin de la regulación será el de aumentar la penetración de los servicios móviles y fomentar la competencia entre los concesionarios.

La red de telefonía fija interactúa con la de telefonía móvil de varias formas. Una de éstas es cuando se hace una llamada de una línea fija a un teléfono móvil, otra cuando se habla de un teléfono móvil a una línea fija, y por último, cuando se habla de un teléfono móvil a otro teléfono móvil de un concesionario diferente. En cada una de estas opciones se necesita usar la red

¹³ Frank, R.H. (1992), *Microeconomía y Conducta*, Mc Graw-Hill / Interamericana de España, S.A.U.. pg. 423-429.

¹⁴ Ver Church, Jeffrey, Roger Ware, *Industrial Organization: A Strategic Approach*, pg. 861-863.

del proveedor de telefonía fija para poder enlazar estas llamadas. Con esto se muestra el alto grado de interacción entre las redes fija y móvil, ya que sólo las llamadas que provienen de un teléfono móvil a otro móvil de la misma compañía no tienen que utilizar la red fija.

2.3.2 Complementariedad

La red de la telefonía móvil no se tiende a través de un cableado, sino que se construye a través de radiobases¹⁵, “switches” y enlaces¹⁶. Una ventaja de esta red y de la tecnología implícita en ella, es su capacidad de alcance a puntos específicos a los cuales la telefonía fija no tiene acceso por los altos costos que implicaría llegar hasta esos lugares. Por lo que estas dos industrias se vuelven complementarias y primordiales, en algunos casos, para el desarrollo de las telecomunicaciones de cada país.

Debido a esta complementariedad se ha demostrado que no es eficiente que la empresa *incumbent* (empresa líder en cierta industria) provea tanto telefonía móvil como fija¹⁷, ya que podría darse principios de discriminación de esta empresa a su competencia en telefonía móvil¹⁸ en lo que se refiere a tarifas de interconexión¹⁹. Por eso se vuelve indispensable que un ente regulador evite este tipo de integración vertical de una empresa que puede vender en distintos mercados.

2.3.3 Externalidades de red

Una característica de las industrias de la telefonía en general, y compartida con la de la telefonía móvil, es la externalidad de red, la cual es una externalidad positiva. Esta característica beneficia tanto a los suscriptores como a las empresas que prestan el servicio, dado que ésta tiene un efecto multiplicador en el tráfico y, en consecuencia, se generarán mayores utilidades o beneficios.

Por externalidades de red entendemos cuando un usuario extra se conecta en la red, lo que le proporciona a los demás usuarios de un servicio de telefonía el tener una persona más a quien hablarle, con lo que aumentan los incentivos de las demás personas a hacer uso de este servicio de telecomunicación. Por ejemplo, una persona puede no ver la necesidad ni el beneficio de hacer una llamada a un teléfono móvil, pero cuando un número considerable de personas

¹⁵ Las radiobases son antenas de transmisión de la señal a través del espectro electromagnético.

¹⁶ Estos dos últimos sirven para interconectar la red móvil con la red de telefonía fija.

¹⁷ Church Jeffrey and Roger, Ware, *Industrial Organization: A Strategic Approach*, Irwin McGraw Hill, Boston, pg. 863-870.

¹⁸ Este es la razón de la escisión entre Telmex y Telcel para el caso de México, y de AT&T con AT&T Wireless para el caso de Estados Unidos.

¹⁹ La tarifa de interconexión es la que le cobra el proveedor de telefonía móvil a las empresas de telefonía móvil por llamadas salientes de un teléfono móvil a otro móvil de otra compañía, de uno móvil a uno fijo, de uno fijo a uno móvil y de uno móvil o fijo a uno móvil o fijo que se encuentre en otra región.

con las que él tiene contacto cuentan con el servicio, aumentan los incentivos para que el individuo marque a sus conocidos, lo que le produce una externalidad positiva de red y se produce también un efecto multiplicador del tráfico de las compañías celulares, ya que la persona que contrata una línea móvil, genera tráfico saliente, pero al mismo tiempo genera tráfico entrante de personas que quieran comunicarse con él.

2.3.4 Economías a escala

Por economías a escala en telefonía fija, nos referimos a los beneficios que otorga la construcción de una red única, dado que con una sola inversión, varias empresas pueden brindar sus servicios por separado con base en la misma red. En cuanto a la telefonía móvil no se cuenta con estas externalidades positivas en virtud de la existencia de redes paralelas. Las economías a escala dentro de esta industria se dan por la construcción de una red, por la cual se pueden comunicar de uno a varios usuarios; esto también aplica para telefonía fija.

Podemos resumir que en telefonía fija se dan economías a escala tanto dentro de la red, como entre empresas, mientras que para la móvil, sólo dentro de cada red y no entre concesionarios. Aunque esta característica de la telefonía fija tiene una ventaja sobre la móvil, ésta última tiene la ventaja de construir varias redes de transmisión por distintos participantes en el mercado y, por lo tanto, no generar monopolios en el servicio de transmisión.

2.4 Subsidios cruzados

Un subsidio cruzado ocurre cuando el precio de un producto es destinado a generar ingresos adicionales que van a ser destinados a subsidiar las ventas de otro producto ofrecido por la empresa regulada. En otras palabras, se fija el precio de un producto de costos relativamente bajos en un nivel alto, asimismo se fija el precio de un producto de costos altos en un nivel relativamente bajo. Los costos pueden ser similares con diferencias en la elasticidad de la demanda. Entonces el ingreso ganado por el primero se usa para recuperar los costos de proveer el otro²⁰. Esta práctica ha sido utilizada en industrias como aerolíneas, telefonía, ferrocarriles y eléctrica.

Sabemos que todo tipo de subsidios causa efectos distorsionantes en los mercados. Este tipo de subsidio se trata de evitar, sobretodo, cuando existen dos o más productos en un mercado, y por lo menos, en uno de ellos la empresa *incumbent* tiene un monopolio natural. Los efectos de no evitar la aplicación de este tipo de subsidios se presenta cuando una empresa subsidia a los productos que tienen competencia con los productos donde es monopolista, y así genera

²⁰ Para un análisis más completo de subsidios cruzados y algunos de sus efectos ver Gerald, Faulhaber, "Cross-subsidization: pricing in public enterprise," American Economic Review 65, (December 1975), pg. 966-77.

barreras de entrada de productos de los competidores; mientras que en el caso de que ya existan, los empuja a salir del mercado.

Para el caso de la telefonía móvil y fija encontramos un caso importante en México: el de Telmex y Telcel. En este caso se tenía subsidios cruzados a través de operaciones intercompañías con lo que se lograba que Telmex subsidiara la tarifa de interconexión que le pagaba Telcel, con lo que dejaba en una posición de desigualdad a los otros proveedores de telefonía móvil. Este subsidio se rompió en la segunda mitad de 2000 evitando dicha distorsión con la escisión de estas dos compañías y la creación de una nueva llamada América Móvil, la cual es la tenedora de Telcel y tiene completa independencia en su administración con respecto a Telmex.

Otro tipo de subsidios cruzados que se aplican en la industria de telefonía móvil es el de subsidiar los equipos que venden al público con el ingreso obtenido por la venta de tiempo aire. Esta práctica la tienen la mayoría de las empresas celulares alrededor del mundo logrando que un mayor número de usuarios contrate sus servicios de comunicación. Este subsidio, al ser aplicado por todas las compañías y al no haber una que sea el *incumbent* y monopolista en la venta del equipo, no constituye una barrera a la entrada para otras empresas.

2.5 Conclusiones

En este capítulo hemos descrito la historia y las características de la industria de telefonía móvil, así como su desarrollo tanto en el mundo como en América Latina. Lo anterior nos permite darnos cuenta de lo complejo que es esta industria, y por lo tanto su necesidad de contar con un marco regulatorio adecuado y con un ente regulador que pueda justificar su toma de decisiones por medio de medidas objetivas de eficiencia. El siguiente capítulo describirá cada uno de los marcos regulatorios de los cinco países analizados. Después de tener un análisis de la industria, y de los marcos regulatorios podremos distinguir características específicas que nos servirán en la construcción de medidas objetivas de eficiencia.

3. Marcos regulatorios

Después de haber analizado las características de la industria en América Latina, de habernos dado cuenta de la importancia que tiene el sector en la economía de sus respectivos países, de lo complejo que es y de la importancia que tiene la regulación para el desarrollo de la industria describiremos cada uno de los marcos regulatorios de Brasil, Guatemala, Colombia, Ecuador y México. Con la descripción de los marcos regulatorios identificaremos algunas

características de ellos que nos servirán en nuestro análisis objetivo de eficiencia.

Debido al análisis de eficiencia realizado sobre cinco empresas en cinco países diferentes, no podremos hacer una comparación de las eficiencias de las compañías analizadas sin tomar en cuenta los marcos regulatorios existentes en cada uno de estos países. Las características de los marcos regulatorios son los principales vínculos tomados en cuenta en esta tesis para poder comparar los resultados obtenidos.

En este capítulo se describirán las características de cada marco regulatorio de la industria de telefonía móvil en cada uno de los países analizados. Se hará una descripción muy breve de cada una de las variables o componentes que influyen en la industria, así como un análisis de cómo afectan éstas a la eficiencia de cada empresa en sus respectivos países.

A continuación presentaremos una tabla con las características principales de cada marco regulador. El índice de flexibilidad mostrado en la tabla resume las principales características que incluyen los marcos regulatorios de cada país. En nuestro análisis comparativo encontramos tres grandes rasgos que son determinantes en el óptimo desempeño de las empresas: contar con el sistema “el que llama paga” (CPP), sistema por el cual un usuario sólo paga las llamadas salientes, mientras que en las llamadas entrantes no incurre en ningún costo; contar con concesiones de largo plazo (estamos tomando 30 años como dicho plazo como el suficiente lapso para incentivar mayores inversiones, posicionarse en el mercado y asegurar la recuperación de los costos hundidos²¹); y, finalmente, el régimen tarifario, mientras menos restrictivo sea éste, mayor será el índice de flexibilidad. Por lo tanto, el país que cuente con el mayor número de estos factores, será el que mayor índice de flexibilidad obtenga. Este índice va de 1 a 3, donde 1 representa la menor flexibilidad y 3 la mayor flexibilidad.

²¹ Ver: Vogelsang, Ingo (1989), “Price cap Regulation of Telecommunications Services: A long Run Approach”, in M.A. Crew (ed.), Price Cap Regulation and Incentive Regulation in Telecommunications, Ámsterdam: Kluwer. En este texto el autor señala que treinta años es el periodo óptimo de duración de las concesiones para empresas de telecomunicaciones.

T A B L A 3 . 1

TABLA RESUMEN

	Entes Regulatorios	"El que llama paga" (CPP)	Duración de la concesión	Regalías	Tarifas	Flexibilidad
Brasil	ANATEL	Sí	15 ó 30 ¹	Sobre Ingresos	Tarifa Máxima dependiendo de la concesión	1
Colombia	CRT AUTONOMO	Sí	20	Sobre Ingresos	Tarifas Libres ²	2.5
Ecuador	CONATEL	Sí	15	No	Tarifa Máxima establecida por la CONATEL	1
Guatemala	Superintendencia de Telecomunicaciones	No	+ de 30	No	Tarifas Libres	2
México	COFETEL	Sí	30	Sobre Ingresos	No límite superior, límite inferior > a sus costos	3

1) 15 años si no migran a PCS o 30 años si sí migran, para nuestro análisis tomamos en cuenta la situación actual, que es de 15 años.

2) La comisión podrá fijarlas cuando considere que las tarifas no reflejen las condiciones de prestación del servicio o contradigan el principio de eficiencia

3.1 Brasil

3.1.1 Competencia

La competencia en Brasil es de las mayores en América Latina, debido al gran número de competidores en el país y se espera que se intensifique, dado que en 2001 el gobierno brasileño subastó licencias PCS para operar en la banda de 1800 y 1900 Mgtz. con lo que entrarán nuevos competidores en la mayoría de las regiones en que se divide el territorio nacional de Brasil. Hablaremos de la competencia existente en las regiones donde Telecom Americas tiene operaciones, ya que en éstas se concentrará nuestro estudio.

En la región que comprende Río de Janeiro y Espirito Santo la empresa de Telecom Americas es ATL (Algar Telecom Leste). Su principal competidor es Telefonica Do Brasil, la cual es propiedad de Telefónica de España.

En la región que comprende el estado de Sao Paulo (excepto la ciudad) la empresa de Telecom Americas que opera en esa región es Tess, que opera una licencia de Banda B y tiene por competidor principal a Telesp Celular, que es controlado por Portugal Telecom.

En la región central oeste de Brasil incluyendo la ciudad de Brasilia, la empresa controlada por Telecom Americas se llama Americel, la cual opera con

tecnología TDMA en Banda B (800 Mgtz) y tiene como competidor a Tele Centro Oeste y a Companhia de Telecomunicações do Brasil Central (CTBC Telecom) y Tele Centro Oeste.

En la región de Rio Grande do Sul en Brasil, el operador propiedad de Telecom Americas es Telet, que opera una licencia de Banda B y sólo tiene un competidor importante que es CRT Celular, propiedad de Telefónica de España.

3.1.2 Marco regulatorio

Conjuntamente con la división y la privatización de Telecomunicações Brasileiras S.A., monopolio de telecomunicaciones de Telebrás, Brasil oficialmente abrió su industria de telefonía móvil celular a las empresas privadas. Desde principios de 1997, se subastaron diez licencias celulares que cubren todo Brasil entre operadores inalámbricos para que compitieran contra las ocho compañías ya existentes, que nacieron de la división de Telebrás y que subsecuentemente fueron subastadas a empresas privadas. En 1997, Brasil revisó su código de telecomunicaciones, para promover la competencia entre prestadores de servicio y establecer una agencia reguladora independiente, ANATEL, para regular su industria de telecomunicaciones. ANATEL expide licencias tanto para operadores alámbricos como inalámbricos. Asimismo, ANATEL, emite mandatos específicos para prestar servicios telefónicos a la población brasileña, incluyendo los mandatos actuales que pretenden incrementar la penetración a 20% para el año 2005. ANATEL tiene autoridad para otorgar concesiones y licencias para servicios de telecomunicaciones públicas. Empezando en 1999, todo el sector de telecomunicaciones brasileñas había sido abierto a la competencia.

En septiembre de 2000, ANATEL publicó lineamientos para la implementación de operaciones PCS en Brasil. Los lineamientos permiten comunicación entre estaciones móviles, también de estaciones móviles a estaciones no móviles con la misma área de registro PCS. Adicionalmente, llamadas originadas dentro de un área de registro y teniendo puntos de destino fuera del área de registro serán tratadas como servicio telefónico fijo para larga distancia nacional e internacional.

Los lineamientos establecen reglas relativas a la selección de hasta tres operadores inalámbricos adicionales por región, correspondiendo a las Bandas C, D y E²². Bajo estos lineamientos, Brasil es dividido en tres regiones para la operación de PCS, contrario a las diez regiones para los operadores actuales de servicio celular. Cada una de las tres regiones deben de tener tres nuevos competidores, además de los dos competidores existentes, los cuales actualmente operan en las Bandas A y B. Los actuales operadores celulares de Banda A y B tienen la opción de cambiar a PCS y la migración a ésta es una

²² Estas bandas son las correspondientes a las frecuencias de PCS.

condición para la prórroga de sus concesiones. Una vez llevada a cabo la migración a PCS, los operadores tendrán el derecho de adquirir espectro radioeléctrico adicional para poder ofrecer el mismo servicio que los operadores de PCS, aplicar para licencias para servicios de larga distancia, y para consolidar sus licencias y operaciones con otros prestadores de servicios inalámbricos.

No existen restricciones en la participación de compañías organizadas y ubicadas en Brasil, incluso si son de participación extranjera. Las compañías interesadas pueden competir en cada una de las tres regiones. El mismo concesionario, sin embargo, no puede proveer celular o PCS, o ambos, por medio de más de una autorización o concesión en la misma área de servicio.

Los operadores que tienen una concesión de Banda A y B para proveer servicio inalámbrico por quince años (como es el caso de las empresas comprendidas en Telecom Americas) otorgadas por ANATEL en 1998, y existe la opción para alargarla por quince años adicionales, siempre y cuando los operadores migren a PCS y concierte con el Ministerio de Brasil las cuotas de renovación de licencia. La concesión, que ha sido totalmente pagada, está regulada bajo la ley General de Telecomunicaciones (Lei Geral de Telecomunicações).

3.1.3 Tarifas

En Brasil existe una tarifa máxima para cada una de las empresas en el mercado, dependiendo de qué tipo de concesión tengan (celular o PCS). Lo anterior provoca discriminación en la regulación de los concesionarios, pues dependiendo del tipo de concesión se establecen las tarifas. Éste es un problema que deberá revisar el ente regulador, ya que esta característica es la que permite menor flexibilidad a las empresas de telefonía móvil en dicho país.

El hecho de imponer un tope a las tarifas implica que los concesionarios difícilmente podrán recuperar sus costos y sobre todo si las concesiones tan sólo duran quince años, también dependiendo del tipo de concesión. Cabe señalar, que se puede deducir que un tope máximo a las tarifas implica que el ente regulador busca no perjudicar a los consumidores finales; sin embargo, en otros países este problema se resuelve con el hecho de contar con distintos competidores que ofrecen diferentes tarifas a los suscriptores.

3.1.4 Análisis

La duración de las concesiones en Brasil es muy compleja, ya que como se explicó anteriormente, depende del tipo de licencia con la que se cuente, lo cual crea distorsiones en el mercado, por las diferentes reglas que se aplican a los diferentes concesionarios. Las empresas que forman Telecom América en su totalidad cuentan con licencias a quince años. La regulación en este país

contradice, en el tema de concesiones, el principio de regulación que debe cumplir un ente regulador en sus respectivos mercados que es el tratar a los participantes de una manera no discriminatoria. Podemos predecir que esta característica influirá negativamente en los resultados de eficiencia que se obtendrán en el capítulo cinco.

Por otro lado, Brasil cuenta con el sistema “el que llama paga”, el cual beneficia a los suscriptores, debido a que tienen un mayor incentivo al contratar una línea, pues el recibir llamadas no tiene ningún costo para ellos. Por lo tanto, con esta medida, las empresas reflejarán un aumento en suscriptores con un mismo nivel de insumos, lo que implica una mejora en los niveles de eficiencia de las empresas de telefonía móvil (se corroborará con los resultados obtenidos en el capítulo cinco).

En el caso brasileño, las tarifas impuestas tienen un límite superior máximo, con la diferencia de que aparte de existir un tope en las tarifas, el tope es diferente dependiendo de la concesión con la que cuente la compañía. A últimas fechas, ANATEL ha tratado de homologar las condiciones de los concesionarios ya que se ha dado cuenta de que el tener diferentes reglas para las diferentes compañías, sólo ha ocasionado distorsiones en el mercado. Estas reformas no han podido llevarse a cabo y consideramos que mientras no se realicen y mientras que las condiciones no sean iguales para todos no se podrá aumentar la penetración en Brasil.

En resumen, este país consiguió un índice de flexibilidad de un punto. Esto se debe a que sólo cuenta con una de las tres características tomadas en cuenta en la elaboración de dicho índice. Más adelante se explicará cuáles son los efectos de contar con una regulación de este tipo en la eficiencia de la empresa representativa, llamada Telecom Americas.

3.2 Colombia

3.2.1 Marco regulatorio

El Ministerio de Comunicaciones de Colombia y la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones son los responsables de regular y supervisar el sector de telecomunicaciones, incluyendo las operaciones celulares. El Ministerio de Comunicaciones que otorgó las concesiones celulares en 1994, supervisa y audita el cumplimiento de las obligaciones legales y contractuales de los concesionarios. Las actividades de los concesionarios son supervisadas también por la Superintendencia de Industria y Comercio Colombiana que aplica los reglamentos antimonopólicos, promueve la libre competencia en el mercado y protege los derechos de los consumidores.

El ente regulatorio es autónomo y descentralizado del gobierno federal para promover políticas que incentiven la competencia, mayores inversiones y que

sean independientes de la toma de decisiones del gobierno. Esta característica ayuda a despolitizar la toma de decisiones dentro del sector.

3.2.2 Concesiones

Las concesiones que otorgó en 1994 el gobierno colombiano fueron dadas por un lapso de diez años, para proveer servicios de telecomunicación inalámbricos en Colombia. Bajo los términos de las concesiones, los proveedores de servicios inalámbricos están obligados a realizar pagos trimestrales de regalías al Ministerio de Comunicaciones, tomando como base sus ingresos. Bajo los términos de un acuerdo firmado en enero de 1997, el Ministerio de Comunicaciones acordó renovar las concesiones hasta el año 2014.

La decisión tomada por el ente regulador demuestra su interés por incrementar el número de años de duración de las concesiones, pero seguimos pensando que veinte años sigue siendo poco tiempo para lograr un óptimo nivel para asegurar inversiones de mayor cuantía y mayor plazo por parte de los concesionarios, así como la oportunidad de posicionarse en el mercado local y recuperar sus inversiones iniciales.

3.2.3 Tarifas

Las tarifas a los abonados celulares son fijadas libremente por los operadores del Servicio de Telefonía Móvil Celular. El operador podrá cobrar los siguientes cargos: cargo por conexión o suscripción, cargo básico periódico independiente del consumo y el cargo por uso del servicio, únicamente por las llamadas salientes (aplicación de “el que llama paga”). A pesar de lo anterior, la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones podrá establecer el régimen de libertad regulada o libertad vigilada o señalar cuando hay lugar a que la fijación de las tarifas sea libre, dependiendo de si las tarifas no son contrarias a la libre y leal competencia²³.

Colombia es uno de los dos países que muestran mayor flexibilidad, en comparación con los otros países analizados, en cuanto a la fijación de las tarifas tanto de interconexión como las cobradas a los suscriptores. Lo anterior, le permite a las empresas reaccionar de manera más efectiva ante choques externos que perjudican el desempeño de las compañías.

3.2.4 Análisis

En cuanto a la duración de las concesiones en Colombia observamos que duran veinte años y aunque es mayor a los quince que duran en otros países,

²³ Ver Ministerio de Comunicaciones, Comisión de Regulación de Telecomunicaciones, Resolución 004 de 1993 (28 de octubre).

consideramos, en nuestro análisis, que siguen siendo pocos años para incentivar a una fuerte inversión a las empresas del ramo de la telefonía móvil, dados los altos costos que esto les representa.

Al igual que en el caso de Guatemala, el de Colombia, muestra un sistema de tarifas libres, donde el ente regulador podrá especificar en qué casos dichas tarifas contradicen los principios de libre y leal competencia y así cambiar, si lo consideran conveniente, a un régimen de libertad regulada o vigilada.

Colombia cuenta con el sistema “el que llama paga”, el cual como ya se explicó en el caso brasileño beneficia tanto a los suscriptores como a los niveles de eficiencia de las compañías.

Este país reúne un total de 2.5 puntos en el índice de flexibilidad. Esto es el resultado de contar con el sistema “el que llama paga”, con libertad en tarifas y con concesiones de una duración de veinte años. Sin embargo, y como ya se explicó, las tarifas se ven acotadas en ciertos casos de no competencia y la duración de las concesiones no es la óptima.

3.3 Ecuador

3.3.1 Marco regulatorio

Desde principios de 1995, el gobierno de Ecuador llevó a cabo una reforma exhaustiva del sector de telecomunicaciones, con la adopción de nuevas leyes para el establecimiento de un nuevo marco regulatorio, la introducción de competencia y la privatización de Enetel²⁴. Las nuevas leyes establecieron:

- El Consejo Nacional de Telecomunicaciones o “Conatel”, que es el responsable de hacer las políticas en el área de telecomunicaciones;
- La Secretaría Nacional de Telecomunicaciones que es responsable de la ejecución de las resoluciones de CONATEL, y
- La Superintendencia de Telecomunicaciones que vigila el uso de las frecuencias autorizadas y el cumplimiento con las disposiciones de la concesión.

Las reformas introdujeron también las tarifas de Interconexión, especificadas así como un sistema de concesiones para operar las redes privadas, el uso de frecuencias, la reventa de servicios de telecomunicaciones y servicios de valor agregado.

²⁴ Enetel era el monopolio estatal de telecomunicaciones.

3.3.2 Concesiones

Las concesiones en Ecuador se otorgan por periodos menores a quince años, los concesionarios tienen concesiones para operar las Bandas A (Conecel) y la Banda B (BellSouth). Junto con Brasil y Colombia, son los tres países que no cuentan con concesiones mayores a los treinta años, lo que consideramos que no es tiempo suficiente para realizar mayores inversiones, para penetrar y posicionarse en el mercado, así como tampoco recuperar sus costos de inversión o iniciales.

3.3.3 Tarifas

Las tarifas que fije la operadora a sus usuarios no podrán exceder los límites máximos establecidos por el Conatel. Asimismo, los topes máximos tarifarios de los servicios suplementarios, especiales, de mensajería y de grabado serán aprobados por el mismo organismo regulador. Por lo que el concesionario estará obligado a presentar los estados financieros legalmente auditados tanto a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones como a la Superintendencia de Telecomunicaciones²⁵.

3.3.4 Análisis

En Ecuador podemos ver que se aplica el sistema “el que llama paga” y al igual que en los otros países donde se aplica, podemos esperar que impacte positivamente a la eficiencia técnica de la empresa.

La duración de las concesiones en Ecuador es de quince años y no existe alguna directriz del ente regulador que le asegure a los concesionarios la continuidad de las concesiones, por lo que podríamos esperar que ellos no inviertan ni lo suficiente ni a largo plazo en su red ni en sus activos fijos ya que esto les da incentivos para aprovechar las condiciones del mercado prevalecientes haciendo una minimización intertemporal de sus costos, los cuales en el largo plazo tendrán una tasa muy alta de descuento debido a la incertidumbre que tienen de continuar con sus concesiones.

Las tarifas, en Ecuador, tienen un límite superior fijado por el ente regulador. Este tipo de regulación es conocido como precio máximo (*price cap* - por su definición en inglés) el cual es usado en industrias “maduras”, altamente desreguladas y con un gran número de participantes (caso que no se cumple en Ecuador). Este tipo de regulación, teóricamente, funciona como un incentivo a la eficiencia de las empresas, pues al fijar las tarifas, éstas buscan disminuir sus costos y así generar un mayor margen de rentabilidad.

²⁵ Ver *Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular*, Resolución del CONATEL No. 421-27-CONATEL-98, agosto de 1998 (Capítulo XI – De las Tasas y Tarifas).

El fin de esta regulación al imponer un tope máximo a las tarifas es aumentar la penetración al mercado, igual que en el caso de México, pero en este caso, el mantener este régimen tarifario (tarifas acotadas) permitirá que un mayor número de personas contraten el servicio.

En resumen, este país obtuvo un resultado de un punto en el índice de flexibilidad, ya que sólo cuenta con una de las tres características incorporadas en dicho índice. Esta característica es la de contar con el sistema “el que llama paga”. Posteriormente, veremos si los resultados de eficiencia, entre Ecuador y Brasil, que son los únicos que obtuvieron un punto en el índice, son similares.

3.4 Guatemala

3.4.1 Marco regulatorio

Las operaciones de los concesionarios de telefonía móvil en Guatemala, están sujetas a una regulación integral y supervisión que está a cargo de la Superintendencia de las Telecomunicaciones de Guatemala, de conformidad con la Ley General de Telecomunicaciones. Las licencias otorgadas por el gobierno a los concesionarios para la explotación del espectro radioeléctrico, abarcan todo el país por medio de departamentos y todos los participantes tienen una cobertura nacional.

3.4.2 Concesiones

Las concesiones otorgadas por el gobierno guatemalteco en el año de 1998 fueron por quince años renovables automáticamente, únicamente supeditado al buen uso de las redes y del cumplimiento de sus planes de expansión. Por lo tanto, consideramos que los concesionarios en Guatemala se les otorga concesiones por treinta años ya que el tiempo es renovable sin ninguna restricción.

3.4.3 Tarifas

Las tarifas serán fijadas libremente por los operadores o concesionarios, siempre y cuando no sean contrarias a la libre y leal competencia. De hecho, esta parte no queda muy clara en el Reglamento de Servicio Móvil de la Superintendencia de Telecomunicaciones (SIT), ya que no especifican cuáles serían las prácticas monopólicas o no libres en las que incurrirían los concesionarios.

3.4.4 Análisis

En cuanto al sistema “el que llama paga”, podemos ver que el único país que no cuenta con este sistema es Guatemala, y podremos demostrar, si éste es el caso, que el no contar con este sistema, le afecta de manera negativa a la eficiencia de la compañía. Podemos suponer que el efecto de esta característica será negativo en la eficiencia, debido a que el crecimiento en los usuarios de telefonía móvil se ha visto acelerado en los países donde se ha aplicado este sistema.

En cuanto a la duración de las concesiones. Guatemala presenta concesiones que originalmente se otorgaron por quince años pero para efectos prácticos podemos tomarlas para más de treinta, dado que se renuevan automáticamente. Como ya mencionamos anteriormente, esta característica incentiva a Sercom a invertir a un mayor plazo, lo que esperamos que aumente su eficiencia técnica.

La siguiente característica es la estructura tarifaria implementada en Guatemala. Para este país vemos que el gobierno no pone ningún límite ni superior ni inferior, o sea que se presenta un sistema de tarifas libres, por lo que el ente regulador tendrá que usar otra herramienta en la regulación a la industria.

En este caso, el ente regulador podrá especificar en qué casos dichas tarifas contradicen los principios de libre y leal competencia y así cambiar, si lo consideran conveniente, a un régimen de libertad regulada o vigilada. De todos los casos, consideramos que esta estructura se presenta como la más desregulada y libre al mercado; sin embargo, no significa que sea la más eficiente de todas, pues el mismo ente regulador está prediciendo que pueden existir prácticas monopólicas, o una empresa que tenga todo el poder del mercado. Estos casos aparecen sobre todo en industrias no tan maduras, en donde apenas aparecen los primeros indicios de desregulación y por lo tanto la entrada de nuevas compañías no implica que exista un mercado competitivo. Sugerimos que para todos los países de América Latina exista un cierto nivel de regulación, pues son industrias que tienen que madurar con la entrada de nuevos competidores, pero compitiendo contra un líder o empresa ya establecida en el mercado.

En conclusión, este país obtuvo un total de dos puntos en el índice de flexibilidad. Estos puntos son resultado de contar con tarifas libres y concesiones mayores a los treinta años. A pesar de tener un índice relativamente alto, no podemos concluir que los niveles de eficiencia serán mayores, esto se podría explicar por la ausencia de un sistema detonador en el crecimiento de los suscriptores, como es el de “el que llama paga”.

3.5 México

3.5.1 Marco regulatorio

A continuación se presenta un resumen de algunas disposiciones de la Ley de Vías Generales de Comunicación, la Ley Federal de Telecomunicaciones, las regulaciones de telecomunicaciones y las diferentes concesiones preexistentes en México para esta industria.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) es la dependencia gubernamental especialmente responsable de la regulación de los servicios de telecomunicaciones. Es necesario contar con la autorización de la SCT para hacer cualquier cambio a los estatutos de los operadores. La SCT tiene también amplios poderes para asegurarse que los prestadores de telefonía móvil cumplan con las concesiones y puede solicitarles que le proporcionen la información técnica administrativa y financiera que requiera. Los prestadores de telefonía móvil están obligados a publicar su programa de expansión anual de la red y deben informar trimestralmente a la SCT el avance de su programa de expansión y modernización.

La Ley Federal de Telecomunicaciones considera la existencia de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (COFETEL) como dependencia administrativa destinada a regular a la industria de telecomunicaciones. La COFETEL se creó en agosto de 1996. Es un órgano administrativo desconcentrado de la SCT, con cuatro comisionados designados a nombre del Presidente de México por la SCT, uno de los cuales es nombrado presidente. Muchas de las atribuciones y obligaciones de la SCT bajo la Ley Federal de Telecomunicaciones y las Regulaciones de Telecomunicaciones han sido delegadas a la COFETEL.

La Ley de Vías Generales de Comunicación otorga ciertos derechos al gobierno en sus relaciones con los concesionarios, incluyendo el derecho de asumir la dirección de los concesionarios de telefonía móvil en casos de riesgo inminente a la seguridad nacional o a la economía nacional. La Ley de Vías Generales de Comunicación establece también que los concesionarios de telefonía móvil no puede vender o transferir ninguno de sus activos a menos que otorgue al gobierno el derecho del tanto. Si el gobierno declina ejercer este derecho, los sindicatos de los operadores podrán ejercitarlo.

La Ley Federal de Telecomunicaciones establece que si la Comisión Federal de Competencia (COFECO) considera que una compañía es dominante en el mercado relevante, la SCT tiene el poder de establecer normas específicas sobre las tarifas, la calidad del servicio y la información proporcionada por el operador dominante. Por dominancia se refiere al hecho de que una empresa que es un monopolio o que tiene una participación preponderante en uno o varios mercados puede unilateralmente fijar tarifas y/o nivel de servicio o

calidad en dichos mercados²⁶. A la fecha, no se puede asegurar que en el futuro no se entable un proceso para determinar lo anterior.

3.5.2 Concesiones

Los concesionarios de telefonía móvil operan bajo diferentes concesiones que cubren Bandas y regiones específicas, que se dividen en nueve regiones para prestar los servicios de telefonía móvil, usando el espectro radioeléctrico de 800, 900 y 1800, 1900 Mgtz. Las concesiones de Banda A y B obligan a pagar participación al gobierno de los ingresos brutos derivados de los servicios concesionados²⁷. El porcentaje es 5% para el área de la Ciudad de México y hasta 10% en otras regiones. Las concesiones de 1800, 1900 Mgtz. fueron adquiridas por un monto fijo en 1998 y no requieren de ningún pago al gobierno.

Las ocho Concesiones de Banda A y B que cubren regiones fuera de la región, a la que corresponde el área de la Ciudad de México, fueron otorgadas para un plazo inicial de veinte años, que vencerán en el año 2010 y 2011. Las concesiones de las Bandas A y B que cubren el área de la Ciudad de México (región 9), fueron renovadas en octubre del 2000 por un periodo de quince años que expirará en octubre de del 2015. Las Concesiones de 1900 Mgtz. fueron otorgadas en 1998 por un periodo inicial de 20 años, que finalizará en el 2018.

En cuanto a las condiciones de Interconexión, (incluyendo las tarifas), deben ser negociadas entre los concesionarios y en caso de que no pudieran llegar a un acuerdo, la SCT puede imponer las condiciones a éstos. El cargo actual por interconexión en México, de una llamada hecha de una línea fija a un celular o de un celular a otro celular, es de Ps. 1.90 por minuto.

3.5.3 Tarifas

La Ley de Vías Generales de Comunicación, la Ley Federal de Telecomunicaciones y el Reglamento de Telecomunicaciones establecen las bases para fijar las tarifas de los concesionarios de telecomunicaciones. Las tarifas del servicio de telefonía móvil no están sujetas a un tope de precios ni a cualquier otra forma de registrar sus tarifas del servicio de telefonía móvil ante la COFETEL y tienen prohibido fijar tarifas por debajo del costo. La SCT está autorizada para imponer requerimientos de tarifas específicos a cualquier operador que la COFECO determine, que tiene poder sustancial en el mercado. No se ha tomado ninguna determinación al respecto con relación al mercado para servicios de telecomunicación celular.

²⁶ Piedras, E. (2002), "Apuntes sobre Dominancia en Telecomunicaciones. La experiencia reciente en México".

²⁷ Las que ya fueron explicadas en el capítulo anterior.

3.5.4 Análisis

En cuanto a la primera característica, “el que llama paga”, podemos ver que México es uno de los países que cuenta con este sistema. Las ventajas que representa el tenerlo se han visto reflejadas en el país, aumentando desde su lanzamiento la tasa de crecimiento en suscriptores. En México, después de 1999 cuando la medida entró en vigor, se elevó la tasa de crecimiento de 67% a 150%, de 1997 a 1999²⁸.

Otra característica que se muestra en la tabla resumen es la de la duración de las concesiones. Es importante señalar que en un mercado donde las concesiones tienen una mayor duración se incentiva a que las empresas inviertan más y a un mayor plazo en el desarrollo de sus redes, así como en activos fijos, lo que los lleva a mejorar en cantidad y calidad la prestación de los servicios finales. Empíricamente, se puede ver que entre mayor sea el tiempo que dure una concesión es más probable que se recuperen los costos de las inversiones, por lo que podemos esperar que exista una relación directa y positiva entre el tiempo de duración de las concesiones con el producto final, o sea, que a mayor tiempo de las concesiones, se provoca un incremento en la eficiencia técnica.

Las concesiones en las licencias en México duran 30 años, lo cual consideramos que afectará favorablemente en la eficiencia de Telcel, lo que podremos demostrar más adelante cuando presentemos los resultados en el capítulo cinco.

La siguiente característica es sobre la estructura tarifaria implementada en México. Esta característica se vuelve muy importante y define en gran parte el instrumento escogido por cada ente regulador para regir el comportamiento de sus respectivos mercados.

En el caso de México la estructura que rige al mercado es de sólo impedir que los concesionarios cobren un precio que se encuentre por debajo de sus costos. El objetivo de este mecanismo, es que el ente regulador permita la libre entrada de la competencia, basándose en el modelo barreras a la entrada (costos hundidos) el cual demuestra que las empresas ya establecidas pueden llegar a disminuir sus precios por debajo de sus costos, de tal manera que hagan imposible la entrada de nuevos competidores, los cuales tienen un costo de entrada (costos fijos hundidos) muy altos, los cuales con tarifas bajas no podrían llegar a cubrirlos²⁹.

A pesar de no existir un límite superior en las tarifas, no incurre en un aumento desmesurado de éstas por parte de las empresas, debido a que si lo hacen será con una consecutiva pérdida de participación en el mercado;

²⁸ Datos de la compañía 20-F Form presentada a la SEC en Dic 2001.

²⁹ Para mayor información consultar: Tirole, Jean, *The Theory of Industrial Organization*, MIT Press, 1998.

siempre y cuando se encuentren en un entorno competitivo³⁰. El fin de esta regulación es aumentar la penetración del mercado permitiéndoles a las compañías tener una mayor flexibilidad y aumentar la competencia entre las empresas.

En resumen, México obtuvo una calificación de tres puntos en el índice de flexibilidad, representando el mayor puntaje posible. Esto se debe a que cuenta con las tres características cuantificadas en dicho índice. Veremos, más adelante, cómo influye este resultado en los niveles de eficiencia.

3.6 Relación del sistema tarifario con la penetración en el mercado de telefonía móvil

Antes de observar los datos habíamos efectuado un análisis a priori y pensábamos que el régimen de tarifas libres sería el más adecuado para incrementar la penetración, dado que el de precios máximos es usualmente utilizado para regular industrias más maduras, como las europeas, no para el caso latinoamericano, donde la industria se encuentra en plena fase de expansión. Sin embargo, después de analizar los datos de penetración de los países de América Latina, de la tabla que se muestra más adelante³¹, no podemos concluir lo antes descrito.

En la Tabla 3.2 observamos el porcentaje de penetración de cada empresa en sus respectivos países.

T A B L A 3.2
PENETRACIÓN POR PAÍS, 2000-2001

	2000	2001	Var. %
México	14.0%	22.0%	57.1%
Ecuador	3.5%	6.0%	71.4%
Guatemala	5.8%	8.6%	48.3%
Colombia	5.0%	7.0%	40.0%
Brasil	13.0%	17.0%	30.8%

Fuente: Matrix Wireless - 4Q01. Merrill Lynch, March 2002

La penetración en México, Colombia y Guatemala (tarifas libres) ha tenido un fuerte crecimiento, pero también la de Ecuador (precios máximos), el único caso en que la penetración se ha estancado es en Brasil, pero no podemos atribuir a que sea por esta característica de su sistema de regulación. Suponemos que este estancamiento en Brasil se debe más bien, y como

³⁰ Cabe destacar que no es la finalidad de esta investigación el determinar el nivel de competencia existente en cada país, lo cual podría ser tema para un análisis posterior al de esta tesis.

³¹ Wireless Matrix – 4Q01 Quarterly on Global Wireless Industry Metrics, Merrill Lynch, March 2002

mencionamos anteriormente, a que las políticas regulatorias en el país no son homogéneas entre los concesionarios.

Por lo antes descrito, no tomaremos en nuestro análisis de los capítulos 4 y 5 al régimen tarifario para determinar la eficiencia de las compañías por su complejidad (las tarifas no son homogéneas en el caso de Brasil y Colombia, ni en el otro caso de Ecuador, México y Guatemala).

3.7 Conclusiones

En este capítulo describimos cada uno de los marcos regulatorios de los diferentes países analizados. Como resultado obtuvimos las principales características de cada uno de dichos marcos, como son “el sistema el que llama paga”, duración de las concesiones, estructuras tarifarias, regalías y flexibilidad. Estas características nos ayudarán en los capítulos siguientes a determinar el efecto del entorno regulatorio en la eficiencia de las compañías de telefonía móvil.

4. Metodologías de evaluación para el cálculo de eficiencia

Para el desarrollo de este capítulo mencionaremos las técnicas utilizadas en el cálculo de eficiencia, además explicaremos el porqué decidimos utilizarlas, así como las ventajas y desventajas de las mismas. Adicionalmente, se realizará una descripción amplia de los modelos usados como herramientas para dicho cálculo.

Estos métodos han sido desarrollados a través de las últimas tres décadas, sin embargo en México y América Latina no hay mucha literatura al respecto. Por eso es importante que en esta región se empiece a desarrollar este tipo de análisis que pueda brindar una metodología objetiva que genere un marco regulador claro, transparente, predecible y que brinde certidumbre a los agentes económicos, ya sean inversionistas, el gobierno (ente regulador) o los propios consumidores finales.

Por lo anterior la razón de este estudio es medir la eficiencia de las compañías de telefonía móvil en los cinco países mencionados en los capítulos anteriores. Queda entonces en cuestión que si una empresa ha incrementado su participación en el mercado, su penetración en la población y tiene las mayores ventas, no necesariamente es eficiente en la prestación de sus servicios. Existen otros métodos para conseguir esos logros antes descritos, como son la mercadotecnia, la falta de competencia, la “lealtad” de los clientes a los productos, entre otras.

De hecho habrá que cuestionarse también, si el ente regulador ha instrumentado herramientas de regulación realmente eficaces para incentivar la productividad y la eficiencia de los concesionarios. Todas las herramientas

utilizadas nos ayudarán a darle mayor validez a nuestros resultados, pues usan distintas metodologías y se basan en diferentes enfoques.

Los métodos aplicados para este análisis son los siguientes:

- Indicadores Operativos (KPI's - por sus siglas en inglés "Key Performance Indicators").
- Mínimos Cuadrados Ordinarios.
- Análisis Envoltente de Datos (DEA - por sus siglas en inglés "Data Envelopment Analysis")³².
- Fronteras Estocásticas de Producción³³.

La base de datos empleada en nuestro análisis contiene datos de panel e incluye datos de cinco empresas en ocho periodos que comprenden del primer trimestre de 2000 al último trimestre de 2001. Se tomará dicho periodo debido, principalmente, a dos causas: la primera es que para antes del primer trimestre de 2000 la información no era pública para la mayoría de las empresas; y en segundo lugar, debido a que la industria de la telefonía móvil es un industria muy dinámica y cambiante (sobre todo en aspectos tecnológicos), resulta difícil tomar grandes periodos de tiempo para analizar la eficiencia actual de las empresas.

En cuanto a los datos que implican unidades monetarias (i.e. ARPU, Costo por Servicio, Precio Promedio por Minuto, Ingreso por Servicio, las cuales serán definidas en la siguiente sección) se presentan todas en términos de dólares, convertidas con el tipo de cambio de fin de cada trimestre, con el propósito de homogeneizar las series y hacerlas comparables. Por otro lado, el índice de inversión fija (mencionada en la siguiente sección) se calculó usando datos del número total de radiobases instaladas y el monto de dinero invertido en activos de planta y equipo. El resto de los datos utilizados se tomaron en sus respectivas unidades.

Dado que el análisis de KPIs es una descripción en el tiempo de las distintas variables utilizadas para formar los indicadores de eficiencia, nos permite conocer los efectos de la estacionalidad en los datos. Por otro lado, ya conociendo que existen efectos de estacionalidad en las series y antes de llevar cabo el análisis de MCO, DEA y Fronteras Estocásticas de Producción (FEP) se

³² Coelli, T.J., D.S.P. Rao and G.E. Battese (1998), *"An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis"*, Kluwer Academic Publishers, Boston, Cap. 6-7.

³³ Los primeros trabajos sobre la estimación de los parámetros de una Función de Frontera de Producción fueron Aigner, D.J. and S.F. Chu (1968), *"On Estimating the Industry Production Function"*, American Economic Review 58, pg. 826-839, Afriat, S.N. (1972), *"Efficiency Estimation of Production Functions"*, International Economic Review 13, pg. 568-598, Richmond, J. (1974), *"Estimating the Efficiency of Production"*, International Economic Review 15, pg. 515-521, pero los que introdujeron el factor estocástico son Aigner, D.J., C.A.K. Lovell and P. Schmidt (1977), *"Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models"*, Journal of Econometrics 6, pg. 21-37.

decidió desestacionalizar³⁴ los datos para evitar efectos distorsionantes en el cálculo de eficiencia con estas metodologías.

Las fuentes de la base de datos son los informes trimestrales de las compañías analizadas; la información macroeconómica se tomó de los Bancos Centrales de cada país; la información sobre las características de los marcos regulatorios para definir las variables dummy se tomó de las principales leyes y reglamentos acerca del tema en cada país:

- Lei Geral de Telecomunicações
- Ley 37 de 1993 para la prestación del servicio de Telefonía Móvil Celular, Colombia.
- Reglamento para el servicio de Telefonía Móvil Celular, Ecuador.
- Ley General de Telecomunicaciones, Guatemala.
- Ley Federal de Telecomunicaciones, México.

4.1 Indicadores operativos

En esta sección presentaremos el comportamiento de diferentes variables operativas (KPIs por sus siglas en inglés “Key Performance Indicators”) como una medida de eficiencia que nos permitirá tener una herramienta más para que, conjuntamente con las otras utilizadas, nos permitan llegar a conclusiones importantes sobre la eficiencia de las compañías analizadas a través del tiempo.

El análisis de los KPIs nos permite tener una visión general del comportamiento operativo de las empresas en cuestión, pero hay que tomar en cuenta que son medidas parciales de productividad que no permiten incluir otro tipo de factores como podrían ser variables ambientales³⁵ que quedan fuera de las manos de los directivos de las empresas. Ejemplos de esto son factores como: variables macroeconómicas que difieren de país en país, factores geográficos, densidad poblacional, tamaño del mercado, etc.

Una característica de estos indicadores operativos es que son relativamente sencillos de obtener, además de ser descriptivos y objetivos, dan un análisis de tendencia en el tiempo de la situación productiva de una cierta compañía. Este método funciona como análisis de “*yardstick competition*”, el cual nos permite comparar entre distintas empresas, dentro del mismo sector, sus niveles de productividad y el desempeño en sus respectivos países para concluir cuál está aprovechando de mejor manera sus recursos en los procesos productivos.

En la Tabla 4.1 se presenta un resumen de los indicadores operativos que se usaron para medir la eficiencia relativa de las empresas.

³⁴ La desestacionalización de las series se hizo a través del programa de computadora “E-Views”, Versión 3.1.

³⁵ Por factores ambientales nos referimos a cualquier factor exógeno en la industria que pueda afectar de diversas formas a las compañías analizadas de país en país.

T A B L A 4.1
DESCRIPCIÓN DE LOS KPIS

VARIABLES E INDICADORES OPERATIVOS (KPI)	DESCRIPCIÓN
INGRESOS POR SERVICIO	SON TODOS LOS INGRESOS MENOS LOS INGRESOS POR VENTA DE EQUIPO. CABE DESTACAR QUE NO SE TOMAN EN CUENTA PARA NUESTRO ANÁLISIS LOS INGRESOS POR EQUIPO YA QUE ESTOS CORRESPONDEN A LA VENTA DE EQUIPOS CELULARES A LOS CLIENTES, LOS CUALES SIEMPRE ESTÁN SUBSIDIADOS Y SALEN DEL NEGOCIO PRINCIPAL DE LAS COMPAÑÍAS DE TELEFONÍA MÓVIL QUE ES EL DE PROVEER DE TIEMPO AIRE A SUS CLIENTES, NO EL DE LA VENTA DE APARATOS.
SUSCRIPTORES PROMEDIO	SON LOS SUSCRIPTORES PROMEDIO DEL PERIODO Y SE CALCULAN DE LA SIGUIENTE MANERA: (SUSCRIPTORES AL INICIO DEL PERIODO + SUSCRIPTORES AL FIN DEL PERIODO) ENTRE DOS
TRÁFICO	ES EL NÚMERO TOTAL DE MINUTOS GENERADOS EN LA RED DE CADA UNA DE LAS EMPRESAS, TANTO DE LLAMADAS ENTRANTES COMO DE LLAMADAS SALIENTES.
ARPU	POR SUS SIGLAS EN INGLÉS "AVERAGE REVENUE PER USER" LO QUE QUIERE DECIR INGRESO PROMEDIO POR SUSCRIPTOR Y SE CALCULA COMO: EL INGRESO POR SERVICIO DEL PERIODO ENTRE LOS SUSCRIPTORES PROMEDIO DEL PERIODO.
MOU	POR SUS SIGLAS EN INGLÉS "MINUTES OF USE", LO QUE SIGNIFICA MINUTOS DE USO PROMEDIO POR SUSCRIPTOR Y SE CALCULA: TRÁFICO TOTAL DEL PERIODO ENTRE SUSCRIPTORES PROMEDIO DEL PERIODO.
CHURN RATE	ES LA TASA DE DESCONEXIÓN DEL PERIODO EN BASE MENSUAL Y SE CALCULA: LAS DESCONEXIONES NETAS ENTRE LOS SUSCRIPTORES DE INICIO DEL PERIODO.
SUSCRIPTORES POR EMPLEADO	SON LOS SUSCRIPTORES DEL FIN DEL PERIODO ENTRE EL NÚMERO DE EMPLEADOS DEL FIN DEL PERIODO.
ÍNDICE DE INVERSIÓN FIJA	ES UN ÍNDICE CREADO CON ALGUNAS VARIABLES REPRESENTATIVAS DE LA INVERSIÓN EN PLANTA Y EQUIPO QUE HAN HECHO LAS COMPAÑÍAS EN EL PERIODO Y TIENE BASE 100 EN EL PRIMER TRIMESTRE DE 2000.
PRECIO PROMEDIO POR MINUTO	SE CALCULA COMO EL ARPU ENTRE MOU, AMBOS ESPECIFICADOS ANTERIORMENTE.
COSTO POR SERVICIO	ES EL COSTO TOTAL EXCLUYENDO EL COSTO DEL EQUIPO.

4.2 Especificación de los modelos de mínimos cuadrados ordinarios, análisis envolvente de datos y fronteras estocásticas de producción

A continuación mencionaremos las variables que fueron aplicadas en las siguientes tres metodologías. Todas estas metodologías buscan estimar una relación entre los insumos y el producto final, lo cual se utiliza para medir la eficiencia (relativa y absoluta) de las empresas³⁶. Para efectos de estos análisis se escogieron tres distintos insumos (costo por servicio, número de empleados y índice de inversión fija) y un sólo producto final (usuarios)³⁷.

La Tabla 4.2 describe la combinación de insumos con el producto final que fue establecida:

T A B L A 4.2
ESPECIFICACIÓN DEL MODELO

Producto final	Insumos
	Costo por servicio (millones de dólares)
Suscriptores (millones)	Empleados (número)
	Índice de inversión fija (número)

El Modelo antes descrito fue seleccionado por las siguientes razones:

- Después de haber analizado a la industria en el capítulo dos, encontramos que estos insumos son piezas clave para la determinación del producto final, en este caso suscriptores. Es decir, son los que más relación tienen con la adición de nuevos usuarios a las compañías.
- No fue fácil determinar el producto final, pues la telefonía móvil no es una industria que se caracterice por realizar productos finales como cualquier otra. Sin embargo, consideramos que una empresa al contar con una buena combinación de insumos y asignarlos de manera eficiente se obtiene como resultado un mayor número de usuarios.
- El número de insumos y un sólo producto final es razonable, dado que contamos con una base de datos limitada y la muestra es relativamente pequeña.

³⁶ Cabe señalar que el DEA es el único modelo que puede comparar los insumos utilizados por una compañía contra uno o más productos finales; sin embargo, tanto Frontera Estocásticas como Mínimos Cuadrados Ordinarios no cuentan con esta modalidad.

³⁷ Cada uno de los insumos y el producto final ya fueron explicados y especificados en la sección 4.1.

- Las tarifas no fueron incluidas como variable que tratara de explicar sus efectos en el producto final y eficiencia, dado que cada compañía cuenta con diferentes planes de servicios (renta mensual con diferentes tarifas, cantidades de minutos incluidos, prepago, entre otros) por lo que se complica la determinación de una tarifa única como medida homogénea de precio del producto.

4.3 Mínimos cuadrados ordinarios

Este método se ha utilizado para calcular las funciones de producción y las funciones de costos en industrias como la del agua y electricidad en países como el Reino Unido. El análisis lo realizaron los entes reguladores llamados Ofwat y Ofgem, respectivamente³⁸. El objetivo era el cálculo de la eficiencia de las compañías prestadoras del servicio para así obtener una regulación más clara y transparente.

El procedimiento de los MCO consiste en encontrar los valores de los parámetros desconocidos (β) que minimicen la suma de los cuadrados de los errores de la regresión. La eficiencia de una empresa es medida a través del cálculo de la diferencia entre la observación obtenida de la regresión y la observación promedio; con otras palabras, se deben obtener los valores de los residuales. Así, la empresa más eficiente obtiene los residuales positivos más altos cuando la función de producción fue estimada y la empresa menos eficiente se encontrará por debajo de la media y con residuales negativos.

El modelo de los MCO utilizado aquí está especificado por la siguiente ecuación:

$$\ln Y_{it} = \alpha + \beta_1 \ln x_{it}^1 + \beta_2 \ln x_{it}^2 + \beta_3 \ln x_{it}^3 + \beta_4 D_{it}^1 + \beta_5 D_{it}^2 + u_{it} \quad 39$$

donde,

- $i = 1, 2, \dots, 5$ (es el número de empresas tomadas en la muestra)
- $t = 1, 2, \dots, 8$ (es el periodo de tiempo considerado para la muestra)
- Y_{it} es el vector de (1x40) que representa el producto final de cada una de las empresas en cada uno de los tiempos en cuestión;
- α es el parámetro del interceptor o la ordenada al origen de la regresión;

³⁸ Ofwat – Office of Water Services, por sus siglas en inglés. Ofgem – Office of Gas and Electricity Market, por sus siglas en inglés.

³⁹ Las variables dependientes e independientes están en forma logarítmica pues se está calculando una función Cobb-Douglas, al igual que en el caso de Fronteras Estocásticas. Más adelante se explicará qué función es la que mejor representa a una Frontera de Producción.

- β es el vector de (3x1) de los parámetros desconocidos a ser estimados;
- x_{it} es el vector de (1x3) de los valores conocidos de los insumos para cada empresa y para cada periodo de tiempo;
- D^1_{it} representa la variable dummy uno, en este caso es la inclusión del sistema "el que llama paga"⁴⁰. Por tanto, tomará valor uno si ese país cuenta con el sistema y cero si sucede lo contrario;
- D^2_{it} representa la variable dummy número dos, en este caso es el tiempo de concesión⁴¹. Para esta variable se consideró que a las empresas que se les otorga concesiones mayores a los 30 años la variable dummy tomará el valor de uno, y cero si sucede lo contrario, y
- u_{it} son los errores de la regresión.

La ventaja de utilizar los MCO radica en que es relativamente sencillo y se puede usar cualquier programa de computación para realizarlo, ya sea Excel, Stata o E-Views. A pesar de ser sencillo eso no significa que pierda valor ya que presenta los resultados sobre eficiencia como la diferencia de los errores con respecto a la media; es decir, aquellas empresas que están por encima de la media serán eficientes, y si están por debajo, lo contrario.

Además, ésta es la primer metodología que nos permite incluir variables dummy. Estas variables nos servirán para medir sus efectos en el producto final y en la eficiencia de cada una de las empresas. Sin embargo, no será un análisis tan completo como el presentado más adelante en las fronteras estocásticas, pues los MCO no contemplan la opción de incluir variables exógenas o ambientales, tales como el entorno macroeconómico. Otra desventaja que presenta esta metodología es que es una medida relativa con respecto al promedio de eficiencia que existe en la muestra y no con respecto a las empresas más eficientes como es el caso de los siguientes modelos.

4.4 Análisis envolvente de datos

Esta metodología utiliza la técnica matemática de programación lineal, además combina la producción final obtenida de un proceso a través de insumos para obtener una sola medida de eficiencia. Dicha técnica no requiere de la información sobre precios de los productos intermedios para medir la eficiencia técnica de una empresa. El Análisis Envolvente de Datos (DEA -por sus siglas en inglés- "*Data Envelopment Análisis*") identifica las empresas con mayor desempeño debido a su habilidad para producir la mayor cantidad de productos

⁴⁰ En el capítulo anterior se mostró que el único país que no cuenta con este sistema es Guatemala.

⁴¹ En el capítulo anterior se mostró que los países que cuentan con concesiones mayores a los 30 años son México y Guatemala. También se explicó que con mayor tiempo de concesión las empresas tienen mayores incentivos a invertir y un mayor tiempo para recuperar sus costos, tal como la inversión inicial.

finales con un cierto nivel de insumos o por minimizar el mayor número de insumos dado un cierto nivel de producción.

Las empresas con mayor desempeño o eficiencia aparecerán sobre la Frontera de Producción estimada a través de la programación lineal. La eficiencia de las otras compañías es determinada midiendo su desempeño relativo con respecto a las mejores empresas las cuales tienen la misma combinación de insumos y producción.

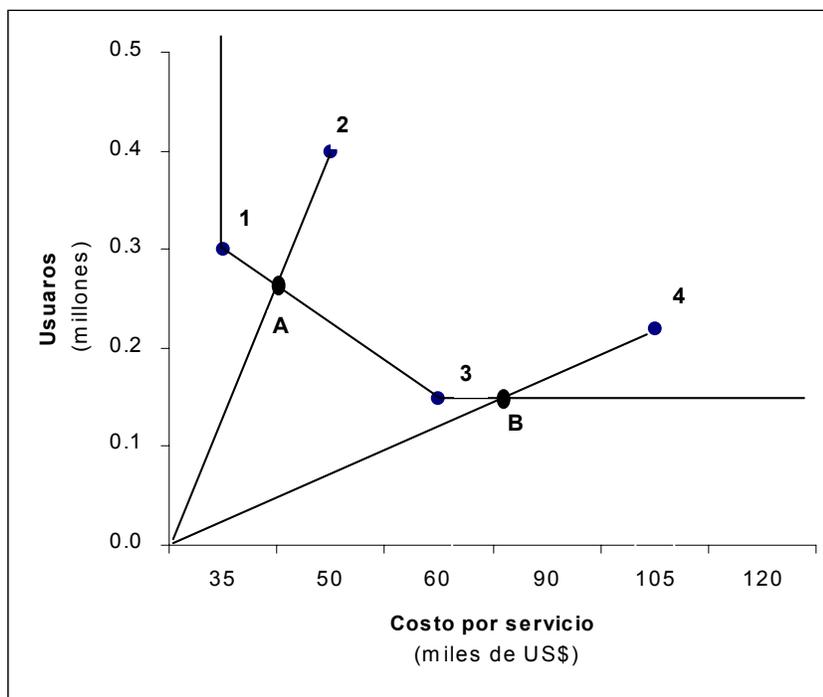
La relación entre los insumos y los productos es descrita por la Función de Distancia entre los Insumos (FDI). Dicha función describe múltiples tecnologías de productos y de insumos sin recurrir a supuestos de comportamiento específicos como son: la maximización de beneficios o la minimización de costos. Asumiendo que los productos finales son fijos, la FDI busca reducir proporcionalmente el vector de insumos lo más posible⁴².

La Figura 4.1 ilustra la aplicación del DEA donde el objetivo de las compañías de telefonía móvil es el de minimizar los insumos dada una producción. Asimismo, se puede asumir que estas empresas cuentan con rendimientos a escala constantes o con rendimientos a escala decrecientes⁴³. En este ejemplo se utiliza un sólo insumo y un sólo producto final, si se quiere comparar más insumos contra más productos finales entonces se deberá utilizar programación lineal.

⁴² Para más información de las Fronteras de Distancia entre los insumos ver Coelli, Tim, Prasada, Rao y George E. Battese, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, 1998 (Cap. 5).

⁴³ En nuestro análisis se usaron ambos rendimientos para darle una mayor significancia a nuestros resultados. De hecho, en los resultados presentados en el capítulo 5 aparecen ambos supuestos y un ajuste entre las dos medidas llamada eficiencia a escala que es la división entre los rendimientos constantes a escala y los variables.

F I G U R A 4.1
EJEMPLO HIPOTÉTICO DE LA APLICACIÓN DEL DEA



Las compañías más cercanas al origen utilizan el menor nivel de costo por servicio para generar usuarios finales, por lo tanto la empresa 1 y 3 serán las más eficientes. La línea que une a estas dos compañías es la frontera eficiente de producción. Dicha frontera corre paralela a los ejes verticales y horizontales porque el resultado debe ser una frontera o línea envolvente de todos los puntos obtenidos.

Las empresas 2 y 4 son las menos eficientes porque están por dentro de la frontera y por lo tanto no estarán asignando de manera eficiente sus recursos. El resultado obtenido de la eficiencia técnica de la empresa 2 es determinada por el cociente $OA/O2$, que es aproximadamente 0.675, en este ejemplo⁴⁴. La empresa 2 podría reducir potencialmente todos sus insumos en aproximadamente 32.5% produciendo la misma cantidad. La eficiencia técnica de la empresa 4 es el cociente $OB/O4$, que es igual a 0.75. Por lo tanto, dicha empresa podría reducir el insumo en 25% para producir la misma cantidad⁴⁵.

Por otro lado, como ya se había especificado anteriormente, el DEA involucra el uso de programación lineal para construir una frontera no-

⁴⁴ En un análisis DEA, todos los resultados de eficiencia obtenidos se encontrarán entre cero y uno. La empresa eficiente tendrá el resultado de uno.

⁴⁵ Se puede argumentar que la empresa 4 puede reducir su costo por servicio todavía más y moverse del punto B al punto 3 y quedar sobre la frontera. Esto quiere decir que la empresa tiene un insumo improductivo en el costo de servicio.

paramétrica que “envuelva” a los datos finales. El software DEAP Versión 2.1 fue usado para resolver programación lineal y calcular las medidas de eficiencia de las cinco empresas de telefonía móvil en América Latina⁴⁶. Dicho programa de computación nos muestra los resultados de eficiencia técnica (descrita en la sección 1.3 y la definiremos como TE- por sus siglas en inglés - “*Technical Efficiency*”) tomando en cuenta dos supuestos en el proceso productivo de las empresas: rendimientos constantes a escala y rendimientos variables a escala.

4.4.1 El DEA bajo el supuesto de rendimientos variables y constantes a escala

Primero se especificará la diferencia teórica entre rendimientos constantes y variables a escala. La tecnología de rendimientos variables a escala (RVE) se muestra en la Figura 4.2(a), representada por una función dependiente de x y por una empresa ineficiente (fuera de la frontera de producción) operando en el punto P. Como podemos observar, la eficiencia técnica orientada al insumo⁴⁷ estaría dada por la distancia entre los puntos AB/AP, mientras que la eficiencia técnica orientada al producto final⁴⁸ estará dada por la distancia entre CP/CD, lo que nos demuestra que las distancias $AB/AP > CP/CD$; por tanto, el producto final crece a tasas decrecientes mientras se use una mayor cantidad de insumo. Por otro lado, los rendimientos constantes a escala (RCE) se muestran en la figura 4.2(b) los que nos demuestra que es el caso donde las distancias son las mismas; es decir, $AB/AP = CP/CD$. Por tanto, mientras mayor sea el número de insumos, la producción final crecerá en la misma proporción que dicho insumos.

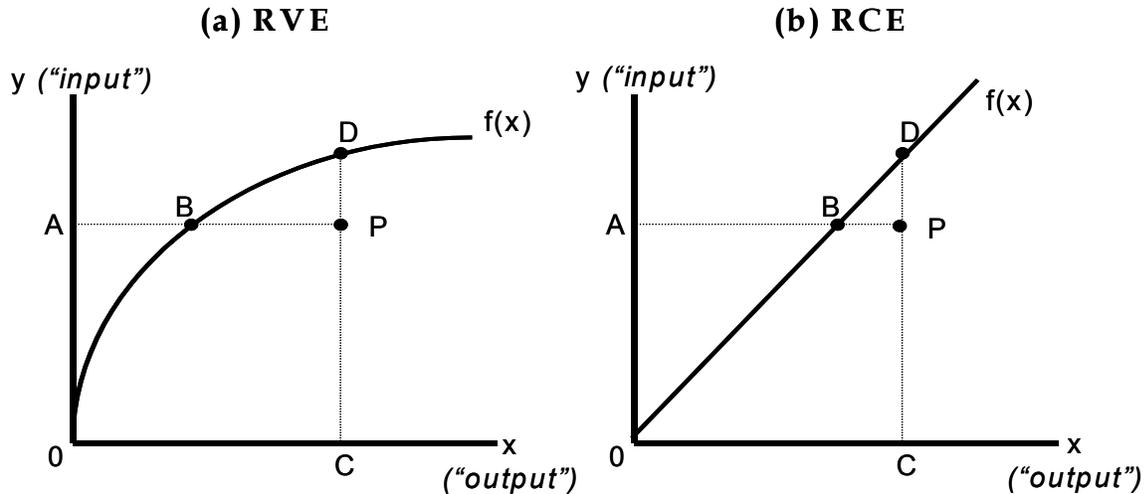
⁴⁶ Coelli, T.J. (1996a), “*A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Enevelopment Analysis (Computer) Program*”, CEPA Working Paper 96/08, Department of Econometrics, University of New England, Armidale

⁴⁷ La medición de eficiencia técnica orientada a los insumos se puede resolver haciendo la siguiente pregunta: ¿proporcionalmente, por cuánto se deben disminuir la cantidad de insumos sin cambiar la cantidad producida del bien final?

⁴⁸ La medición de eficiencia técnica orientada al producto final se puede resolver haciendo la siguiente pregunta: ¿proporcionalmente, por cuánto se debe aumentar la cantidad de productos finales sin alterar la cantidad de insumos utilizados?

F I G U R A 4.2

RENDIMIENTOS CONSTANTES Y VARIABLES A ESCALA



Para desarrollar un modelo de RVE orientado a los insumos, asumimos que existen K insumos y M productos finales para cada uno de las N empresas. Para el distribuidor i los datos son representados por una columna de vectores, x_i y y_i (insumo y producto final, respectivamente). Las observaciones de todas las empresas son representadas por X , la cual es una matriz de insumos de tamaño $K \times N$, y una Y para una matriz de productos finales de tamaño $M \times N$ ⁴⁹.

El desarrollo del modelo orientado a los insumos con RVE se define como:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ & s.a. \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - \lambda \geq 0, \\ & N1'\lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

En este modelo:

- θ es un escalar representando una proporción de los insumos con los cuales se puede obtener un nivel dado de producto final.
- λ es un vector de constantes con tamaño $N \times 1$.
- $N1$ es un vector de unos de tamaño $N \times 1$

⁴⁹ Recordando que para nuestro análisis: $K=3$, $M=1$ y $N=5$. Por lo tanto, X es una matriz de (5×3) , y Y es de (1×5) .

- $N1' \lambda = 1$ es la restricción que hace a la frontera convexa (además con esto se asumen rendimientos variables a escala).

Resolviendo N veces, una para cada empresa, la programación lineal nos presenta las soluciones del escalar θ y de λ para cada empresa. El valor de θ debe estar entre cero y uno, donde θ corresponde a la medición de la eficiencia técnica. Por tanto, una empresa con valor igual a uno, significa que es la empresa más eficiente o que es 100% eficiente. Básicamente, lo que realiza este proceso es encontrar, entre todas las posibles combinaciones de insumos y productos finales, la óptima o en cierto sentido de la palabra, la más eficiente combinación de insumos que produzca un mismo nivel de producto final.

La diferencia entre los RVE y los RCE radica en la restricción de $N1' \lambda = 1$ (convexidad) la cual nos asegura que empresas con producciones a escala similares pueden ser comparadas entre sí mismas.

En resumen, el DEA nos proporcionará los primeros resultados de eficiencia presentados como porcentajes y que sean relativos con respecto a las empresas más eficientes en la muestra. Asimismo, es la única metodología que nos permite hacer supuestos de rendimientos constantes o variables a escala en los procesos productivos.

Además esta metodología genera un proceso efectivo, por medio de programación lineal, para encontrar la mejor combinación de insumos para obtener una cierta cantidad de producto final. Sin embargo, una de las grandes deficiencias que nos presentan los resultados del DEA es que no incluye variables dummy con las que medimos los efectos del marco regulador en la eficiencia de las empresas. Por tanto, este modelo nos servirá, más que nada, para darle mayor valor y consistencia a los resultados que se obtendrán en el modelo de fronteras estocásticas que sí contempla las variables antes mencionadas así como las variables ambientales o exógenas, que serán descritas en la siguiente sección.

Cabe mencionar que se puede incluir variables exógenas en el DEA, pero no se hizo debido a que el "software" utilizado no incluye esta herramienta. Existen otras desventajas que presenta esta metodología y que serán mencionadas más adelante en la sección 4.6, pues son las mismas que presentan los MCO y las FEP, las cuales se explicarán a continuación.

4.5 Fronteras estocásticas de producción

Tanto las Fronteras Estocásticas de Producción (FEP) como los MCO están compuestos por una variable dependiente (producto final) y varias independientes (insumos). Los coeficientes de los estimadores se calculan por medio de métodos econométricos que serán explicados más adelante. Sin

embargo, la gran diferencia entre estas dos metodologías es que las FEP dividen los errores de la regresión en dos componentes: los errores u_i que son los errores tradicionales de los MCO y un error adicional (v_i) que refleja los efectos aleatorios conocidos como variables ambientales o exógenas que pueden influir tanto en el producto final como en la eficiencia de una empresa, los cuales serán explicados, con mayor detalle, en las secciones 4.5.2 y 4.5.3.

A lo largo de las últimas décadas, se ha tratado de explicar las fronteras de producción por medio de métodos econométricos. Sin embargo, una parte que no está definida es qué tipo de función es la que mejor describe el comportamiento de una frontera de producción.

4.5.1 Estimación de una función de fronteras de producción

La tecnología que determina la producción deber ser especificada por una forma funcional en particular, ya sea exponencial o logarítmica. Por lo tanto, una función ciertamente flexible es recomendada en la aplicación de una frontera de producción. Los autores Aigner y Chu, quines fueron los primeros en estimar fronteras de producción, consideraron como la mejor opción la forma tradicional descrita por medio de una Cobb-Douglas, usando datos de una muestra de N empresas⁵⁰. Esta forma tradicional muestra la relación de insumos y productos finales de una determinada empresa, en un periodo de tiempo. Adicionalmente, dado que los coeficientes de los estimadores, usualmente, están en forma exponencial, es conveniente que esta función se presente en forma logarítmica para facilitar su cálculo. Por lo que todos los datos de panel utilizados en la muestra deben ser convertidos a logaritmos.

El modelo especificado es el siguiente:

$$\ln(y_i) = x_i \beta + u_i \quad i=1,2,\dots,5$$

donde,

- $\ln(y_i)$ es el logaritmo de la producción final (escalar) para la empresa i ;
- x_i es un vector-renglón de $(k+1)$, donde el primer elemento es un uno y los siguientes k elementos son el logaritmo de las cantidades de insumos usados por la empresa i ;
- $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)'$ es un vector-columna de tamaño $(k+1)$ de parámetros desconocidos a ser estimados, y
- u_i es una variable aleatoria no negativa, asociada con ineficiencias técnicas (ruido) en la producción de la empresa i en un periodo de tiempo.

⁵⁰ Aigner, D.J., y S.F. Chu (1968), "On Estimating the Industry Production Function", *American Economic Review*, 58, pg. 826-839.

Por otro lado, se han realizado distintas modificaciones al modelo antes mencionado para incluirle especificaciones adicionales que expliquen con más detalle los efectos que intervienen en el proceso productivo de una empresa. Tal es el caso de los modelos conocidos como Funciones de las Fronteras Estocásticas de Producción

4.5.2 La función de producción de las fronteras estocásticas

Aigner, Lovell y Schmidt propusieron una función de Fronteras Estocásticas de Producción (FEP) a la cual le incluyeron un error aleatorio v_i , el cual explicara los efectos que tiene ciertas variables exógenas que afectan tanto la producción como a la eficiencia de las compañías⁵¹. La siguiente ecuación especifica el modelo de la frontera estocástica de producción:

$$\ln(y_i) = x_i \beta + u_i - v_i \quad , i=1,2,\dots,5$$

El error aleatorio v_i toma en cuenta la medida de los errores estocásticos, y otros factores aleatorios tales como efectos climáticos, huelgas o cualquier variable exógena al modelo que no puede ser controlada por los operativos de las empresas. Adicionalmente, dichos errores se asumen independientes e idénticamente distribuidos por una normal de variables aleatorias con media μ y varianza constante σ^2 , además de ser independientes de los errores aleatorios que representan ineficiencias técnicas (u_i definidos en la sección 4.3 como errores de la regresión), los cuales se asumen que son independientes e idénticamente distribuidos por una normal con media cero y varianza σ_u^2 .

Como se puede observar, a pesar de que los MCO y las FEP son dos metodologías que incluyen errores propios de la regresión, la gran diferencia entre éstas, es la inclusión de los errores v_i los cuales describen las variables ambientales o exógenas que influyen en la eficiencia de las empresas. Las fronteras estocásticas además incluyen variables dummy que describen los efectos del marco regulador, pero al incluir también los efectos ambientales, obtenemos una metodología mucho más completa que las presentadas hasta el momento.

El modelo mencionado anteriormente, es llamado frontera *estocástica* (aleatoria) de producción porque los valores del producto final están acotados por la frontera estocástica de producción dada por la función exponencial $\exp(x_i \beta + v_i)$ ⁵². Los errores aleatorios pueden ser positivos o negativos, lo cual

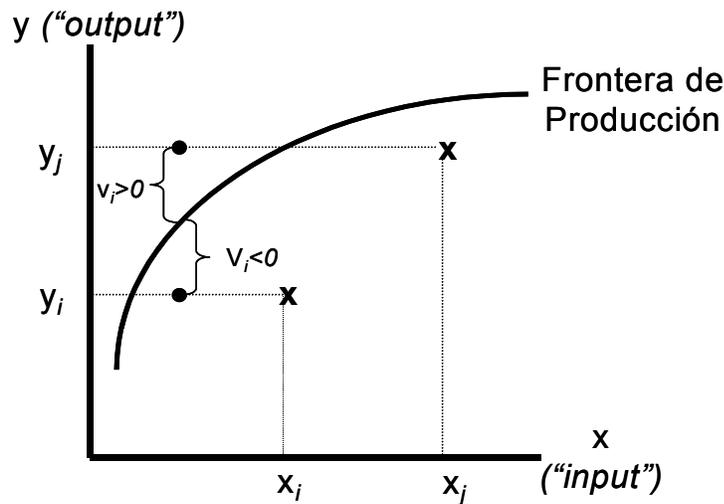
⁵¹ Aigner, D.J., C.A.K. Lovell y P. Schmidt (1977), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", Journal of Econometrics 6, pg. 21-37

⁵² Una frontera de producción se puede describir por una función Cobb-Douglas. Asimismo, esta función se puede escribir exponencial o logarítmicamente dependiendo del análisis que se requiera.

permite que los insumos estocásticos, representados en la Figura 4.3, varíen alrededor de la frontera de producción, dependiendo de si son positivos o negativos. La diferencia de los MCO con las FEP es que en esta última la explicación de las desviaciones de los errores con respecto a la frontera incluyen no sólo errores de los MCO, sino que también incluyen a los errores que explican los efectos de las variables exógenas. Para saber en qué proporción afecta cada error en las desviaciones, el modelo de las FEP obtiene un coeficiente denominado, que se explicará más adelante. Por lo tanto, la metodología de las FEP nos proporciona un análisis más completo de los efectos que puede tener el entorno ambiental y regulatorio en la producción y en la eficiencia de las empresas.

En el siguiente ejemplo, un insumo (x), digamos costo de servicio, produce una cierta cantidad de producto final, digamos usuarios finales.

F I G U R A 4 . 3
FUNCIÓN ESTOCÁSTICA DE PRODUCCIÓN



El valor observado de los insumos y del producto final para la compañía i y j se denota con una x en la figura de arriba. El valor de las desviaciones debido a las variables aleatorias asociadas con la compañía j es positivo, por lo tanto los productos finales estocásticos estarán por encima de la frontera de producción. De la misma manera sucede con la variable aleatoria asociada a la empresa i la cual aparece por debajo de dicha frontera.

4.5.3 Eficiencia técnica dentro de las fronteras estocásticas de producción

Definimos eficiencia técnica de una empresa, dentro del modelo de fronteras estocásticas, como el cociente de su producción media (en unidades originales o logarítmicas), dados sus efectos aleatorios, entre la producción media, si dichos efectos aleatorios fueran cero. Por lo tanto la eficiencia técnica (TE) se denota como⁵³:

$$TE_i = \frac{E\langle Y^*_{it} | v_i, x_{it}, t = 1, 2, \dots \rangle}{E\langle Y^*_{it} | v_i = 0, x_{it}, t = 1, 2, \dots \rangle}$$

también se puede expresar de la siguiente manera:

$$TE_i = \frac{y_i}{\exp(x_i \beta)} = \frac{\exp(x_i \beta - v_i)}{\exp(x_i \beta)} = \exp(-v_i)$$

Esta medida necesariamente debe estar entre cero y uno. Si la TE de una empresa es 0.85, entonces esto implica que esta empresa es 15% menos eficiente, en promedio, que una empresa totalmente eficiente que usa una combinación similar de insumos.

4.5.4 Especificaciones del modelo con variables ambientales

El modelo utilizado para este análisis en el cálculo de fronteras estocásticas de producción y de las eficiencias técnicas es el siguiente:

$$\ln Y_{it} = \alpha + \beta_1 \ln x_{it}^1 + \beta_2 \ln x_{it}^2 + \beta_3 \ln x_{it}^3 + \beta_4 D_{it}^1 + \beta_5 D_{it}^2 + u_{it} - v_{it}$$

- donde Y_{it} , x_{it} y β están definidas como se hizo anteriormente;
- D_{it}^1 representa la variable dummy uno (definida de la misma manera que en la sección 4.3), en este caso es la inclusión del sistema "el que llama paga"⁵⁴. Por tanto, tomará valor uno si ese país cuenta con el sistema y cero si sucede lo contrario.

⁵³ Batesse, G.E. and T.J. Coelli (1988), "Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies With a Generalised Frontier Production Function and Panel Data", *Journal of Econometrics* 38, pg. 387-399

⁵⁴ En el capítulo anterior se mostró que el único país que no cuenta con este sistema es Guatemala.

- D_{it}^2 representa la variable dummy número dos (definida de la misma manera que en la sección 4.3), en este caso es el tiempo de concesión⁵⁵. Para esta variable se consideró que a las empresas que se les otorga concesiones mayores a los 30 años la variable dummy tomará el valor de uno, y cero si sucede lo contrario.
- u_{it} son variables aleatorias las cuales se asumen independientes e idénticamente distribuidas (iid.) por una normal con media cero y una varianza sigma cuadrada $N(0, \sigma_u^2)$, además son independientes de los errores v_{it} ,
- v_{it} son variables aleatorias no negativas que representan las variables exógenas o ambientales que afectan a la producción. Se asume que son iid. con “entronque” en cero⁵⁶ de una distribución normal $N(m_{it}, \sigma_v^2)$, donde la media m_{it} se define como:

$$m_{it} = \delta_0 + \delta_1 z_{it}^1 + \delta_2 z_{it}^2$$

y donde,

- δ es un vector de los coeficientes que se estimarán para ver de qué manera afectan sus parámetros al producto final.
- z_{it}^1 son las variables ambientales o exógenas que influyen en la producción y en la eficiencia de la empresa. En este caso la primer variable ambiental que se incluyó es el Producto Interno Bruto (PIB)⁵⁷. El PIB se escogió como una variable ambiental, pues es exógena al modelo y que los empresarios no pueden controlar, y sin embargo, afecta directamente al producto final (usuarios) pues al crecer el PIB, los consumidores tendrán un mayor poder adquisitivo y por lo tanto tenderán a comprar más equipos de telefonía móvil para realizar sus llamadas. Por lo anterior, esta variable afecta indirectamente la eficiencia técnica de las empresas por medio del producto final.
- z_{it}^2 es el segundo grupo de variables que influyen en la eficiencia de la empresa. En este caso la segunda variable ambiental que se incluyó es el Tipo de Cambio (TC)⁵⁸. El TC también se consideró como una variable

⁵⁵ En el capítulo anterior se mostró que los países que cuentan con concesiones mayores a los 25 años son México y Guatemala. También se explicó que con mayor tiempo de concesión las empresas tienen mayores incentivos a invertir y un mayor tiempo para recuperar sus costos, tal como la inversión inicial.

⁵⁶ “entronque” en cero (*truncation*- por sus siglas en inglés) significa que es una normal que sólo tomará los valores por encima del cero.

⁵⁷ El PIB fue tomado del primer trimestre de 2000 al último trimestre de 2001 para cada uno de los cinco países. Adicionalmente, se transformó a un índice donde el primer trimestre de 2000 es uno y los siguientes valores son las variaciones en el tiempo con respecto a ese trimestre.

⁵⁸ El TC fue tomado para el mismo periodo que el PIB. Además, también se realizó la misma transformación a índice que en el PIB.

exógena, dado que afecta de manera directa y negativamente al producto final, pues muchos de los costos de inversión y operación de las empresas de telefonía móvil están denominados en dólares. En consecuencia, a mayor tipo de cambio los costos de servicio e inversión fija aumentan y, por tanto, afectan la eficiencia técnica de las empresas.

En las variables exógenas se pueden incluir varios factores que influyen en la producción de una empresa, tales como: clima, valor en libros de los bienes en capital, "shocks" externos, la edad promedio de los empleados, su escolaridad, entre muchas otras. Para el método de las FEP en nuestro análisis decidimos escoger las variables ambientales PIB y TC. Éstas se escogieron ya que, la primera nos muestra la influencia que tiene el crecimiento de la economía en general sobre la industria. La segunda se escogió ya que el Tipo de Cambio afecta fuertemente los costos de los equipos, el de las radiobases, otros costos de red, el de accesorios, entre otros. Estas dos variables son las que más influyen exógenamente en el producto por lo que consideramos que la inclusión de variables extra no incorporan un cambio significativo en los resultados.

4.5.5 Estimación del modelo por el método de los tres pasos

El modelo de Fronteras Estocásticas de Producción se puede estimar por el método de Máxima Verosimilitud (MV), el cual requiere de una maximización de la función de máxima verosimilitud. El software de computadora llamado FRONTIER (Versión 4.1) es el que utilizamos para el cálculo de los parámetros a estimar⁵⁹.

A continuación hablaremos de los elementos básicos en la obtención de los estimadores de MV. La función de máxima verosimilitud⁶⁰ se expresa,

⁵⁹ Coelli, T.J. (1996b), "A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Frontier Production Estimation", CEPA Working Paper 96/07, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.

⁶⁰ La función de máxima verosimilitud se expresa de la siguiente manera:

$$\ln(L) = -\frac{N}{2} \ln(\pi/2) - \frac{N}{2} \ln(\sigma_s^2) + \sum_{i=1}^N \ln[1 - \phi(z_i)] - \frac{1}{2\sigma_s^2} \sum_{i=1}^N (\ln y_i - x_i \beta)^2$$

donde

N es el número de empresas de la muestra; $z_i = \frac{(\ln y_i - x_i \beta)}{\sigma_s} \sqrt{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$; γ , $\phi(\cdot)$ es la función de

distribución de la variable aleatoria normal estándar (variables ambientales o exógenas).

Toda la metodología y la derivación de esta función puede ser consultada a fondo en:

Coelli, T.J., D.S.P. Rao and G.E. Battese (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston, pg. 188-189.

Battese, G.E. and T.J. Coelli (1993), "A Stochastic Frontier Production Function Incorporating a Model for Technical Inefficiency Effects", *Working Papers in Econometrics and Applied Statistics*, No. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, (Appendix).

básicamente, en términos de tres parámetros de varianza: $\sigma_s^2 \equiv \sigma_u^2 + \sigma^2$ ⁶¹, $\lambda \equiv \sigma / \sigma_u$ y $\gamma = \sigma^2 / \sigma_s^2$. El valor de γ debe estar entre cero y uno, mientras que el valor de λ no debe ser negativo. El valor de γ igual a cero indica que las desviaciones de la frontera son explicadas completamente por el “ruido” o los errores aleatorios denominados u_i ; mientras que un valor igual a uno indica que todas las desviaciones de la frontera se deben a las ineficiencias técnicas explicadas por el error v_i . Finalmente, los estimadores por MV de β , σ^2 y γ se obtienen encontrando el máximo de la función de máxima verosimilitud con respecto a cada uno de los parámetros.

Los estimadores de MV de los parámetros del modelo especificado en la sección 4.5.4 se puede encontrar utilizando un método de estimación de tres pasos:

1. Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), obtiene los estimadores de cada variable en cuestión. Todos los estimadores de β , con excepción del intercepto (β_0), deben ser insesgados.
2. La segunda fase fija los valores de los parámetros de β , encontrados por el método de MCO, para después conducir una búsqueda de “rejilla” (“*grid search*”) sobre los valores de γ , que se encuentran entre cero y uno, y escoge aquél valor de gamma que maximice la función de máxima verosimilitud. Además los otros parámetros como μ , η o δ son fijados en cero.
3. Los valores encontrados en el paso anterior son usados como los valores iniciales dentro de un procedimiento iterativo, usando el método de Davidon-Fletcher-Powell Quasi-Newton para obtener los estimadores finales de máxima verosimilitud⁶².

La búsqueda de “rejilla” es conducida a través de los intervalos de cada uno de los parámetros de γ , desde 0.1 hasta 0.9 en incrementos de 0.1. Después de que la búsqueda encuentra los valores iniciales, empieza el proceso de iteración el cual necesita del vector de la primera derivada parcial de la función de máxima verosimilitud con respecto a cada uno de los parámetros y maximizando la función de MV encontrará los estimadores de β , σ^2 y γ ⁶³.

⁶¹ El valor de σ^2 es la varianza de la distribución normal la cual sólo toma en cuenta los valores no negativos para obtener la distribución de los errores v_i . Si esta varianza es igual a cero, entonces todas las v_i son cero, implicando que todas las empresas son completamente eficientes.

⁶² Himmelblau, D.M. (1972), *Applied Non-Linear Programming*, McGraw-Hill, New York..

⁶³ Las derivadas parciales de la función de máxima verosimilitud se encuentran en: Battese, G.E. and T.J. Coelli (1993), “A Stochastic Frontier Production Function Incorporating a Model for Technical Inefficiency Effects”, *Working Papers in Econometrics and Applied Statistics*, No. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, (Appendix).

4.5.6 Prueba “One-sided Generalized Likelihood-Ratio Test”⁶⁴

Esta prueba requiere la estimación del modelo bajo hipótesis nula y alternativa. Bajo la hipótesis nula, $H_0: \gamma=0$, el modelo es equivalente al modelo tradicional que describe funciones de producción, mencionado en la sección 4.5.1; es decir, sin los errores v_i solamente se incluyen los errores u_i . La prueba estadística es calculada como:

$$LR = -2 \{\ln[L(H_0) / L(H_1)]\} = -2 \{\ln[L(H_0)] - \ln[L(H_1)]\}$$

donde, $L(H_0)$ y $L(H_1)$ son los valores de la función de verosimilitud bajo la hipótesis nula y alternativa, H_0 y H_1 , respectivamente.

Si H_0 es aprobada, esta prueba estadística se asume que será una variable aleatoria distribuida como una chi-cuadrada con grados de libertad iguales al número de restricciones impuestas en el modelo⁶⁵. Además, si no es rechazada, significa que las variables ambientales (errores v_i) no son significativos en la muestra.

En resumen, la metodología de las FEP se distingue de las demás porque incluye variables ambientales o exógenas que afectan la producción y eficiencia de las empresas. Estos errores o variables aleatorias (v_i) junto con los errores de la regresión (u_i) describen en gran medida las desviaciones de la frontera de producción de cada empresa. Sin embargo, es importante obtener el valor del coeficiente *gamma* el cual nos indica: en qué proporción, de la desviación total, es explicada por uno o por otro error.

Como se había mencionado en el capítulo dos, la industria de telefonía móvil es un sector que, dadas sus características, debe ser regulado y las políticas usadas por el ente regulador deben ser justificadas con criterios objetivos de eficiencia. La metodología de las FEP, al incluir variables dummy y variables exógenas que explican los efectos del marco regulador y los efectos del entorno macroeconómico en la producción de las empresas, respectivamente, se convierte en el modelo más explicativo y completo para obtener medidas objetivas de eficiencia. En consecuencia, los resultados del resto de los métodos nos ayudarán a reforzar los obtenidos por la metodología de las FEP.

A pesar de que cada metodología presenta distintas características en el cálculo de la eficiencia, existen ciertas desventajas e implicaciones que son

⁶⁴ *Ibidem*.

⁶⁵ En nuestro análisis se usaron tres restricciones:

1. Dentro de los errores aleatorios v_i , $\delta_0=0$. Es decir, el interceptor del modelo adicional de variables ambientales es cero.
2. El número máximo de iteraciones fue fijado en 500.
3. La búsqueda de “rejilla” por medio del factor γ es por intervalos de 0.1.

comunes y que deben ser consideradas antes de realizar el cálculo de los métodos descritos.

4.6 *Desventajas e implicaciones de la aplicación de los modelos MCO, DEA y FEP*

Las distintas desventajas e implicaciones que presenta la aplicación de los modelos MCO, DEA y FEP son las siguientes:

- Los valores atípicos pueden influir en los resultados finales.
- La exclusión de un insumo o producto final significativo o importante, podría resultar en resultados sesgados.
- Para los modelos DEA y de las FEP los resultados obtenidos son relativos a los resultados de las mejores empresas incluidas en la muestra. Mientras que para los MCO son resultados relativos con respecto a la media obtenida en la muestra.
- La inclusión de un insumo o producto final extra en la muestra no necesariamente resulta en un sesgo de los resultados obtenidos de la eficiencia. Es decir, se corre el riesgo de incluir una variable, ya sea de insumo o de producto final, que no sea explicativa y ,por tanto, no significativa.
- Cuando la muestra tiene pocas observaciones tanto en empresas como en tiempo de observación, muchas empresas aparecerán sobre la frontera de producción (en el caso del DEA y de las FEP). O en el caso de los MCO muchas obtendrán errores positivos y, por tanto, estarán por encima de la media de la muestra, implicando que la mayoría son eficientes.
- Tratar a los insumos y/o los productos finales como bienes homogéneos, cuando realmente son heterogéneos, podría resultar en resultados sesgados.

4.7 *Cuadro comparativo entre KPIs, MCO, DEA y FEP*

En el siguiente cuadro comparativo se resume las características más importantes de cada una de las metodologías antes descritas.

CARACTERÍSTICAS	KPIs	MCO	DEA	FEP
¿TIENE LÍMITES EN EL USO INSUMOS Y DE PRODUCTOS FINALES?	NO INCORPORA INSUMOS NI PRODUCTOS FINALES.	PERMITE VARIAS COMBINACIONES DE INSUMOS. EL LÍMITE SERÍA LA PÉRDIDA DE SIGNIFICANCIA DE CADA UNA DE LAS VARIABLES EXTRAS. EN CUANTO AL PRODUCTO FINAL, SÓLO SE INCLUYE UNO.	INSUMOS Y PRODUCTOS FINALES ILIMITADOS.	PERMITE VARIAS COMBINACIONES DE INSUMOS. EL LÍMITE SERÍA LA PÉRDIDA DE SIGNIFICANCIA DE CADA UNA DE LAS VARIABLES EXTRAS. EN CUANTO AL PRODUCTO FINAL, SÓLO SE INCLUYE UNO.
SERIES DE TIEMPO, CORTE TRANSVERSAL O DATOS DE PANEL	NINGUNO	CUALQUIERA DE LAS TRES MODALIDADES APLICA.	CORTE TRANSVERSAL O DATOS DE PANEL	CORTE TRANSVERSAL O DATOS DE PANEL
¿INCORPORA ERRORES ALEATORIOS EN LA METODOLOGÍA?	NO	SÍ (ERRORES u_i)	NO	SÍ (ERRORES u_i)
¿INCORPORA VARIABLES DUMMY PARA DESCRIBIR CUESTIONES COMO EL MARCO REGULATORIO?	NO	SÍ	NO	SÍ
¿INCORPORA VARIABLES ALEATORIAS QUE DESCRIBEN INEFICIENCIAS TÉCNICAS (PIB Y TIPO DE CAMBIO)?	NO	NO	SÍ *	SÍ (ERRORES v_i)
¿CUÁL ES LA METODOLOGÍA UTILIZADA?	ANÁLISIS RELATIVO BASADO EN COCIENTES.	REGRESIÓN LINEAL.	PROGRAMACIÓN LINEAL.	MCO ITERACIÓN DE DAVIDON-FLETCHER. MÁXIMA VEROSIMILITUD

* Para nuestro análisis de DEA no incorporamos los factores de ineficiencia técnica, pues la versión del Software utilizado para su cálculo no incluye la opción de incorporar esta característica.

5. Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos por las cuatro metodologías de medidas de eficiencia. Con esto podremos obtener los datos que requerimos para dar nuestras conclusiones que aparecerán en el siguiente capítulo.

Los primeros resultados que se presentarán son los de los indicadores operativos, los cuales solamente nos muestran la tendencia en el tiempo de medidas relativas del desempeño de una empresa en particular. Por lo tanto, requerimos de un análisis con modelos más objetivos y completos, basados en análisis econométricos y de programación lineal como son los mínimos

cuadrados ordinarios, el análisis de datos envolvente y las fronteras estocásticas.

El modelo basado en los mínimos cuadrados ordinarios es el primer método econométrico que utilizamos; sin embargo, los resultados obtenidos están limitados, debido a que no toman en cuenta variables que consideramos importantes y que afectan a la eficiencia de las empresas, tales como los efectos del entorno macroeconómico. Por lo anterior, decidimos incluir el análisis basado en las fronteras estocásticas de producción, el cual sí nos permite incluirlas.

Finalmente, el análisis del DEA nos permite reforzar nuestros resultados obtenidos por el resto de los modelos, ya que se basa en una metodología de programación lineal diferente a las anteriores. Con esta metodología pudimos haber incluido más de un producto final (ventaja con respecto a los demás modelos), pero no lo hicimos para ser consistentes con la combinación de tres insumos y de un sólo producto final, utilizados en el cálculo econométrico de los MCO y de las FEP.

5.1 Indicadores operativos (KPI's)

5.1.1 ARPU (Ingreso promedio por usuario o *Average Revenue per User*)

El Ingreso por Servicios Promedio por Usuario es un indicador operativo que muestra la tendencia en el tiempo de los ingresos de la compañía ponderados por la base total de clientes. Esto quiere decir cuánto ingreso le genera a cada empresa cada suscriptor en cierto periodo. Asimismo, este indicador nos puede ayudar a pronosticar los ingresos futuros de una compañía si tuviéramos una estimación sobre la tasa futura de crecimiento en suscriptores.

Podemos suponer que este indicador va a tener una tendencia decreciente en el tiempo para las empresas analizadas. Esto se debería a lo joven de esta industria en la región y por esta razón se presenta un mayor crecimiento en la base de suscriptores que en los ingresos, por tanto se tendrá un decremento del ARPU.

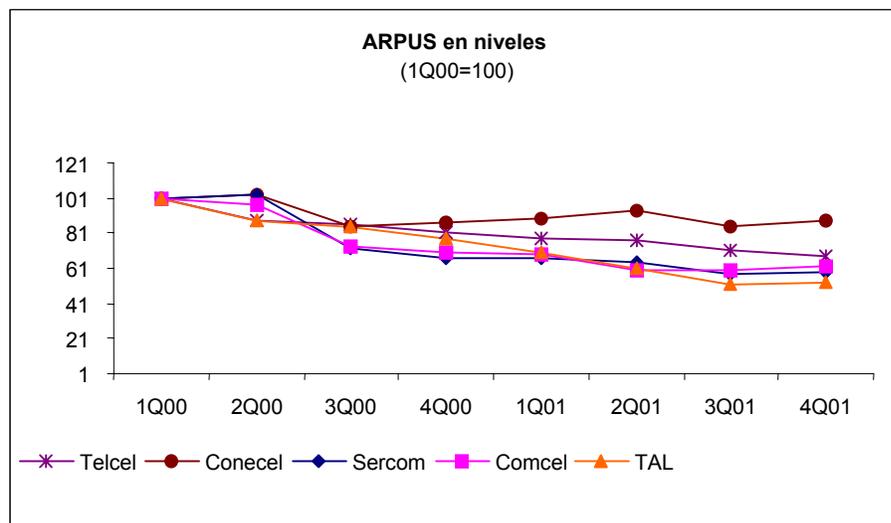
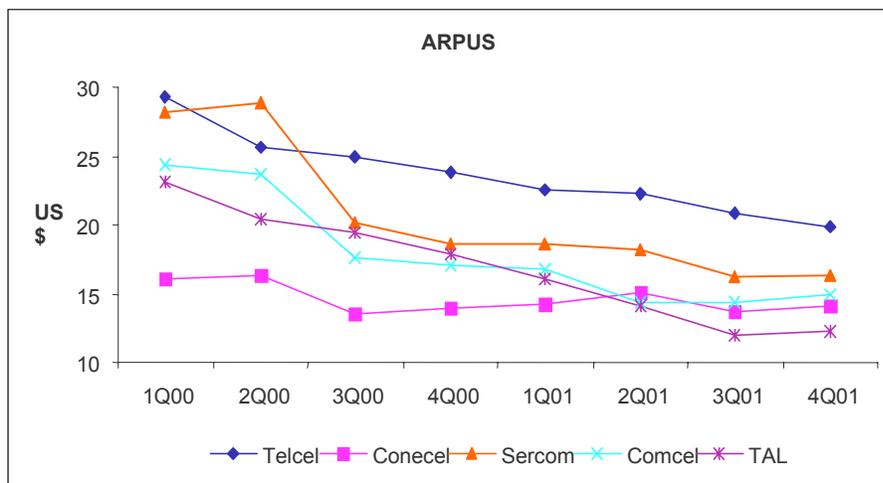
Se ha visto que cuando un usuario contrata una línea, tarda algún tiempo en llegar a su nivel de uso promedio, lo que conlleva un retraso implícito en los ingresos por servicio, el cual es aproximadamente de entre 4 y 6 meses⁶⁶ (1.5 a 2 trimestres) por lo que es normal que una empresa con un alto crecimiento en suscriptores tarde algún tiempo en lograr que sus ingresos se estabilicen. Esta situación podemos esperar que se dé en las empresas que analizamos.

También podríamos esperar que el nivel absoluto de ARPU sea mayor en los países donde haya un menor ámbito competitivo. Bajo este ambiente las

⁶⁶ Información proporcionada por ORI América Móvil

empresas tienen menores incentivos a bajar los precios, con lo que sus ingresos por servicio se mantendrán más elevados que en los países donde haya una mayor competencia.

En cuanto a la eficiencia este indicador nos dice que la empresa que pudiera mantener estable sus niveles de ARPU, dados los altos crecimientos del mercado, sería la empresa más eficiente. Tal y como se verá en las siguientes gráficas.

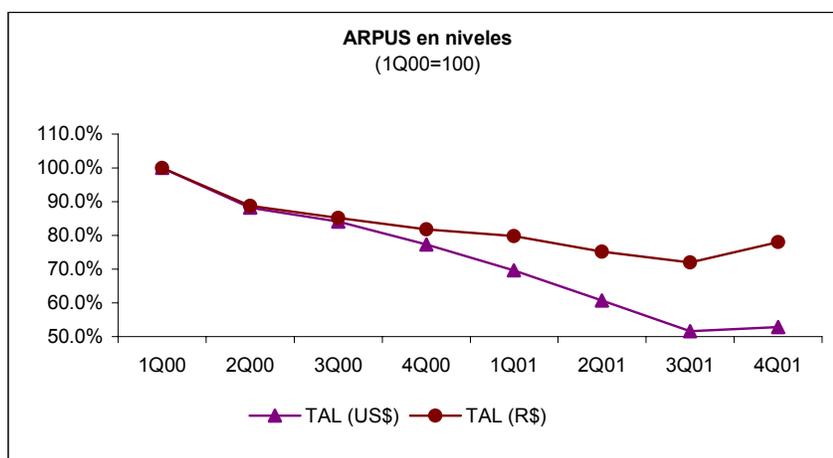


Podemos ver que la empresa que tiene un mayor nivel en términos absolutos de ARPU es Telcel, lo cual se debe en parte al menor ámbito

competitivo que prevalece en México a comparación de los otros mercados analizados, lo que conlleva a menos incentivos a bajar sus tarifas para acaparar más mercado, y lo lleva a tener un mayor ingreso que el de las otras compañías. Por lo que, en un futuro podemos ver menores ARPU debido a una mayor competencia en su mercado.

En términos relativos las empresas Conecel y Telcel son las que han logrado mantener niveles de ARPUS estables, y por tanto mostrarse, con respecto a este KPI, como las más eficientes. Sobre todo Conecel la cual muestra tasas de crecimiento en suscriptores a tasas crecientes. Ahora bien, haciendo el mismo análisis para Telcel, la situación es diferente ya que ésta presenta tasas de crecimiento decrecientes en suscriptores por lo que es más valioso el comportamiento de Conecel en términos de eficiencia.

En cuanto a las otras empresas la que muestra un peor comportamiento en sus ARPUs es Telecom Americas ya que muestra tasas decrecientes en suscriptores y muestra la mayor caída en sus niveles de ARPU, esto es en gran parte explicado por la fuerte depreciación del Real durante 2000 y 2001. Aislando el efecto del tipo de cambio en Brasil podemos ver que la caída en términos relativos del ARPU es mucho menor (pasa de un nivel de 52% a uno de 74%) y se coloca por arriba de otras empresas, esto lo podemos ver en la gráfica siguiente.

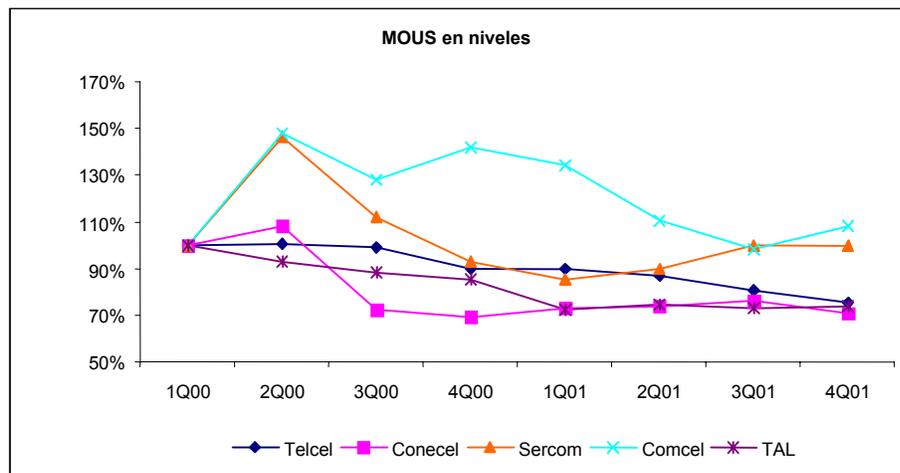
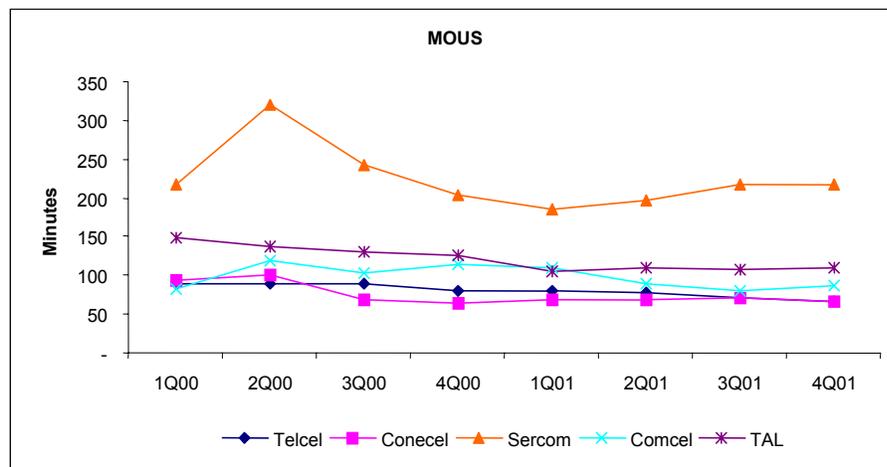


Después de un análisis más riguroso la empresa que se muestra como la menos eficiente para lograr mantener un nivel de ARPU estable, o creciente es Sercom, ya que muestra tasas de crecimiento decrecientes en suscriptores y la mayor caída en ARPUs de todas las compañías analizadas. Podemos finalizar el análisis del ARPU resumiendo en que las empresas más eficientes son Telcel y Telecom Americas, lo que tendremos que ver si continúa en los demás indicadores y con las otras metodologías del cálculo de eficiencia.

5.1.2 MOU (Minutes of Use)

Este indicador muestra el tráfico promedio por usuario, lo que quiere decir cuánto tráfico, en promedio, habla cada suscriptor en el periodo. Es de esperarse que el MOU tenga una relación directa con el ARPU ya que un mayor tráfico conlleva mayores ingresos.

La empresa más eficiente será, al igual que con el ARPU, la que logre mantener una tendencia estable en este indicador, lo que quiere decir que será la empresa que logre mantener el tráfico de cada suscriptor ante un ambiente de fuerte crecimiento en suscriptores. No podemos perder de vista que el aumento del tráfico también es afectado por variables exógenas por lo que tenemos que manejar con cuidado esta información.



Las empresas que muestra un mayor nivel relativo de MOU son Sercom y Comcel las cuales han logrado mantener niveles de MOU similares a los presentados al inicio de nuestro análisis. Sobre todo si vemos el fuerte crecimiento en suscriptores que ha mostrado Comcel.

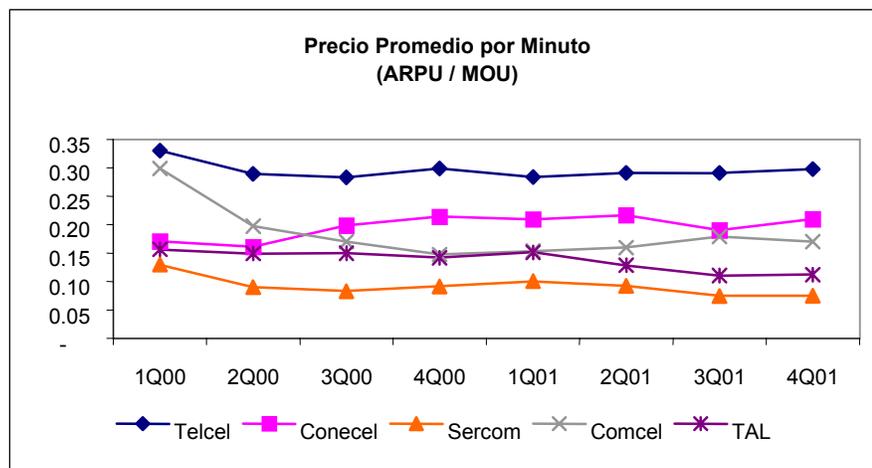
Otro punto importante es que podemos ver que en términos absolutos la empresa que presenta un mayor nivel de MOU (muy por arriba de las otras) es Sercom, lo que contrasta con un ingreso por suscriptor ARPU en términos relativos tan bajo por lo que podemos concluir que está sacrificando ingresos por aumentar tráfico, lo que implica que está bajando el precio promedio por minuto que cobra a sus usuarios

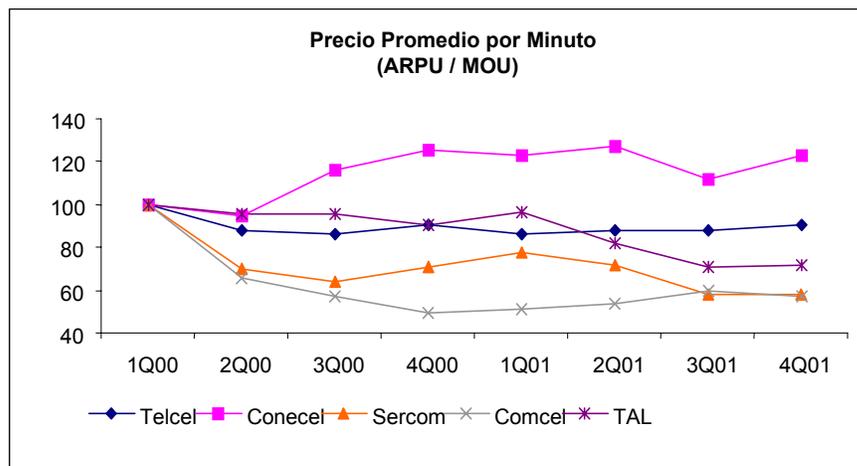
En lo que respecta a Telcel, Concel y Telecom Americas, podemos ver que han sido menos eficientes y han disminuido fuertemente (en más de 20%), sus niveles de MOU, veremos más adelante si estas disminuciones los han afectado en su eficiencia global o si es mayor el efecto positivo que pudiera tener el crecimiento en los usuarios, pero eso se verá en secciones subsecuentes.

5.1.3 ARPU / MOU

Como ya explicamos en la sección 4.2 que cada compañía cuenta con diferentes planes de servicios (renta mensual con diferentes tarifas, cantidades de minutos incluidos, prepago, entre otros) se complica la determinación de una tarifa única como medida homogénea de precio del producto.

Para darnos una idea del comportamiento, en general, de las tarifas a través del tiempo utilizaremos este indicador como un estimado del precio promedio de todas las tarifas incluidas de los distintos servicios. El indicador es un cociente de los ingresos y el tráfico de la compañía, lo que es igual al precio promedio por minuto que cobra cada empresa a los usuarios del servicio.





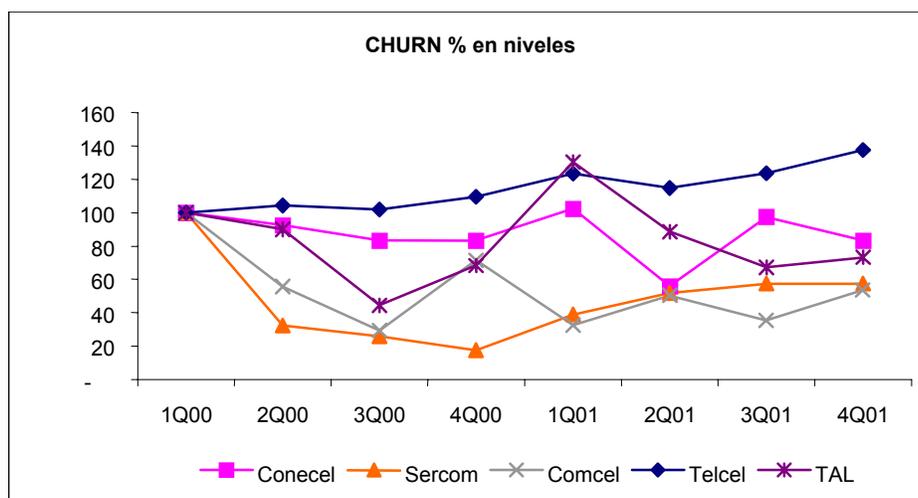
Después de analizar estas dos gráficas observamos que las empresas que muestran más estabilidad en este indicador son Telcel y Telecom Americas, pero las que más logran disminuirlos son Sercom y Comcel. Esto sólo nos indica la estabilidad en los precios de las compañías, pero no su relación con la eficiencia.

5.1.4 Tasa de desconexión

El comúnmente llamado *churn rate* es la tasa de desconexión de suscriptores en base mensual, la que muestra el porcentaje de la base total de suscriptores que se desconectaron en el periodo.

En cuanto a este indicador la empresa más eficiente será aquella que logre disminuir en mayor proporción el número de desconexiones de sus clientes, debido a que una desconexión puede representar una disminución en la calidad del servicio que provoque que un cliente decida dejar de consumir tiempo aire con esa compañía. O también representa que las compañías con las que se compite estarán absorbiendo esos suscriptores, lo que indicaría que la empresa está siendo menos eficiente que la competencia.

En la siguiente gráfica podemos ver el comportamiento del *churn* de las cinco diferentes empresas:



En un inicio podríamos suponer que las empresas más eficientes serían aquellas que obtuvieron un menor porcentaje de desconexiones al final de los ocho periodos. Sin embargo, al observar la volatilidad en el comportamiento de este indicador a través del tiempo, concluimos que las empresas con mayor eficiencia deben ser las que hayan logrado mantener una cierta estabilidad en los niveles de desconexiones.

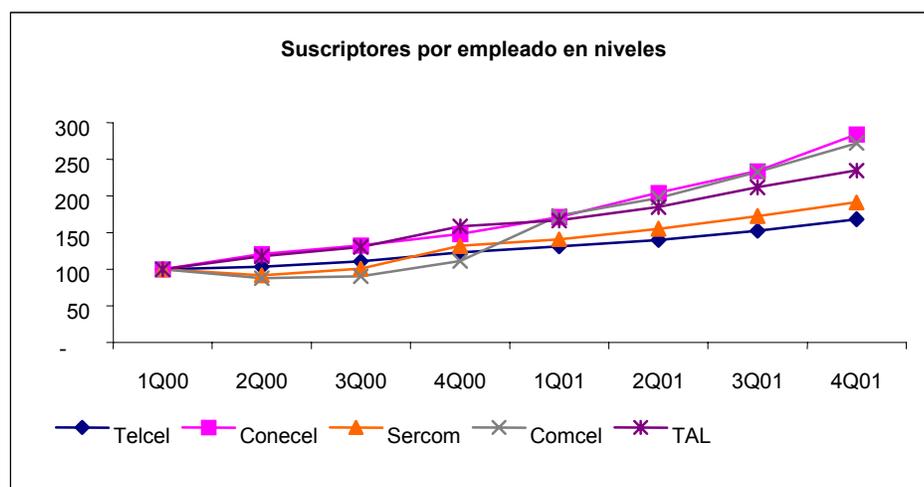
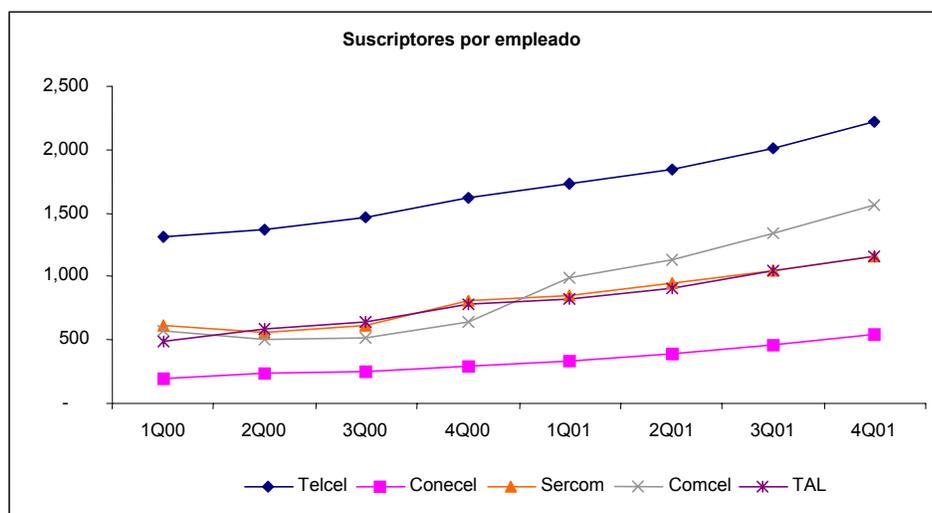
Lo anterior se ve ejemplificado en la empresa Sercom, la cual para el último trimestre de 2000 mostraba el menor nivel de desconexiones, pero si observamos los siguientes trimestres este nivel aumentó sustancialmente, lo que no nos permite hacer una predicción futura de los niveles de *churn*. Por otro lado, una empresa como Telcel es la que ha mostrado el nivel más estable, lo que nos podría ayudar a predecir que para los próximos periodos se mantendrá con niveles similares.

La razón por la que la empresa más eficiente es la que presenta más estabilidad en sus niveles de desconexiones es porque una baja volatilidad le permite cubrirse ante una situación adversa para la compañía. Al contrario de una empresa con alta variabilidad y ante una situación adversa, podría sufrir un fuerte crecimiento en el *churn*, lo que implicaría perder suscriptores, tener una disminución en sus ingresos, y por tanto, incurrir en problemas financieros.

5.1.5 Suscriptores / Empleado

Este indicador lo podemos ver como el número de clientes que atiende en promedio cada empleado. Lo que nos indica que un aumento desmesurado en el número de empleados podría generar una sobre explotación de este factor, representado una disminución en la eficiencia. Esto se debe a que un aumento en el factor trabajo no estaría justificado por un aumento en el número de

suscriptores. Por lo tanto, la empresa más eficiente será la que tenga un mayor número de suscriptores atendidos por cada empleado.



Podemos ver en la primera gráfica que la empresa que muestra una mayor eficiencia es Telcel, pues muestra el mayor nivel de suscriptores por empleados. Particularmente, en este indicador esta empresa muestra niveles muy superiores a la de las otra compañías, lo que muestra que, en promedio, un cierto nivel de empleados de esta compañía tienen la capacidad de proporcionar la misma atención a un número mayor de clientes.

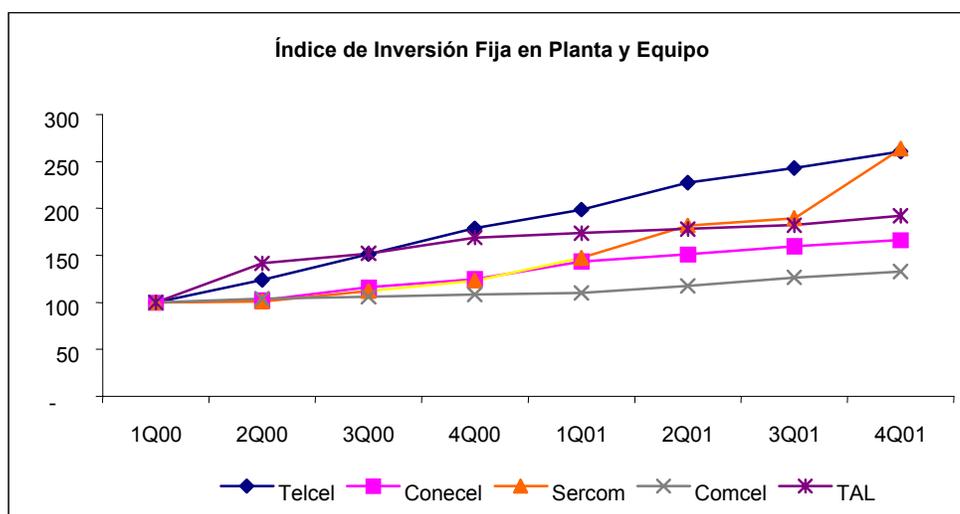
La empresa que presenta un menor nivel de eficiencia en cuanto a este indicador es Conecel lo que significa que sus empleados son los menos capaces de enfrentar un crecimiento en suscriptores, por lo que si ocurre un aumento

en los últimos se verá en la necesidad de aumentar, en mayor proporción que las otra empresas el factor trabajo, incurriendo en mayores costos.

La segunda gráfica, más que mostrar cuál es la empresa más eficiente, nos hace ver qué empresas son las que han obtenido mayores mejoras, en términos relativos, en su nivel de este KPI. Podemos observar, al ver las dos gráficas, que la empresa más eficiente en términos absolutos (Telcel), muestra menores mejoras en términos relativos. En consecuencia, la eficiencia presenta tasas marginales decrecientes. Lo anterior quiere decir que es más fácil para la empresa Concel aumentar sus niveles de eficiencia al disminuir el factor trabajo pues éste estaba siendo sobre utilizado.

5.1.6 Índice de inversión en planta y equipo

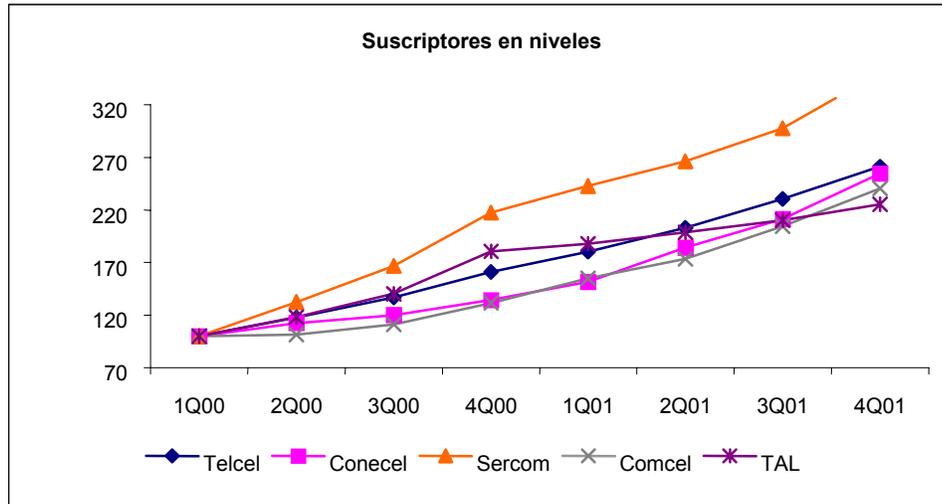
Este índice está construido principalmente con el número de radiobases y de la inversión hecha en otros activos fijos instaladas por compañía. Este KPI nos indica la inversión que hace cada empresa en activos fijos, lo que les permite continuar con la expansión de sus redes, así como mejorar la calidad en el servicio que proveen. En este indicador no presentamos dos gráficas, debido a que éste se construyó en un principio como un índice.



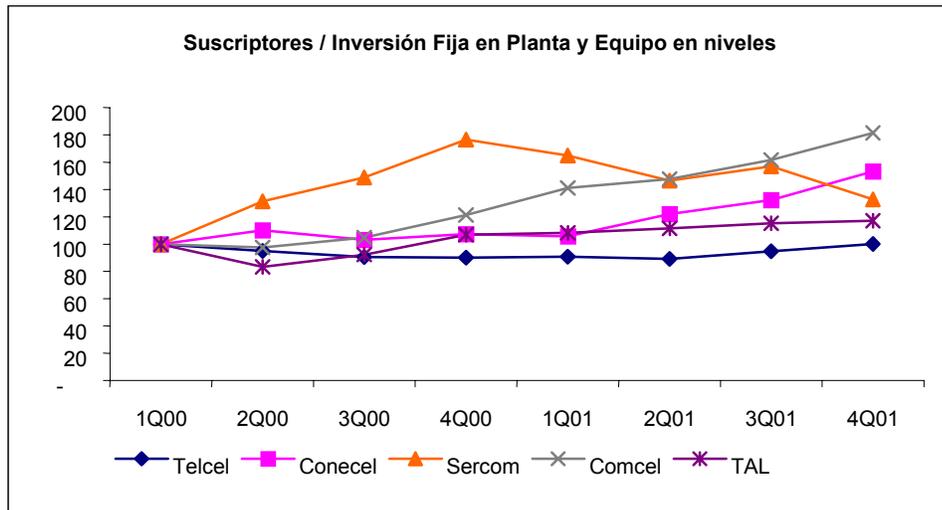
Las empresas que más han invertido son Telcel y Sercom, lo que nos permite pensar que tienen la mayor capacidad para enfrentar a la competencia proveyendo de un mejor servicio a sus usuarios con una mayor eficiencia ante un futuro crecimiento en sus clientes.

Comparando el crecimiento en suscriptores con el de la inversión podemos hacer un análisis más profundo de eficiencia, ya que la empresa más eficiente es la que presenta un mayor crecimiento en su producto final (usuarios)

manteniendo un cierto nivel de capital. Si éste factor fuese sobre utilizado se estaría generando una inversión ociosa y no requerida no justificado por un crecimiento en los suscriptores.



Poniendo a las dos gráficas juntas vemos si las tendencias son parecidas, pero si aparte construimos un índice de la inversión fija entre los suscriptores podemos ver lo siguiente:



La empresa que resulta ser más ineficiente es Sercom, pues a pesar de que es la que mayor crecimiento en suscriptores muestra en este periodo, está sobre invirtiendo en capital físico ya que, como vemos en la última gráfica, a partir del primer trimestre de 2001 su relación entre suscriptores y capital ha decrecido notablemente. Esto significa que el crecimiento en el índice de inversión fija en planta y equipo ha sido, proporcionalmente, mayor que el crecimiento en sus suscriptores.

Por lo tanto, la empresa más eficiente en este rubro es Comcel, la cual ha realizado un alto nivel de inversión en capital fijo, pero esto ha resultado en un crecimiento, proporcionalmente, mayor en el número de sus suscriptores. Mientras que Telcel y Telecom Americas muestran niveles, prácticamente estables, lo que quiere decir que su inversión en capital mantiene una relación casi de uno a uno con respecto al número de usuarios.

Después de haber analizado en conjunto todos los KPIs, podemos identificar características importantes de los resultados, la cual es la obtención de indicadores parciales de eficiencia. Ésta muestra ciertas ventajas y desventajas en su análisis:

- Una gran ventaja de estos indicadores es que son medidas relativamente sencillas de calcular y que proporcionan una tendencia en el tiempo del comportamiento que han seguido los factores que influyen en la producción de una empresa. Además los resultados son muy claros y gráficos lo que nos facilita su análisis.
- El tener indicadores parciales permite analizar cada uno de los factores que influyen en la provisión del servicio de telefonía móvil, y en qué factores se deben concentrar las empresas para tratar de ser más eficientes, ya que una empresa no puede ser totalmente eficiente o ineficiente, según sea el caso, en todos sus factores de producción.
- Una desventaja de utilizar estos indicadores es que no proporcionan un indicador global de eficiencia, así no podemos concluir qué empresas, incluyendo todos sus factores de producción, son la más y menos eficientes.
- Otra desventaja es que estas comparaciones entre países no toman en cuenta el entorno macroeconómico ni del marco regulador, que son básico para poder comparar la eficiencia de cada empresa.

En resumen, concluimos que a pesar de que ninguna empresa puede ser eficiente o ineficiente, según sea el caso, en todos los periodos de tiempo ni en todos los indicadores. Decidimos presentar un cuadro resumen en la Tabla 5.1. donde se muestre el lugar que cada empresa ocupa dentro de cada KPI:

T A B L A 5.1
LUGAR QUE OCUPAN LAS EMPRESAS DENTRO DE CADA KPI

Empresa	ARPU	MOU	Precio Promedio por Minuto	Churn	Suscriptores / Empleados	Suscriptores / Índice de inversión
Telcel	2 ^o	3 ^o	4 ^o	1 ^o	1 ^o	4 ^o
Conecel	1 ^o	5 ^o	5 ^o	3 ^o	5 ^o	2 ^o
Sercom	5 ^o	2 ^o	1 ^o	5 ^o	4 ^o	5 ^o
Comcel	4 ^o	1 ^o	2 ^o	2 ^o	2 ^o	1 ^o
TAL	3 ^o	4 ^o	3 ^o	4 ^o	3 ^o	3 ^o

A continuación presentaremos los resultados obtenidos por las tres metodologías restantes, recordando que se realizaron basadas en el Modelo especificado en el capítulo anterior.

5.2 *Mínimos cuadrados ordinarios*

Los resultados obtenidos por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios nos indican, por medio de los residuales, qué empresas son eficientes y cuáles no. Como ya lo explicamos en el capítulo anterior, las empresas que tengan residuales positivos serán eficientes y las que obtengan residuales negativos serán ineficientes. Pero este método no indica un escalas como porcentaje de la eficiencia que permita decir qué tan eficiente es una compañía en comparación con las demás, ni tampoco indica en qué porcentaje tendrían que disminuir los insumos para conseguir una mayor eficiencia.

Otra limitación muy importante de este modelo es que al utilizar datos de panel, la regresión no se ve en dos dimensiones, sino que se veía en un plano de 3×8 ($M \times N$ - número de variables por el número de periodos) donde cada empresa tendrá ocho residuales como resultados. Si los residuales son positivos en un periodo, entonces la empresa será eficiente en ese periodo; sin embargo, no significa que será eficiente en cada uno de los otros periodos. Por lo tanto, para conocer si dicha empresa es eficiente durante los ocho periodos tuvimos que realizar un promedio de todos los residuales. Lo anterior hace que pierda significancia el análisis de MCO, pues tan sólo nos indica un promedio aritmético de los residuales para conocer si éstos son positivos o negativos, y así determinar si los residuales están por encima o por debajo de la regresión.

Como en las siguientes metodologías se mostrarán los resultados de eficiencia técnica en un sólo periodo de tiempo, o en su caso, en dos (trimestres del año 2000 y trimestres de 2001), decidimos obtener un promedio de los ocho residuales para cada empresa y así conocer si este valor será positivo o negativo. En la Tabla 5.2 se presentan los coeficientes obtenidos de los parámetros de la regresión para el Modelo descrito en la sección 4.2, incluyendo variables dummy.

T A B L A 5.2
RESULTADOS DE LOS MCO

ANÁLISIS DE REGRESIÓN	Coeficientes	Estadístico t
Variable Y (suscriptores)	n.a.	n.a.
Intercepción	-1.5913	-3.0036
Variable X1 (costo por servicio)	0.4495	9.3211
Variable X2 (número de empleados)	-1.1238	-5.7293
Variable X3 (índice de inversión fija)	1.2347	9.9010
Variable X4 (dummy1- tiempo de concesión)	1.9246	5.2293
Variable X5 (dummy2- "el que llama paga")	0.1256	1.8608*

* Es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 10%.

** no aplica

ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN	Modelo con dummy
Coefficiente de determinación R^2	0.9931
R^2 ajustado	0.9921
Observaciones	40

Empresa	Promedio residuales 1er trimestre al 4o trimestre	Promedio residuales 1er trimestre al 4o trimestre	Promedio de los residuales 2000-2001
Telcel	-0.01053	0.01053	0.0000
Concel	-0.09300	0.01733	-0.0378
Sercom	-0.14229	0.14229	0.0000
Comcel	0.16008	0.01120	0.0856
TAL	-0.02284	-0.07278	-0.0478

Como podemos ver el estadístico t es significativo para cada una de las variables⁶⁷, exceptuando la variable cinco, la cual es estadísticamente significativa a nivel de confianza del 10%. Además el coeficiente de

⁶⁷ Son estadísticamente significativos a un nivel de 5% de significancia.

determinación ajustado (R^2) se encuentra por arriba del 90% lo que nos sirve para determinar que el modelo escogido es robusto y que contiene las variables o insumos que mejor explican el procedimiento en la producción final de las empresas.

En el último cuadro se presenta la lista de los residuales promedio que se obtuvieron a partir de 2000 hasta 2001. Los residuales negativos significan que la empresa está por debajo de la curva de regresión o el valor esperado de la variable dependiente; mientras que con los valores positivos, sucede exactamente lo contrario. Por lo que se puede concluir que para los MCO, la empresa que en promedio es más eficiente es Comcel. En este caso los residuales más altos muestran la mayor eficiencia, pues estarán más lejanas de las variables promedio o esperadas. Las empresas menos eficientes en promedio resultaron ser Conecel y Telecom Americas. Por otro lado, tanto Telecel y Sercom presentan en promedio residuales iguales a cero, por lo que se puede deducir que, en promedio, los errores se encuentran exactamente sobre la línea de regresión o en la media, por lo que no son ni eficientes ni menos eficientes.

En cuanto a las betas obtenidas en las regresiones podemos explicarlas de la siguiente manera: β_1 que representa el coeficiente de la variable x_1 (costo por servicio), tiene coeficiente positivo lo que implica que el aumento de los costos por servicio aumentan el número de usuarios de las empresas. Esto se debe principalmente a dos razones: primero, ya que el costo por servicio incluye lo pagado por publicidad (estos representan aproximadamente el 30%) del costo por servicio⁶⁸, concluimos que el aumento de éste se debió a campañas que incentivan el consumo de los servicios de telefonía móvil. Otro componente importante del costo por servicio es el del costo por interconexión⁶⁹ (el cual representa aproximadamente 55% del costo por servicio), ya que este costo va íntimamente relacionado con el aumento del tráfico, el cual incentiva a la entrada de nuevos usuarios en parte debido a las externalidades de red explicadas en el capítulo dos.

En el caso de la variable x_2 , el valor de su coeficiente será positivo si el nivel del factor trabajo está subutilizado, entonces un aumento en éste producirá un crecimiento en el número de usuarios. Por el contrario, si este coeficiente resulta negativo, entonces el factor trabajo estaría sobre utilizado, por lo que se esperaría, que un aumento en éste provocaría una disminución en el producto final.

El signo del coeficiente de la variable x_2 es negativo ya que en una etapa de poco crecimiento de la economía, como el experimentado en el periodo en cuestión, un aumento en los empleados representaría una sobre explotación de este factor, debido a que no existen expectativas de crecimiento en el número

⁶⁸ Datos proporcionados por la ORI de América Móvil.

⁶⁹ El costo de interconexión es el costo que se genera por el uso de las redes, pago a otros concesionarios y pago a el proveedor de telefonía fija.

de usuarios finales. Lo cual reforzaría los resultados obtenidos en el indicador de suscriptores por empleado (Sección 5.1.5) donde se logró aumentar más el número de usuarios que el número de trabajadores.

Para el resultado del coeficiente de la variable x_3 podríamos esperar que resultara positivo ya que con una mayor inversión de activos fijos que son destinados a la expansión y al mejoramiento de la red se mejore la calidad y la cantidad de los servicios ofrecidos. Esto le permitirá atraer nuevos consumidores y enfrentar la creciente demanda.

El resultado obtenido nos muestra que se cumple lo que se planteó anteriormente. De hecho, el valor del coeficiente es el más alto de las variables explicativas, lo que podemos concluir que esta variable en específico, tiene una mayor influencia sobre el producto final⁷⁰.

Sobre las variables dummies que usamos en el modelo, vemos que sus coeficientes influyen positivamente en la producción final, ya que la β_5 (“el que llama paga”) y la β_4 (duración de las concesiones) presentan signo positivo, lo que muestra que entre más tiempo dure una concesión, mayores oportunidades existen de inversión en capital físico y humano (aumento en redes, mejor atención a clientes, mayores gastos en mercadotecnia) lo anterior con fines de posicionarse fuertemente en el mercado.

Mientras que el contar con el sistema de “el que llama paga” también es una determinante muy importante, dado que influye de manera positiva en el producto final. La implementación de este sistema ha logrado incrementar significativamente la cantidad de usuarios o consumidores finales de teléfonos móviles, porque existe el incentivo de que las llamadas entrantes no las paga el propietario del equipo.

Podemos concluir, que bajo el modelo de MCO, las empresas menos eficientes, como son Concel y Telecom Americas, a pesar de contar con el sistema de “el que llama paga”, el poco tiempo que se otorga en las concesiones (menor o igual a los 15 años) está afectando de manera muy significativa el desempeño o la eficiencia de las empresas representativas de estos países. Sin duda una política de mayor tiempo en las concesiones incentivaría la inversión y el tiempo de recuperación de costos por parte de los concesionarios y así obtener resultados más altos en su eficiencia.

Por otro lado, las empresas que están sobre, o en la media de los residuales promedio (Comcel, Telcel y Sercom), cuentan con concesiones mayores o iguales a los veinte años. Por lo que cuentan con mayor tiempo para recuperar costos, para posicionarse en el mercado, para invertir y todo estos factores mejoran la eficiencia de los concesionarios. Para el caso de Telcel y Comcel, ambas cuentan con el sistema “el que llama paga” por lo que cuentan con un mayor beneficio para atraer más suscriptores con un mismo nivel de insumos y así mejorar su eficiencia. A pesar de que Sercom no cuenta con este sistema

⁷⁰ Siempre y cuando los valores de las variables estén expresadas en logaritmos, lo cual es el caso del modelo explicado en la sección 4.3.

presenta residuales en promedio iguales que los de Telcel, esto refuerza que el tiempo otorgado en concesiones afecta en mayor medida que el sistema “el que llama paga”.

Muchos de estos resultados están siendo imprecisos, dado que variables, como el entorno económico, no están siendo incluidas, por tanto veremos si con el modelo de las FEP, que sí las considera, los resultados se llegan a modificar. Otra desventaja de esta metodología es que no nos presenta los resultados expresados en porcentajes y por lo tanto no podemos inferir en qué proporción se deben disminuir los insumos para conseguir niveles de eficiencia parecidos a los de las empresas con mejor desempeño. Asimismo, reiteramos, la deficiencia de generar promedios aritméticos de los residuales para obtener un resultado más precisos de qué empresas están por encima o por debajo de la media durante los ocho periodos en cuestión.

En resumen, a pesar de que los MCO presentan diversas desventajas en su metodología, nos da una primera interpretación de cómo afecta el marco regulador la eficiencia de las empresas. Sin embargo, como los MCO no brindan un resultado de eficiencia exacto, fue importante analizar otras metodologías más completas y precisas para el cálculo de eficiencia. Es decir, metodologías que incluyeran otras variables y que nos brindaran resultados de eficiencia como un porcentaje para que sea más sencillo su interpretación, y así los entes reguladores puedan tomar sus decisiones de manera más objetiva y eficaz.

5.3 *Análisis envolvente de datos*

El Análisis de Datos Envolvente (DEA- por sus siglas en inglés) nos permite calcular la eficiencia de las empresas bajo una metodología distinta a las presentadas hasta el momento. El cálculo lo realiza a través de programación lineal para obtener el número óptimo de insumos que maximicen la producción final. La gran ventaja que nos presenta este método es que se obtendrán los resultados de eficiencia técnica, excluyendo los efectos del marco regulador y del entorno macroeconómico sobre el comportamiento de las compañías, y así podremos concluir cuáles son las empresas que mejores combinaciones de insumos utilizan en sus procesos productivos⁷¹.

Los resultados del Modelo especificado en la Tabla 4.1 del capítulo anterior, bajo la metodología del DEA son presentados en la Tabla 5.3, la cual muestra el potencial de las empresas de telefonía móvil para reducir sus insumos manteniendo un cierto nivel de producto final. Dichas empresas pueden no ser capaces de obtener máximos ahorros en los insumos utilizados, lo que se puede deber a restricciones regulatorias, restricciones del mercado laboral, variables ambientales, entre otras.

⁷¹ Se reitera que el análisis de datos envolventes contempla, en teoría, la opción de incluir variables exógenas como son los efectos del marco regulador; sin embargo, la versión del “software” utilizado no incluye dicha modalidad.

T A B L A 5.3
RESULTADOS DEA

Empresa	etrce	etrve	ee
Telcel	1.000	1.000	1.000
Concel	0.634	1.000	0.634
Sercom	0.751	1.000	0.751
Comcel	1.000	1.000	1.000
TAL	1.000	1.000	1.000
Media	0.877	1.000	0.877

etrce= eficiencia técnica bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala

etrve= eficiencia técnica bajo el supuesto de rendimientos variables a escala

ee= eficiencia a escala (etrce/etrve)

Como se había mencionado en el capítulo anterior, una desventaja del DEA es que con una muestra relativamente pequeña muchas empresas podrían estar sobre la frontera de eficiencia; sin embargo, recordemos que lo importante de este análisis es que nos muestra la eficiencia de cada empresa con respecto a la de las otras.

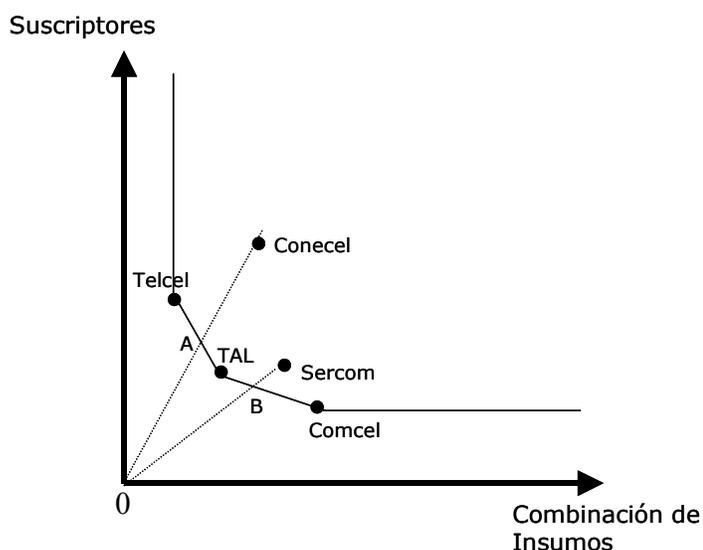
Las empresas más eficientes, bajo el análisis de DEA, resultaron ser Telcel, Comcel y Telecom Americas. Lo que significa que dichas empresas son las que mejor combinación de insumos (costo de servicio, empleado e índice de inversión fija) usaron, durante 2000-2001, para conseguir el mayor número de usuarios finales (producto final).

Los resultados de la eficiencia técnica indica la presencia del uso de insumos ineficientes. Por ejemplo, en promedio, las empresas de telefonía móvil son 87.7% eficientes. Lo que sugiere que éstas pueden reducir el uso de sus insumos, en promedio, en un 12.3%. Un resultado de 100% indica que la empresa es técnicamente eficiente. O en otro caso, Concel es solamente 63.4% con respecto a las demás empresas, de hecho, está por debajo del promedio obtenido de esta muestra. Por tanto, podría reducir en un 36.6% el uso de sus insumos dado el número final de usuarios.

A continuación se presenta la figura 5.1 la cual será similar a la presentada en el capítulo anterior (sección 4.4). Ésta es la representación hipotética de los resultados de el DEA, ya que no se puede representar en tres dimensiones, pero nos da una idea de la frontera envolvente de datos.

En la figura tomamos como producto final a los usuarios, y en el eje de las abscisas una combinación hipotética de los insumos (empleados, costo por servicio y índice de inversión fija) para poder presentar los resultados en dos dimensiones.

F I G U R A 5 . 1
REPRESENTACIÓN HIPOTÉTICA DE LOS RESULTADOS DEL DEA



Las compañías más cercanas al origen requieren utilizar el menor nivel de insumos para generar usuarios finales, por lo tanto Telcel, Telecom Americas y Comcel serán las más eficientes. La línea que une a estas dos compañías es la frontera eficiente de producción. Dicha frontera corre paralela a los ejes verticales y horizontales porque el resultado debe ser una frontera o línea envolvente de todos los puntos obtenidos.

Las empresas Sercom y Conecel son los menos eficientes porque están por dentro de la frontera y por lo tanto estarán asignando de manera ineficiente sus recursos. El resultado obtenido de la eficiencia técnica de la empresa Conecel es determinada por el cociente $O-A/O-Conecel$, que es aproximadamente 0.634. Dicha empresa podría reducir potencialmente todos sus insumos en aproximadamente 36.6% obteniendo la misma cantidad de usuarios. La eficiencia técnica de la empresa Sercom es el cociente $O-B/O-Sercom$, que es igual a 0.751. Por lo tanto, dicha empresa podría reducir el insumo en 24.9% para producir la misma cantidad de suscriptores.

Además, con la introducción de esta metodología, la cual nos muestra porcentajes claros y precisos de las empresas del sector, concluimos cuáles empresas han sido más eficientes durante los años 2000 y 2001, bajo esa

combinación de insumos y de producto final. Sin embargo, este análisis, a pesar de basarse en la búsqueda de la mejor combinación de insumos, por medio de programación lineal, no nos fue posible incluirle variables dummy que explicaran el efecto del marco regulador ni tampoco fue posible añadir variables exógenas de ineficiencia técnica. Las primeras variables no se incluyeron, pues el método no se realiza por medio de una regresión. Mientras que para las segundas variables, aunque la metodología de programación lineal teóricamente incluya la opción de calcular ineficiencias técnicas, el programa computacional utilizado para este trabajo no incluye esta modalidad.

Por lo anterior, los resultados del DEA nos servirán para conocer cuáles son las empresas que mejor maximizan el producto final bajo una misma combinación de insumos, excluyendo factores externos como los del marco regulador y el entorno macroeconómico. En consecuencia, a continuación presentaremos los resultados de las Fronteras Estocásticas de Producción que sí incluyen estas variables. Si estos resultados son consistentes con los obtenidos con los del DEA habremos encontrado medidas objetivas y claras de eficiencia que nos permitan saber si el ente regulador ha implementado las herramientas correctas para generar un desarrollo del sector de telefonía móvil.

5.4 *Fronteras estocásticas de producción*

Sin duda uno de los resultados más significativos de nuestro análisis es el de las fronteras estocásticas por las siguientes dos razones: incluimos las variables dummy para tratar de explicar todavía más en el modelo la influencia de los marcos regulatorios en el producto final y de igual manera en la eficiencia. Asimismo, incluimos las variables ambientales o exógenas medidas como ineficiencias técnicas para tratar de medir qué tanto afectan las variables macroeconómicas, como el PIB y el Tipo de Cambio, a la eficiencia técnica de las empresas.

Los resultados obtenidos por la metodología de las FEP bajo el modelo de un producto final (suscriptores) y tres insumos (costo por servicio, número de empleados e índice de inversión fija) se presentan en la Tabla 5.5.

T A B L A 5.5
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS FEP

ESTIMADORES POR EL MÉTODO DE MCO	Coefficientes	Error Estándar	Estadístico t
Variable Y (suscriptores)	n.a.**	n.a.	n.a.
Intercepción	-1.5913	0.5298	-3.0036
Variable X1 (costo por servicio)	0.4495	0.0482	9.3211
Variable X2 (número de empleados)	-1.1238	0.1961	-5.7293
Variable X3 (índice de inversión fija)	1.2347	0.1247	9.9010
Variable X4 (dummy1- "el que llama paga")	1.9246	0.3680	5.2293
Variable X5 (dummy2- tiempo de la concesión)	0.1256	0.1459	1.8608*
<i>Sigma cuadrada</i>	1.7552	-	-

* Es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 10%.

** no aplica

Los estimadores después de la búsqueda de rejilla son:

ESTIMADORES "búsqueda de rejilla"	Coefficientes
Variable Y (suscriptores)	n.a.
Intercepción	-1.4655
Variable X1 (costo por servicio)	0.4495
Variable X2 (número de empleados)	-1.1238
Variable X3 (índice de inversión fija)	1.2347
Variable X4 (dummy1- "el que llama paga")	1.9246
Variable X5 (dummy2- tiempo de la concesión)	0.1256
<i>Sigma cuadrada</i>	0.0307
<i>Gamma</i>	0.8100

El número de iteraciones fueron 26:

iteración = 0 funciones evaluadas = 19 llf = 0.30001677E+02
 -0.14655764E+01 0.44949971E+00 -0.11237488E+01
 0.12346770E+01 0.19246765E+01

 0.12570501E+00 0.00000000E+00 0.00000000E+00 0.30750521E-01
 0.81000000E+00

iteración = 26 funciones evaluadas = 226 llf = 0.38600865E+02
 -0.21688816E+01 0.42405856E+00 -0.73507418E+00
 0.94939449E+00 0.14435099E+01
 0.16900027E+00 0.37532723E+01 -0.41499694E+01 0.84411067E-
 01 0.99692435E+00

Los estimadores finales son:

ESTIMADORES FINALES POR EL MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD	Coefficientes	Error Estándar	Estadístico t ¹
Variable Y (suscriptores)	n.a.*	n.a.	n.a.
Intercepción	-2.1688	0.2806	-7.7278
Variable X1 (costo por servicio)	0.4240	3.9673	10.6886
Variable X2 (número de empleados)	-0.7350	0.0961	-7.6429
Variable X3 (índice de inversión fija)	0.9494	0.0567	16.7323
Variable X4 (dummy1- "el que llama paga")	1.4435	0.2341	6.1666
Variable X5 (dummy2- tiempo de la concesión)	0.1690	0.1136	1.6873**
Delta 1 (PIB)	3.7532	1.9913	1.8847**
Delta 2 (Tipo de Cambio)	-4.1499	2.0706	-2.0042
<i>Sigma cuadrada</i>	0.0844	0.0190	4.4353
<i>Gamma</i>	0.9969	0.0028	350.2735
<i>Función de Máxima Verosimilitud</i>	38.6008	n.a.	n.a.
<i>Número de restricciones</i>	3	n.a.	n.a.
<i>"LR test of the one-sided error"</i>	22.4439	n.a.	n.a.

¹Todas son estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 5%

* no aplica

** Es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 10%.

Los resultados de eficiencia técnica para cada trimestre son los siguientes:

	Q1 2000	Q2 2000	Q3 2000	Q4 2000	Q1 2001	Q2 2001	Q3 2001	Q4 2001
Telcel	0.8584	0.8784	0.8977	0.9176	0.9387	0.9591	0.9784	0.9885
Concel	0.6409	0.6887	0.7261	0.7655	0.8071	0.8510	0.8972	0.9460
Sercom	0.4545	0.7232	0.7692	0.8182	0.8698	0.9248	0.9784	0.9950
Comcel	0.9867	0.9849	0.9825	0.9793	0.9764	0.9714	0.9669	0.9616
TAL	0.8402	0.9372	0.9435	0.9506	0.9581	0.9647	0.9727	0.9757

Los primeros resultados listados en la Tabla 5.5 son los estimadores de los parámetros especificados en el modelo, realizado por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios, incluyendo variables dummy. Estos resultados asumen que no existen efectos de ineficiencias técnicas o variables exógenas en el modelo, tales como son el PIB y el Tipo de Cambio. Nótese que los estimadores

de β_1 hasta β_5 (los tres insumos y las variables dummy) son insesgados ya que los valores de dichos estimadores no varían de los obtenidos por medio de MCO y por medio de la búsqueda de “rejilla” (“*grid search*”). Sin embargo, también podemos observar que el valor de β_0 y el parámetro de la varianza, σ_s^2 , son sesgados⁷².

Estos estimadores de MCO son usados como valores iniciales en el proceso iterativo para obtener los estimadores de Máxima Verosimilitud. El programa realiza este procedimiento en dos pasos: en el primero, conduce una búsqueda de “rejilla” sobre los valores de γ que se encuentran entre cero y uno y escoge aquel valor de γ que dé el valor más grande de la función de máxima verosimilitud presentada en el capítulo anterior. Dichos valores por el método de búsqueda de “rejilla” son los segundos presentados en la tabla anterior. Estos valores son usados como valores iniciales para el siguiente paso de maximización de la función de máxima verosimilitud. Las iteraciones son presentadas de la primera hasta la última para ahorrar espacio, y los estimadores finales por el método de MV son presentados después de estas iteraciones.

Asimismo nótese que el estimador de γ es igual a 0.997 (recordando que este valor debe estar entre cero y uno dado que es igual al cociente de σ_u^2 y σ_s^2). Este resultado nos indica que la gran mayoría de las variaciones en los residuales sobre la frontera de eficiencia se deben a las ineficiencias técnicas v_i y tan sólo el 0.03% representan los errores aleatorios o “ruido” (u_i). Esto es consistente con el resultado presentado después de los estimadores de máxima verosimilitud: *LR test of the one-sided error*. Esta prueba estadística nos tratará de explicar si las ineficiencias técnicas son significativas en el modelo o no lo son. El resultado obtenido es alrededor de 22.44 lo que nos indica que es un valor significativo, ya que excede el valor de 11.423, el cual es el valor crítico obtenido de la Tabla 1 de Kodde y Palm para tres grados de libertad⁷³. Por tanto, la hipótesis nula ($H_0: \gamma=0$) de que las ineficiencias técnicas en la telefonía celular no afectan en la producción es rechazada.

Vemos que en cuanto a los valores obtenidos de las betas, los resultados son coherentes con los presentados en los MCO; por lo tanto, para esta sección ya no se repetirá el análisis de cada uno de sus coeficientes. Sobre las variables dummies que usamos en el modelo, vemos que sus coeficientes influyen positivamente en la producción final, ya que la β_4 (“el que llama paga”) y la β_5 (duración de las concesiones) presentan signo positivo, lo que muestra que son consistentes con los obtenidos por el método de los MCO. En consecuencia, la interpretación de la sección 5.2 para estas variables es la misma: la implementación del sistema “el que llama paga” y una mayor duración en el

⁷² El programa FRONTIER 4.0 cuando calcula el parámetro de la sigma cuadrada, se refiere al valor de σ_s^2 , el cual, recordando el capítulo anterior, es la suma de σ_u^2 y σ^2

⁷³ Kodde, D.A. and F.C. Palm (1986), “Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Analysis”, *Econometría*, 54, pg. 1243-1248.

otorgamiento de las concesiones aumentan el número de suscriptores bajo un cierto nivel de insumos.

En cuanto a las variables ambientales o exógenas que tomamos en cuenta como son el PIB y el Tipo de Cambio vemos lo siguiente: el coeficiente del PIB (δ_1) presenta un coeficiente positivo lo que nos indica que el producto final (usuarios) aumenta cuando el PIB crece lo que es lógico si tomamos en cuenta que el PIB representa el crecimiento general que tuvo la economía en ese periodo. Es importante tomarlo en cuenta ya que las empresas se ven afectadas de manera diferente por esta variable ya que no todas las economías latinoamericanas se comportan de la misma manera. Por lo tanto, las empresas que son afectadas por economías que menos crecimiento hayan presentado en el periodo, resultaron con un menor crecimiento en el número de usuarios.

La otra variable ambiental es el Tipo de Cambio y también, como nos esperábamos, tiene un coeficiente negativo, lo que implica que disminuirá el producto final ya que el Tipo de Cambio afecta directamente a los costos de las empresas, sobre todo en la compra de productos importados como son los equipos telefónicos, accesorios y todos los productos que intervienen en la inversión de la red. Esta variable también cambia de país en país y se encuentra fuera de las manos de las empresas y de los entes reguladores, por eso es importante contarla como variable exógena. En resumen, los países con mayor devaluación presentaron un menor crecimiento en el número de usuarios finales, dado que cuesta más contratar los servicios de un teléfono móvil.

La otra variable incluida en las FEP fue el tiempo de las concesiones. Vemos que su coeficiente es también positivo, lo que quiere decir que la duración de una concesión afecta positivamente a la eficiencia de las empresas. En el caso ecuatoriano, la empresa Conecel, es de las empresas más ineficientes, dado que presenta el menor tiempo de concesiones entre las empresas analizadas. Por tanto, el ente regulador debe otorgar plazos más largos de concesión para incentivar la inversión y que ésta a su vez aumente el producto final y así mejorar la eficiencia de los participantes en la industria de ese país.

Finalmente se presenta la Tabla 5.6 con los valores de la eficiencia técnica en promedio de los dos años para tratar de homogeneizar los datos con respecto a la metodología del DEA (ambas dan un resultado objetivo de eficiencia, proporcionan un valor específico en porcentaje de eficiencia para cada compañía) y tratando de que sea más fácil de interpretar qué empresa es más eficiente con respecto a las otras.

T A B L A 5.6
CUADRO RESUMEN DE LAS EFICIENCIAS TÉCNICAS

Empresa	TE ¹	TE ¹	Promedio 2000-2001
	2000	2001	
	1 ^{er} trimestre al 4 ^o trimestre	1 ^{er} trimestre al 4 ^o trimestre	
Telcel	0.8880	0.9662	0.9271
Concel	0.7053	0.8753	0.7903
Sercom	0.6913	0.9420	0.8166
Comcel	0.9834	0.9691	0.9762
TAL	0.9179	0.9678	0.9429

¹ TE = Technical Efficiency o eficiencia técnica

Como podemos observar los resultados obtenidos por medio de Fronteras Estocásticas son consistentes con los presentados en el modelo DEA⁷⁴. Los valores de eficiencia técnica son cercanos, pero lo más importante es que ambas metodologías nos muestran que las empresas más eficientes son Comcel, Telecom Americas y Telcel, mientras que las más rezagadas siguen siendo Concel y Sercom. Un vez más, ninguna de estas dos empresas rebasan la media de eficiencia obtenida de toda la muestra.

De igual manera que con el DEA, podemos concluir que, por ejemplo, Concel podría disminuir, en promedio, sus insumos en un 21% para poder llegar a ser un 100% eficiente. Sin embargo, empresas como Telcel tan sólo necesitan disminuir, en promedio, un 7.3% sus insumos para producir la misma cantidad de producto final.

La diferencia entre el análisis del DEA y el de las FEP radica en que el primero al contar con una muestra relativamente pequeña, muchas empresas aparecen sobre la frontera de eficiencia; sin embargo, éste ya no es el caso con las FEP. Ésta es otra razón por la que consideramos que las FEP es una metodología más completa y objetiva. Sin embargo, los resultados del DEA, al ser consistentes con los de las FEP, refuerza las medidas de eficiencia obtenidas en la última metodología.

A pesar de que los métodos de MCO y las FEP incluyen los efectos del marco regulador, los resultados obtenidos son completamente distintos, debido a que se incluyeron estas variables que describen el entorno macroeconómico. Podemos observar que las empresas más eficientes resultaron ser Comcel,

⁷⁴ Por tanto, es importante señalar que los modelos que mejor explican eficiencia técnica son DEA y Fronteras Estocásticas (tal y como se había mencionado desde el capítulo anterior) pues son los que más herramientas y mejores métodos utilizan, tanto para estimar los coeficientes de las funciones, así como para comparar los distintos entornos que influyen en la industria.

Telecom Americas y Telcel, estas tres compañías cuentan con el sistema “el que llama paga”, a comparación con Sercom que resultó la más ineficiente y la cual no cuenta con dicho sistema. Por lo que se puede concluir que una medida que debería de tomar el ente regulador guatemalteco para aumentar el producto final, sin cambiar los insumos, es el sistema de “el que llama paga”.

En resumen, los efectos del entorno macroeconómico han afectado los resultados obtenidos a través de los MCO y de las FEP. Específicamente, han afectado de manera negativa a la eficiencia de la empresa Sercom. Dicha compañía aparecía, bajo el análisis de MCO, con una eficiencia igual que Telcel; sin embargo, al incluir los efectos de su situación económica se ve severamente perjudicada. Esto se debe a que en los últimos dos años, Guatemala ha presentado una situación macroeconómica que ha perjudicado a las empresas de esta industria y con esto también se ha visto afectada en su desempeño.

Por otro lado, empresas como Telcel y Telecom Americas presentan mejorías en los resultados de eficiencia, bajo la metodología de las FEP, con respecto a los obtenidos en los MCO, debido a que presentan un entorno macroeconómico más favorable. Cabe señalar, que es cierto que países como México y Brasil no han tenido un crecimiento en el PIB alto y han presentado niveles altos en el tipo de cambio; sin embargo, habrá que recordar que estas metodologías obtienen resultados de eficiencia relativos con respecto a los demás países en la muestra. Por lo tanto, países como Guatemala y Ecuador presentan un entorno macroeconómico todavía más desfavorable para el desempeño de las empresas participantes en la industria de telefonía móvil.

Adicionalmente, podemos ver que casi todas las empresas mejoraron su eficiencia técnica de un año a otro, esto debido a que durante 2000 se aplicó en todas las empresas una política de contención de costos que se vio reflejada en el año siguiente, esto se puede observar en la sección 5.1 de KPIs, con la disminución tan fuerte que presentaron las empresas, sobre todo en el rubro de empleados. Esto es congruente con la definición de eficiencia, ya que para una cantidad fija de producto final, se pudo disminuir el uso de este insumo, aumentando así la eficiencia técnica de las compañías.

Nuestra hipótesis habla de lo politizado que es este sector y de la necesidad de tener medidas de eficiencia que le ayuden, al ente regulador, a justificar su toma de decisiones⁷⁵. Después del análisis de las FEP podemos ver que ya tienen argumentos para modificar en algunos aspectos sus marcos regulatorios como sería la determinación del tiempo de una concesión y la aplicación o desaplicación de algunas políticas eliminando, con esto, parte de su costo político.

En resumen, el modelo de las FEP es el que incluye más herramientas y variables para describir una medida objetiva y clara de eficiencia. Para el caso de las tres empresas más eficientes, los resultados del modelo son congruentes

⁷⁵ Ver Introducción, Capítulo I.

con el desempeño de cada una de estas empresas durante el periodo en cuestión. Es decir, aquellas empresas, que dadas las condiciones de crecimiento en el PIB, devaluación en el Tipo de Cambio y características de sus respectivos marcos reguladores, hayan presentado mayores niveles de eficiencia, en promedio, son las que mejores condiciones presentan para desenvolverse en el sector y son las condiciones que deben de tomar en cuenta los entes reguladores para tomar sus decisiones.

6. Conclusiones

Después de analizar el sector de la telefonía móvil en América Latina (Capítulo 2), el marco regulatorio de los cinco países (Capítulo 3) y de haber efectuado un análisis de eficiencia de empresas representativas de la región (Capítulos 4 y 5), hemos llegado a conclusiones interesantes al respecto de la relación que tiene el marco regulador con la eficiencia de las empresas.

El sector de telefonía móvil es un sector altamente politizado y cuenta con características de externalidades de red, subsidios cruzados y economías a escala, por lo que resulta conveniente regularlo. Se demostró, a través de indicadores objetivos de eficiencia, cuáles empresas son las más eficientes. Con dichos indicadores se identificaron las medidas que debe implementar los entes reguladores en cada uno de sus países para obtener un ambiente despolitizado, competitivo, de certidumbre y de confianza que coadyuven con el desarrollo de la industria y la obtención de un mayor beneficio social.

En el capítulo dos se describió la historia y las características de la industria de telefonía móvil, así como su desarrollo tanto en el mundo como en América Latina. Lo anterior nos permitió darnos cuenta de lo complejo que es esta industria y, por lo tanto, la necesidad de contar con un marco regulatorio adecuado y con un ente regulador que pueda justificar su toma de decisiones por medio de medidas objetivas de eficiencia.

Durante el capítulo tres se describió cada uno de los marcos regulatorios de los diferentes países analizados. Como resultado obtuvimos las principales características de cada uno de dichos marcos, como son “el sistema el que llama paga”, duración de las concesiones, estructuras tarifarias, regalías y flexibilidad.

Por otro lado, en el capítulo cuatro, se generaron diferentes medidas de eficiencia con cuatro distintas metodologías, las cuales intentan cumplir de la mejor manera posible con esta meta de objetividad. El método que mejor describió la relación de las empresas con respecto al entorno económico (ineficiencias técnicas) y el marco regulador fue el de las Fronteras Estocásticas de Producción. Esto no quiere decir que las otras tres metodologías no midan eficiencia de una manera objetiva y descriptiva, sino que por el contrario, ayudaron a reforzar los resultados obtenidos por el modelo econométrico antes mencionado.

Dados los resultados generados en el capítulo cinco, por dichas metodologías, podemos concluir que el marco regulador es determinante en las decisiones de producción, y por lo tanto de la eficiencia final de cada empresa dentro de sus respectivos países. Sin embargo, no es el único determinante de ésta, existen otros, tales como el entorno macroeconómico y la combinación óptima de insumos para producir un determinado producto final.

Esta investigación le permite al ente regulador saber si, en el periodo estudiado, la aplicación de sus instrumentos y políticas regulatorias han mejorado la eficiencia de las empresas en el sector con lo que le permitirá justificar o modificar dichas políticas ya que las compañías, al ver mejorados sus niveles de eficiencia, y con esto mejorar sus márgenes de utilidad, aceptarán las decisiones posteriores tomadas por el ente regulador. Por lo tanto, se estará disminuyendo o eliminando el costo político que conlleva la aplicación y el consenso de estas medidas entre ambos agentes económicos.

El anterior es un punto importante a tomar en cuenta por el ente regulador ya que, nos damos cuenta que podría darse el caso de una empresa que tenga altos niveles de eficiencia, pero un marco regulador deficiente. Tal es el caso brasileño que presenta un alto nivel de eficiencia, pero tiene características en su marco regulador que la afectan negativamente como régimen tarifario inflexible y poco tiempo de duración de las concesiones. Otro caso podría ser el de una empresa que tenga políticas regulatorias benéficas para su eficiencia (como tiempo de concesiones largas, tarifas flexibles y el sistema “el que llama paga”), pero que cuente con un nivel muy bajo de ésta por otras causas como ineficiencias técnicas o una mala combinación de insumos.

Dentro de las características de los marcos reguladores encontramos principalmente dos que afectan de manera positiva el proceso productivo, y por tanto la eficiencia de las compañías, éstas son: la duración de las concesiones y el sistema de “el que llama paga”. Viendo los resultados de las metodologías aplicadas en los capítulos anteriores podemos concluir que el sistema de “el que llama paga” afecta de manera positiva a la eficiencia de las empresas, lo que se puede ver en el signo positivo del coeficiente de esta variable, el cual es significativo según lo señala la prueba del estadístico t.

Por ejemplo, en el caso de Guatemala esta variable le afecta negativamente ya que no cuenta con dicho sistema. Por esto podemos concluir que es una medida que debería aplicar el ente regulador en dicho país, política que estaría justificada por las medidas de eficiencia tan bajas que obtuvimos. Caso contrario, con los otros países que cuentan con este sistema, pues obtuvieron valores altos de eficiencia técnica. En el caso de Ecuador, a pesar de contar con este sistema, el poco tiempo de concesiones otorgado por el gobierno federal afecta negativamente su rendimiento.

Por otro lado, la duración de las concesiones podemos concluir que afecta positivamente al producto final y a la eficiencia de las empresas, ya que el coeficiente de la variable presenta también signo positivo y es significativo

según la prueba del estadístico t. Esta es otra de las medidas que recomendamos sean aplicadas por los entes reguladores en los países analizados, que no cuenten con una larga duración de las concesiones, tal es el caso de Ecuador o Brasil. Este último, a pesar de contar con poco tiempo de duración en concesiones, obtuvo resultados muy altos de eficiencia; sin embargo, sostenemos, con base en los resultados del capítulo cinco, que ante un lapso más amplio, estos resultados se podrían ver todavía más beneficiados.

Por otro lado, el régimen tarifario no fue incluido, dentro del modelo de fronteras estocásticas, como una variable explicativa porque resultaba difícil determinarlo si es un parámetro cualitativo o cuantitativo. La razón de esto se debe a que en países como Brasil, la tarifa máxima depende del tipo de concesión (ver Tabla 3.1), mientras que en países como Colombia el régimen tarifario puede variar de flexible a controlado dependiendo de las condiciones del mercado.

Por lo anterior, no podemos concluir cuál es el sistema de fijación de tarifas que debe implementar un ente regulador. En este punto no podemos hacer una recomendación ya que dicho régimen no fue incluido en los modelos estimados y porque, por ejemplo: en Colombia se tiene un sistema de libre fijación de tarifas; sin embargo, Comcel presenta un alto nivel de eficiencia. Pero también en el caso de Telecom Americas, la cual presenta un alto nivel de eficiencia, pero un sistema con límites a la fijación de tarifas. Por esto no podemos definir qué sistema es el más óptimo.

Vemos también, que en el caso brasileño, la empresa Telecom Americas presentó uno de los más altos niveles de eficiencia con un índice de flexibilidad de uno, lo que significa que presenta límites en la fijación de tarifas, poca duración del tiempo de sus concesiones, regulación ambigua. Después de haber obtenido nuestros resultados podemos decir que el alto nivel de eficiencia de esta empresa se da no por tener un marco regulatorio inflexible, sino porque en el caso específico de esta empresa ha combinado mejor sus insumos que las otras. Si adicionalmente, contara con un marco regulatorio adecuado esta eficiencia aumentaría aún más que lo observado.

Finalmente, este trabajo nos permitió, determinar la importancia de crear indicadores objetivos de eficiencia, concluir qué empresas de telefonía móvil son más eficientes en América Latina, así como identificar medidas y políticas que deben de tomar los entes reguladores para así disminuir el costo político en la toma de decisiones en materia regulatoria. Todos estos resultados dan confianza, certidumbre y credibilidad a los inversionistas, ya sean nacionales y/o extranjeros, para poder invertir en cada uno de los países analizados y así generar mayor participación en el sector de telefonía móvil que se refleje en un ambiente más competitivo y eficiente que beneficie a todos los agentes económicos.

Bibliografía

- Afriat, S.N. (1972), "Efficiency estimation of production functions", *International Economic Review* 13, octubre., pg. 568-598.
- Aigner, D.J. and S.F. Chu (1968), "On estimating the industry production function", *American Economic Review* 58, pg. 826-839.
- Aigner, D.J., C.A.K. Lovell and P. Schmidt (1977), "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models", *Journal of Econometrics* 6, pg. 21-37.
- Batesse, G.E. and T.J. Coelli (1988), "Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies With a Generalized Frontier Production Function and Panel Data", *Journal of Econometrics* 38, pg. 387-399.
- Battese, G.E. and T.J. Coelli (1993), "A Stochastic Frontier Production Function Incorporating a Model for Technical Inefficiency Effects", Working Papers in *Econometrics and Applied Statistics*, núm. 69, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- Call, S.T., and W.L. Holahan (1983), *Microeconomics*, 2nd Ed., Wadsworth, Belmont.
- Caves, D.W., L.R. Christensen and W.E. Diewert (1982b), "The Economic Theory of Index Numbers and The Measurement on Input, Output and Productivity", *Econometría* 50, pg. 1393-1414.
- Church Jeffrey and Roger, Ware (2000), *Industrial Organization: A Strategic Approach*, Irwin McGraw Hill, Boston.
- Coelli, T.J. and G.E. Battese (1992), "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India", *The Journal of Productivity Analysis*, 3, pg. 153-169.
- Coelli, T.J., S. Perelman and E. Romano (1996), "Accounting for Environmental Influences in Stochastic Frontier Models: With Application to International Airlines", *Journal of Productivity Analysis*, 11, pg. 251-273.
- Coelli, T.J. (1996a), "A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program", *CEPA Working Paper 96/08*, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- Coelli, T.J. (1996b), "A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Frontier Production Estimation", *CEPA Working Paper 96/07*, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
- Coelli, Tim, Prasada, Rao y George Battese (1998), "An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis", *Kluwer Academic Publishers*, Boston.
- Dood, Annabel (1999), *The Essential Guide to Telecommunications*, Prentice Hall.
- Färe, R., S. Grosskopf and C.A.K. Lovell (1994), *Production Frontiers*, Cambridge University Press.
- Farrell, M.J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, CXX*, Part 3, pg. 253-290.
- Frank, R.H. (1992), *Microeconomía y Conducta*, Mc Graw-Hill / Interamericana de España, S.A.U. pg. 423-429.
- Gerald, Faulhaber (December 1975), "Cross-subsidization: pricing in public enterprise", *American Economic Review*, 65.

- Greene, W.H. (1980a), "Maximum Likelihood Estimation of Econometrics Frontier Functions", *Journal of Econometrics*, 13, pg. 27-56.
- Greene, W.H. (1980b), "On The Estimation of a Flexible Frontier Production Model", *Journal of Econometrics*, 13, pg. 101-116.
- Greene, W.H. (1990), "A Gamma-distributed Stochastic Frontier Model", *Journal of Econometrics*, 46, pg. 141-164.
- Griffiths, W.E., R.C. Hill and G.G. Judge (1993), *Learning and Practicing Econometrics*, John Wiley & Sons, New York.
- Grosskopf, S. (1993), "Efficiency and Productivity" en Fried, H.O., C.A.K. Lovell and S.S. Schmidt (Eds.), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York, pg. 160-194.
- Gujarati, N. Damodar (1995), *Basic Econometrics*, McGraw-Hill, Inc. (International Edition), Third Edition.
- Himmelblau, D.M. (1972), *Applied Non-Linear Programming*, McGraw-Hill, New York.
- Hsiao, Cheng (1986), "Analysis of Panel Data", *Econometric Society Monograph*, Cambridge University Press.
- Informe Anual 2001, América Móvil.
- Kahn, Alfred E. (1988), *The Economics of Regulation: Principles and Institutions*, Cambridge, Mass.: MIT.
- Kodde, D.A. and F.C. Palm (1986), "Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Analysis", *Econometría*, 54, pg. 1243-1248.
- Lovell, C.A.K. (1993), "Production Frontiers and Productive Efficiency", en Fried, H.O., C.A.K. Lovell and S.S. Schmidt (Eds.), *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York, pg. 3-67.
- Ministerio de Comunicaciones, *Comisión de Regulación de Telecomunicaciones*, Resolución 004 de 1993 (28 de octubre).
- Piedras, E. (2002), *Apuntes sobre Dominancia en Telecomunicaciones. La experiencia reciente en México*.
- Reglamento para el Servicio de Telefonía Móvil Celular, Resolución del CONATEL núm. 421-27-CONATEL-98*, agosto de 1998 (Capítulo XI - De las Tasas y Tarifas).
- Richmond, J. (1974). "Estimating the efficiency of production", *International Economic Review* 15, June, pg. 515-521.
- Tirole, Jean (1998), *The Theory of Industrial Organization*, MIT Press.
- Viscusi, W.K., J.M. Vernon and J.E. Harrington (2000), *Economic of Regulation and Antitrust*, 3rd Edt., Cambridge, Mass.: MIT.
- Vogelsang, Ingo (1999), "Optimal Price Regulation for Natural and Legal Monopolies", *Economía Mexicana (Nueva Época)*, vol. III, núm. 1, CIDE, primer semestre de 1999, México.
- Wireless Matrix - *4Q01 Quarterly on Global Wireless Industry Metrics*, Merrill Lynch, March 2002.
- Zellner, A.J. Kmenta and J. Dreze (1966), "Specification and Estimation of Cobb-Douglas Production Function Models", *Econometría* 34, pg. 784-795.